

Zukünftige Ausgestaltung des X_{GEN} in der deutschen Anreizregulierung

Gutachten im Auftrag des BDEW

Wissenschaftliches Gutachten von Polynomics
in Zusammenarbeit mit Prof. Klaus Gugler und Prof. Mario Liebensteiner

Zukünftige Ausgestaltung des X_{GEN} in der deutschen Anreizregulierung
Gutachten im Auftrag des BDEW

Dr. Stephan Vaterlaus, Polynomics AG

Dr. Yves Schneider, Polynomics AG

Prof. Klaus Gugler, Wirtschaftsuniversität Wien

Prof. Mario Liebensteiner, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

05. August 2025

1	Das Wichtigste in Kürze	5
2	Einleitung	17
3	Klärung der Begriffe	18
4	Vorgabe des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors	22
4.1	Produktivitätsvorgabe im Rahmen der Anreizregulierung	22
4.2	Bedeutung der Höhe des X_{GEN}	23
4.3	Mengenveränderungen gilt es zu berücksichtigen	23
5	Produktivitätsmessung	25
5.1	Parametrische Methoden	25
5.1.1	Klassische Stochastic Frontier Analysis (SFA)	26
5.1.2	OLS mit Zeittrend	27
5.1.3	Modified Ordinary Least Squares (MOLS)	28
5.2	Indexmethoden	28
5.2.1	Malmquist-Index	28
5.2.2	Törnqvist-Index	29
5.3	Bedeutung des Catch-up-Effektes	29
5.4	Neuere probabilistische und qualitative Methoden	29
5.4.1	Bayesianische Frontier-Modelle	30
5.4.2	Qualitative Methoden	30
5.5	Zusammenfassung und Gegenüberstellung der Methoden	31
6	Prognoseanforderungen	33
6.1	Auswirkungen von Trendbrüchen und Stützintervalle	33
6.1.1	Identifikation von Trendbrüchen	33
6.1.2	Auswahl Stützintervall	37
6.2	Qualitätsansprüche an Prognosen	39
6.2.1	Qualitätsansprüche	39
6.2.2	Vorgaben zur Ex-post-Validierung	40
7	Reformbedarf und Vorgehensvorschläge	44
7.1	Reformbedarf und Beurteilung	44
7.1.1	Doppelanpassung von Kapitalkosten	45
7.1.2	Doppelanpassungen von Verlustenergiekosten	45
7.1.3	Aufwand zur Umsetzung der Törnqvist-Methode	45
7.1.4	Keine Berücksichtigung von Mengenveränderungen	46
7.1.5	Zeitverzug bei der Anpassung der Ausgangskostenbasis	46

7.2	Betrachtete Vorschläge der BNetzA und der Branche.....	47
7.2.1	TOTEX- X_{GEN}	48
7.2.2	OPEX- X_{GEN}	48
7.2.3	Modifizierter TOTEX- X_{GEN}	49
7.2.4	Realer TOTEX- X_{GEN}	50
7.2.5	OPEX Inflator	50
7.2.6	Historischer OPEX- X_{GEN}	51
7.2.7	$X_{GEN} = 0$	51
8	Mikroökonomische Grundlagen und Beurteilungskriterien	53
8.1	Minimaler Modellrahmen	54
8.2	Zusammenhang mit TOTEX, OPEX und CAPEX.....	55
8.3	Drei Zeitpunkte.....	56
8.4	Erlösobergrenze.....	56
8.5	Was misst der Malmquist-Frontiershift?	57
8.6	OPEX- oder TOTEX-Frontier-Shift.....	58
8.7	Deflationierung der TOTEX.....	60
8.8	Weitere Beurteilungskriterien.....	61
9	Beurteilung.....	62
9.1	Vorschlagsunabhängige Aspekte der X_{GEN} -Festlegung.....	62
9.1.1	Anpassung des Zeitverzugs	62
9.1.2	Methodenwahl.....	63
9.1.3	Stützintervall.....	64
9.1.4	Prognoseerstellung	64
9.2	Bewertung der Vorschläge	64
9.2.1	TOTEX- X_{GEN}	65
9.2.2	OPEX- X_{GEN}	66
9.2.3	Modifizierter- X_{GEN}	68
9.2.4	Realer TOTEX- X_{GEN}	69
9.2.5	OPEX-Inflator	70
9.2.6	Historischer OPEX- X_{GEN}	72
9.2.7	$X_{GEN} = 0$	73
10	Empfehlungen.....	74
11	Quellen	77

1 Das Wichtigste in Kürze

Begriffsabgrenzungen

Im Rahmen des Gutachtens werden verschiedene Begriffe verwendet. Dabei beschreibt Produktivität das Verhältnis von Output zu Input. Die Veränderung dieses Verhältnisses über die Zeit misst die Veränderung der Produktivität. Steigt die Produktivität über die Zeit spricht man von einem technologischen Fortschritt.

Kosten wiederum sind das Produkt aus eingesetzten Inputs und deren Preisen. Die Kostenfunktion zeigt, wie sich Kosten abhängig von Output, Preisen, Effizienz und Technologie entwickeln. Die Veränderung der Kosten über die Zeit setzt sich aus der Veränderung aller dieser einzelnen Einflussfaktoren zusammen. Als Frontier Shift bezeichnen wir – wie durch die Terminologie der Bundesnetzagentur (BNetzA) vorgegeben – den Netto-Effekt der Inputpreis- und Produktivitätsveränderung.¹

Der X_{GEN} ergibt sich als Differenz zwischen der gesamtwirtschaftlichen Outputpreisentwicklung und der zulässigen Outputpreisentwicklung der Energiewirtschaft. Die BNetzA verwendet dabei den Verbraucherpreisindex (VPI) als Maß für die Outputpreise der Gesamtwirtschaft. Zur Bestimmung der zulässigen Outputpreisentwicklung der Energiewirtschaft wird der Frontier Shift herangezogen, denn unter der Annahme eines perfekten Wettbewerbs entspricht die Outputpreisentwicklung dem Frontier Shift gemäß Terminologie der BNetzA. Die jährliche Bestimmung der zulässigen Erlöse erfolgt über eine Formel, bei der die genehmigten Kosten des Basisjahres mit der Outputpreisveränderung der Gesamtwirtschaft (Veränderung des VPI) unter Abzug des Outputpreisdifferenzials zwischen Gesamtwirtschaft und Netzwirtschaft (X_{GEN}) fortgeschrieben werden. Wir bezeichnen dieses Vorgehen als VPI-minus- X_{GEN} -Anpassung der Basisjahrkosten oder kurz $VPI-X_{GEN}$.

Im Hinblick auf die nachfolgend zu diskutierenden Varianten der Regulierungsformel wird oft zwischen Betriebskosten (OPEX) und Kapitalkosten (CAPEX) unterschieden. Abgesehen vom sogenannten modifizierten TOTEX- X_{GEN} , unterliegen nur die OPEX der $VPI-X_{GEN}$ -Anpassung. Die CAPEX unterliegen hingegen nicht der $VPI-X_{GEN}$ -Anpassung, sondern dem Anpassungsmechanismus des Kapitalkostenabgleich. Volatile Kostenpositionen sind Teil der OPEX und nehmen eine gewisse Sonderrolle ein: Sie unterliegen je nach Ausgestaltung der jeweiligen Kostenposition Mengen und/oder Inputpreisanpassungen.

Ziel der Anreizregulierung

Die Anreizregulierung zielt darauf ab, in monopolistisch geprägten Netzindustrien wie Strom- oder Gasverteilung Wettbewerb zu simulieren. Es sollen trotz den monopolistischen Strukturen, Effizienz- und Produktivitätsfortschritte realisiert und an die Kunden weitergegeben werden, wie dies unter Wettbewerbsbedingungen der Fall wäre.

Kernmechanismen der Anreizregulierung sind der sektorweite generelle X-Faktor (X_{GEN}) und der individuelle X-Faktor (X_{IND}) auf Unternehmensebene. Gemäß ökonomischer Theorie² ist der

¹ In der ökonomischen Literatur bezeichnet der Frontier Shift die Verschiebung der Effizienzgrenze aufgrund technologischen Fortschritts. Die Bundesnetzagentur verwendet aber zur Schätzung des Frontier Shifts TOTEX-Daten der verschiedenen Basisjahre (Malmquist-Index), in die Inputpreise über Kostenanteile als Gewichtungsfaktoren eingehen. Als Ergebnis der Malmquist-Berechnungen der BNetzA lässt sich deshalb lediglich der Netto-Effekt aus Inputpreisveränderung und Produktivitätsfortschritt ermitteln.

² Siehe Bernstein & Sappington (1999)

X_{GEN} die Differenz zwischen der Inputpreis- und Produktivitätsentwicklung der Gesamtwirtschaft und jener der regulierten Branche. X_{IND} adressiert hingegen innerbetriebliche Ineffizienzen einzelner Unternehmen. Beide Mechanismen setzen Unternehmen unter Druck, effizienter zu wirtschaften. Wer über die Vorgaben hinaus Kosten senkt, darf entstehende Effizienzgewinne behalten – ein zentraler Anreizmechanismus.

Die Festlegung des X_{GEN} ist besonders heikel. Die Schwierigkeiten betreffen dabei verschiedene Aspekte der Bestimmung, wie die historische Messung oder die Prognoseerstellung. Dabei ist zu beachten, dass die Höhe des X_{GEN} unterschiedliche Wirkungen nach sich zieht: Ist er zu niedrig, drohen überhöhte Gewinne und geringe Effizienzfortschritte; ist er zu hoch, gefährdet das die Versorgungsqualität und Investitionen. Mit zunehmender Regulierungsdauer sind wesentliche Aufholpotenziale durch den Kostendruck der Anreizregulierung bereits realisiert und der X_{GEN} widerspiegelt hauptsächlich die Produktivitäts- und Inputpreisveränderungen der Netzwirtschaft. Deshalb ist nicht auszuschließen, dass der X_{GEN} null betragen kann oder sogar negativ ausfällt.

In Deutschland wird für die Vorgabe der Erlösobergrenze auf der Grundlage der Kosten eines Basisjahrs für jede Regulierungsperiode ein zulässiger Gesamterlös für jeden Netzbetreiber berechnet. Die Netzentgelte ergeben sich endogen, indem man die zulässigen Erlöse durch die tatsächlich konsumierten Mengen dividiert. Da die Netzbetreiber die im Regulierungsjahr bezogenen Mengen zur Bestimmung der Netzentgelte abschätzen müssen, ergibt sich eine Abweichung zwischen den geschätzten und tatsächlich bezogenen Mengen. Das sogenannte Regulierungskonto dient dazu, diese Abweichungen über die Regulierungsperioden hinweg auszugleichen. Liegen die tatsächlichen Erlöse in einer Periode über der Erlösobergrenze wird der Überschuss dem Regulierungskonto gutgeschrieben. Liegen die tatsächlichen Erlöse unter der Erlösobergrenze, kann die Differenz aus dem Regulierungskonto bezogen werden.

Zu unterscheiden von den für die Kalkulation der Netzentgelte relevanten Mengen (Energie, Leistung, Kapazität) sind die Mengen, welche die Versorgungsaufgabe abbilden. Damit sind Veränderungen im Versorgungsnetz der Netzbetreiber, wie sie sich beispielsweise aus dem Netzausbau zur Einspeisung erneuerbarer Energien, zusätzlicher Wärmepumpen oder der Berücksichtigung der zunehmenden E-Mobilität ergeben, gemeint. Diese Mengenveränderungen werden innerhalb einer Regulierungsperiode nicht berücksichtigt, sondern konstant gehalten. Eine Berücksichtigung veränderter Mengen erfolgt erst in der nächsten Regulierungsperiode über die Festlegung einer neuen Kostenbasis. Da dieses Basisjahr in der Regel zwei Jahre vor Beginn der neuen Regulierungsperiode liegt (t-2-Verzug), ergibt sich ein zusätzlicher zeitlicher Abstand, bis sich Mengenänderungen in den Erlösen niederschlagen.

Methoden zur Messung der Produktivitäts- und Inputpreisentwicklung

Im Rahmen der Festlegung der Produktivitätsvorgabe kommt deren historischen Messung eine zentrale Bedeutung zu. Grundsätzlich existieren verschiedene methodische Ansätze, die sich in parametrische, Index- sowie neuere probabilistische und qualitative Methoden unterteilen lassen. Unter den parametrisch-ökonomischen Verfahren bietet sich insbesondere die Stochastic Frontier Analysis (SFA) an, da sie sowohl den technologischen Wandel (TFP) als auch unternehmensindividuelle Effizienzwerte (X_{IND}) aus einem gemeinsamen Datensatz identifizieren kann. Dies stellt einen zentralen Vorteil dar: Die SFA erlaubt eine konsistente simultane Schätzung beider Größen, sofern die notwendigen Daten als Zeitreihen vorliegen und im Gegensatz zur Umsetzung der BNetzA (TOTEX mit nicht getrennten Preis- und Mengeninformationen) eine effektive Kostenfunktion geschätzt wird. Die SFA ist jedoch datenintensiv und methodisch anspruchsvoll. Als Alternativen kommen OLS mit Zeittrend und MOLS infrage, wobei letztere

zwar datenökonomischer sind, jedoch nicht zwischen Ineffizienz und Zufallseinflüssen differenzieren können.

Indexmethoden wie der Malmquist- und der Törnqvist-Index sind in der Regulierungspraxis weit verbreitet, erlauben aber keine statistische Absicherung und können bei Vorliegen von starken Aufholeffekten zu Verzerrungen führen. Der Malmquist-Index ermöglicht zwar eine Zerlegung in Aufholeffekte und Produktivitätsveränderung, ist aber bei unzureichender Datenlage oder falschen Modellannahmen anfällig für Verzerrungen. Der Törnqvist-Index wiederum ist methodisch einfach, aber reagiert sensitiv gegenüber der Wahl des Betrachtungszeitraums. Neuere Ansätze wie bayesianische Frontier-Modelle bieten theoretisch große Flexibilität und robuste Unsicherheitsabschätzungen, sind jedoch komplex und in der Regulierung kaum etabliert.

Qualitative Methoden wie Delphi- oder Szenarioanalysen kommen nur bei fehlender oder nicht verwendbarer historischer Datenbasis infrage und dienen vor allem der explorativen Zukunftsbetrachtung. Insgesamt zeigt sich, dass der methodischen Wahl stets eine sorgfältige Abwägung zwischen theoretischer Fundierung, Datenverfügbarkeit und regulatorischer Zielsetzung zugrunde liegen muss und dass im Kontext der Bestimmung der Produktivität mit einer Methodenvielfalt den Unsicherheiten Rechnung getragen werden muss.

Umgang mit Trendbrüchen und Wahl des Stützintervalls

Die Wahl des Analysezeitraums oder Stützintervalls sowie der Umgang mit Trendbrüchen und kurzfristigen Effekten sind entscheidend für die Validität der Prognoseergebnisse. Unter Stützintervall wird im deutschen Regulierungskontext die Zeitspanne verstanden, die zur Berechnung der Produktivität- und Inputpreisentwicklung herangezogen wird. Ein methodisch transparenter, gegebenenfalls bruchbereinigter Langfristtrend ist gegenüber einer simplen Fortschreibung vergangener Durchschnittswerte vorzuziehen. Die BNetzA schreibt bisher die auf Basis historischer Daten gemessene Entwicklung linear fort. In der Regel ist eine lineare Annäherung einer Produktivitätsprognose aus Vergangenheitswerten aber – wenn überhaupt – nur für eine sehr kurze Fortschreibung in die Zukunft sinnvoll. Weit in die Vergangenheit zurückliegende Jahre sind weniger repräsentativ für Produktivitätspotenziale und Veränderungen der Inputpreise in der kommenden Regulierungsperiode. Je weiter aus der Vergangenheit in die Zukunft extrapoliert wird, desto weniger plausibel werden somit rein lineare Extrapolationen.

Sich verändernde Produktivitäts- und Inputpreisentwicklungen über die Zeit sind somit entweder bei der Umsetzung der Methoden (Berücksichtigung von Nicht-Linearitäten), über die Dauer des Stützintervalls oder die unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Jahre im Stützintervall sowie einer nicht-linearen Fortschreibung der Ergebnisse zu adressieren. In diesen Fällen ist von der Forderung der Berücksichtigung eines längstmöglichen und gleichgewichteten Stützintervalls zwingend abzuweichen. Bei Trendbrüchen, die für die Zukunft zu erwarten sind, darf nicht unbesehen auf die Messung der vergangenen Entwicklung abgestellt werden. In diesen Fällen, sind entweder vergleichbare Erkenntnisse aus anderen Sektoren bzw. Ländern zu berücksichtigen oder es ist auf eine vergangenheitsbasierte Vorgabe zu verzichten.

Überführung der Prognosen in Vorgaben

Eine Fortschreibung der auf Basis vergangener Daten ermittelten Totalen Faktorproduktivität (TFP) im Rahmen des X_{GEN} -Verfahrens setzt voraus, dass die verwendeten Modelle methodisch sauber, empirisch belastbar und inhaltlich angemessen auf den Prognosezeitraum übertragbar sind. Eine valide Prognose erfordert nicht nur eine hohe Modellgüte und robuste Ergebnisse, sondern auch einen systematischen Umgang mit Prognosefehlern sowie die Berücksichtigung

struktureller Veränderungen. Ohne diese Qualitätsstandards droht die Gefahr fehlerhafter regulatorischer Ableitungen. Daher sind eine kritische Prüfung und kontinuierliche Weiterentwicklung der verwendeten Schätzmodelle unerlässlich. Dies entspricht auch den Vorgaben verschiedener internationaler Organisationen zum Umgang mit Prognosemodellen und Prognosen und ist wissenschaftlicher Standard.

Die Ex-post-Evaluierung ökonomischer Prognosen ist keine freiwillige Ergänzung, sondern ein integraler Bestandteil seriöser Prognosearbeit. Internationale Institutionen machen vor, wie durch systematische Analyse und methodische Weiterentwicklung ein lernendes, robustes Prognosesystem geschaffen werden kann. Die bisher fehlende systematische Überprüfung der TFP-Prognosen durch die BNetzA ist angesichts der identifizierten Abweichungen der X_{GEN} -Prognosen für die 3. RP nicht zu rechtfertigen. Es ist aus wissenschaftlicher wie regulatorischer Perspektive dringend geboten, entsprechende Evaluierungsverfahren zu etablieren, um zukünftige Verzerrungen zu vermeiden und die Transparenz sowie die Glaubwürdigkeit wirtschaftspolitischer Entscheidungen zu erhöhen. Folgende Umsetzungsschritte sind zwingend im Vorfeld einer neuen Festlegung eines X_{GEN} von der BNetzA durchzuführen:

- Ex-post-Analyse der vergangenen Prognose
- Analyse des Datensamples und/oder des Stützintervalls auf mögliche Trendbrüche
- Analyse des Stützintervalls auf Nicht-Linearitäten in der Produktivitätsentwicklung
- Je nach Ergebnissen der vorangegangenen Analysen sind Anpassungen vorzunehmen an den Berechnungsmethoden, der Dauer des Stützintervalls, den Gewichtungen der Jahre im Stützintervall oder der Art der Überführung der Ergebnisse in konkrete Vorgaben

Historische Produktivitätsentwicklung

Die lineare Fortschreibung der vergangenen Entwicklung ist dann problematisch, wenn sich die vergangene Entwicklung durch Nicht-Linearitäten auszeichnet. Ein Blick auf die empirische Literatur zeigt, dass dies in der Netzwirtschaft nicht unüblich ist. So zeigen empirische Analysen aus verschiedenen Ländern, dass das Produktivitätswachstum in Verteilnetzen stagnieren oder sogar negativ ausfallen kann – auch über längere Zeiträume. Wird die Entwicklung der Produktivität als Differenz zur Gesamtwirtschaft berechnet, sprechen auch theoretische Argumente dafür, dass zumindest in der aktuellen Transformationsphase die Produktivität in der Netzwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft im Zeitverlauf abnimmt.

Reformbedarf

Die methodische Ausgestaltung und Anwendung des allgemeinen sektoralen Produktivitätsfaktors im Rahmen der Anreizregulierung steht vor wesentlichen konzeptionellen und praktischen Herausforderungen, die eine tiefgreifende Überprüfung und Weiterentwicklung erfordern. Aus Sicht der BNetzA sind insbesondere folgende Problemfelder zu nennen:

1. die doppelte Berücksichtigung von Kapitalkosten und Verlustenergiekosten,
2. der Aufwand bei der Umsetzung der Törnqvist-Methode.

Neben diesen Aspekten gilt es bei der Überarbeitung der X_{GEN} -Vorgabe zudem die folgenden Punkte zu beachten:

- die fehlende Integration von Mengenveränderungen,
- der Zeitverzug bei der Fortschreibung der Ausgangskostenbasis.

Durch den Kapitalkostenabgleich ist eine Anwendung von $VPI-X_{GEN}$ auf CAPEX ab der fünften Regulierungsperiode nicht mehr korrekt. Diese Einschätzung wird sowohl von der BNetzA als auch von der Branche geteilt. Zudem hat die BNetzA festgestellt, dass auch die volatilen Kosten in der Regulierungsformel doppelt an die Preisentwicklungen angepasst werden – einerseits über den Korrekturfaktor $VPI-X_{GEN}$ für die OPEX im Basisjahr und andererseits über die jährliche Aktualisierung der Erlösobergrenze.

Schließlich will die BNetzA auf die Törnqvist-Methode verzichten, da sie einen hohen administrativen Aufwand bei der Umsetzung des Törnqvist-Index, insbesondere durch die aufwendige Datenabfrage bei Netzbetreibern, erkennt. Künftig soll daher nur noch die aus Sicht der BNetzA weniger aufwändige Malmquist-Methode genutzt werden, da sie auf bereits vorliegenden Daten aus Effizienzvergleichen basiert. Dieser alleinige Rückgriff auf die Malmquist-Methode ist problematisch, da eine größere Methodenvielfalt den Unsicherheiten bei der Ermittlung der Produktivitätsentwicklung besser Rechnung tragen kann. Methodenvielfalt bedeutet dabei nicht – wie dies die BNetzA bei den Malmquist-Berechnungen macht, mit der gleichen Methode viele ähnliche Berechnungen durchzuführen. Im Rahmen der Malmquist-Berechnungen können lediglich die DEA- und SFA-Berechnungen als Methodenvielfalt erfasst werden, da Methodenvielfalt bedeutet, verschiedene methodische Ansätze zu verwenden, die auch unterschiedliche Daten erfordern können. Gerade bei prognostizierten Größen wie der Totalen Faktorproduktivität, die auch historisch nicht beobachtet werden kann, ist der Unsicherheit in den Methoden besonders Rechnung zu tragen.

Zudem besteht mit dem alleinigen Abstellen auf die individuellen Effizienzvergleiche das Risiko, dass zukünftige Effizienzvergleiche – etwa im Gasbereich – nicht mehr in der bisherigen Form stattfinden werden.

Alternative Methoden

Die Analyse der vorgestellten X_{GEN} -Varianten zeigt ein breites Spektrum an methodischen Ansätzen zur Fortschreibung betrieblicher Kosten in der Regulierung von Netzbetreibern. Die bevorzugte Variante der BNetzA, der «TOTEX- X_{GEN} », unterscheidet bei der Anwendung des X_{GEN} zwischen CAPEX und OPEX, greift aber zur Bestimmung des X_{GEN} auf die TOTEX zurück. Gleichzeitig bleiben zentrale Herausforderungen wie die Nichtberücksichtigung von Mengenentwicklungen und der Zeitverzug bestehen. Der «OPEX- X_{GEN} » unterscheidet sich vom TOTEX- X_{GEN} dadurch, dass bei der Ermittlung des X_{GEN} nicht auf die TOTEX, sondern auf die OPEX abgestellt wird. Der «modifizierte- X_{GEN} » fokussiert auf die Korrektur der Preisentwicklung bei den CAPEX, und wendet anschließend den Term $VPI-X_{GEN}$ auf die preisbereinigten TOTEX an. Der «reale TOTEX- X_{GEN} » hebt sich durch die Verwendung deflationierter Daten bei der Ermittlung der Produktivität von den anderen Methoden ab, was theoretisch eine inflationsbereinigte Vergleichbarkeit schafft, praktisch jedoch neue Unsicherheiten bei der Preisentwicklung und Datenverfügbarkeit mit sich bringt. Schließlich ist noch der «OPEX Inflator» zu nennen, der von der bisherigen Bestimmung insofern abweicht, als verschiedene OPEX-Bestandteile jährlich in Bezug auf deren Preisentwicklung angepasst werden. Die vorgeschlagenen Alternativen aus der Branche verzichten entweder auf eine traditionelle X_{GEN} -Ermittlung – wie der «historische OPEX- X_{GEN} » – oder setzen den X_{GEN} gleich null und passen die OPEX lediglich um den VPI an.

Beurteilungsraster

Um die zur Diskussion stehenden alternativen Methoden in einem konsistenten Rahmen zu beurteilen, verwenden wir einen möglichst einfachen mikroökonomischen Modellrahmen. Zusätzlich nehmen wir vereinfachend an, dass sich der VPI über die Zeit nicht ändert. Wir abstrahieren

zudem von zusätzlichen Elementen wie dem X_{IND} , Qualitätselement etc. Die Erlösobergrenze (EOG) kann dadurch geschrieben werden als

$$EOG_t = EOG_{t-1} \cdot \left(1 + \frac{dIPI^E}{IPI^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right) = \text{Kosten}_{\text{Basisjahr}} \cdot \left(1 + \frac{dIPI^E}{IPI^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right)^t$$

Dabei gilt aufgrund der Annahme eines konstanten VPI, $X_{GEN} = -(dIPI^E / IPI^E - dA^E / A^E)$, wobei $dIPI^E / IPI^E$ für die prozentuale Veränderung des Inputpreisindex der Netzwirtschaft und dA^E / A^E für die prozentuale Veränderung der Produktivität der Netzwirtschaft, also für die TFP-Entwicklung, stehen. Die vorgeschlagenen alternativen Methoden unterscheiden sich hinsichtlich der Kosten, auf die der Faktor in den Klammerausdrücken angewendet wird und in der Bestimmung der Elemente innerhalb der Klammerausdrücke. Tabelle 1 fasst die Einteilung und Beurteilung der Varianten mittels des mikroökonomischen Modellrahmens zusammen.

Tabelle 1 Zusammenfassung der Wirkungen der Varianten

Bezeichnung	Bestimmung	Anwenden auf	$EOG_t =$	Mengen	Preise	TFP	Ineff.
Referenz	MQ mit nominalen TOTEX	TOTEX	$TOTEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{TX}^E}{IPI_{TX}^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right)^t$	✗	✓	✓	✓
TOTEX- X_{GEN}	MQ mit nominalen TOTEX	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{TX}^E}{IPI_{TX}^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right)^t$	✗	✗	(✓)	✓
OPEX- X_{GEN}	MQ mit nominalen OPEX	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{OX}^E}{IPI_{OX}^E} - \frac{dA_{OX}^E}{A_{OX}^E} \right)^t$	✗	✓	✓	✓
(Mod.- X_{GEN})	MQ mit nominalen TOTEX	Modifizierte TOTEX	$\left(\frac{CAPEX_t}{Deflator} + OPEX_0 \right) \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{TX}^E}{IPI_{TX}^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right)^t$	✗	(✓)	✓	✓
Realer TOTEX- X_{GEN}	MQ mit realen TOTEX	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + IPI(?) - \frac{dA^E}{A^E} \right)^t$	✗	??	(✓)	✓
Hist. OPEX- X_{GEN}	OPEX-Veränderung	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dy}{y} + \frac{dIPI_{OX}^E}{IPI_{OX}^E} - \frac{dA_{OX}^E}{A_{OX}^E} + \frac{dv}{1-v} \right)^t$	✓	✓	✓	✗
$X_{GEN}=0$	keine	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_{t-1}$	✗	(✗)	(✗)	✓

MQ = Malmquist, IPI = Inputpreisindex, A= Produktivität, E = Netzwirtschaft, TX = TOTEX, OX = OPEX

Die Tabelle zeigt die vereinfachte EOG-Formel für jede vorgeschlagene Variante. Dabei wurde unterstellt, dass sich der VPI nicht ändert ($dVPI=0$), um das Augenmerk auf die Einflussfaktoren (vier letzte Spalten) der Kosten zu legen und um sichtbar zu machen, welche dieser Faktoren bei den jeweiligen Ansätzen theoretisch berücksichtigt werden können. Ob der Ansatz tatsächlich praktikabel ist, wird hier nicht beurteilt. Zusätzlich ist anzumerken, dass sowohl beim modifizierten X_{GEN} also auch beim realen TOTEX- X_{GEN} die Bestimmung des Deflators herausfordernd ist und beim realen TOTEX- X_{GEN} zudem unklar bleibt, wie der Inputpreisindex (IPI) zu bestimmen ist.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Das mikroökonomische Analysemodell hilft bei der Beurteilung des im Rahmen der deutschen Regulierung relevanten Kriteriums: Aufgrund des jährlichen Kostenabgleichs der CAPEX und den dem Budgetprinzip unterworfenen OPEX muss die VPI- X_{GEN} -Anpassung die Änderung der effizienten Betriebskosten sicherstellen.

Neben den mikroökonomischen Modellgrundlagen zur Beurteilung der Vorschläge werden weitere, umsetzungsrelevante Kriterien, die insbesondere im Kontext der deutschen Anreizregulierung wichtig sind, berücksichtigt. Betrachtet werden Kriterien wie Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz), Anreizwirkung (z. B. OPEX/CAPEX, Transformation) und Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen (z. B. verwendete Preisindizes, Kapitalkostenabgleich).

Ergebnis der Beurteilung

Unabhängig der verschiedenen diskutierten Ansätze zur Bestimmung und Anwendung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors sind folgende Aspekte zu beachten:

- **Zeitverzug:** Die derzeitige und geplante Regelung zur Berücksichtigung der Inflation im Rahmen der Anreizregulierung basiert weiterhin auf dem VPI des vorletzten Kalenderjahres ($t-2$). Die BNetzA begründet dies mit der Systematik eines Basisjahres, von dem aus sowohl der VPI als auch der generelle Produktivitätsfaktor (X_{GEN}) und der Ineffizienzabbau starten. Dadurch werde in den ersten beiden Jahren kein Effizienzabbau unterstellt. Zudem verweist die BNetzA auf einen verzögerten Kostenanstieg bei den Netzbetreibern sowie mögliche Verzerrungsanreize durch aktuelle Daten. Diese Argumente können nicht nachvollzogen werden: Zum einen stehen aktuelle VPI- und X_{GEN} -Werte zur Verfügung, die auch in anderen Berechnungen von der BNetzA genutzt werden. Zum anderen greift bereits in den Jahren zwischen Basisjahr und Regulierungsstart der Effizienzabbau der Vorperiode. Eine vorgezogene Anpassung wäre daher doppelt. Auch das Argument des verzögerten Kostenanstiegs überzeugt nicht, da der VPI vergangenheitsbezogen ist, einen Outputpreisindex darstellt und Preissteigerungen insbesondere von Vorleistungen bei den Netzbetreibern bereits wirksam wurden.
- **Methodenvielfalt:** Die BNetzA plant, ab der 5. Regulierungsperiode bei der Bestimmung des X_{GEN} ausschließlich die Malmquist-Methode anzuwenden und auf die bislang ergänzend eingesetzte Törnqvist-Methode zu verzichten. Dies begründet sie mit verbesserter Datenlage, geringeren methodischen Unsicherheiten und Vorteilen der Malmquist-Methode hinsichtlich der Trennung von Frontier Shift und Aufholeffekten sowie der Kongruenz zu individuellen Effizienzvergleichen. Dieser Argumentation kann nicht gefolgt werden: Zum einen ist die Bestimmung des X_{GEN} ohnehin mit hohen Unsicherheiten behaftet, sodass der Verzicht auf Methodenvielfalt unverständlich ist. Auch ist die Malmquist-Methode weder methodisch noch datenmäßig so stabil wie dargestellt. Individuelle Effizienzvergleiche zeigen nach wie vor erhebliche Datenprobleme und Verzerrungspotenziale. Die Törnqvist-Methode wurde bisher vom Bundesgerichtshof akzeptiert, als unproblematisch bewertet und liefert eine ergänzende, absichernde Perspektive. Zudem beruht die behauptete Methodenvielfalt innerhalb der Malmquist-Umsetzung nur auf Varianten einer DEA und SFA jedoch mit gleichen Daten. Echte Methodenvielfalt erfordert jedoch unterschiedliche Ansätze und Datenquellen. Gerade angesichts der Herausforderungen durch den Transformationsprozess ist es unerlässlich, die Vielfalt an Berechnungsverfahren beizubehalten.

- **Stützintervall:** Die Wahl und Gestaltung des Stützintervalls spielt eine zentrale Rolle bei der Ermittlung des Produktivitätsfaktors, da sie maßgeblich die Prognosequalität beeinflusst. Dabei muss zwischen der verfügbaren Datenbasis (Sampleperiode) und dem Zeitraum für die Prognose (Stützintervall) unterschieden werden. Die bisherige Praxis der BNetzA, möglichst lange Stützintervalle zu nutzen und die vergangene Produktivitätsentwicklung linear fortzuschreiben, wird angesichts zunehmender Nicht-Linearitäten und veränderter Rahmenbedingungen als nicht mehr sachgerecht bewertet. Für eine belastbare Prognose ist neben einer Ex-post-Überprüfung der bisherigen Vorhersagen auch eine differenzierte Fortschreibung notwendig, die aktuelle Transformationstrends, geänderte Input-Output-Zusammenhänge sowie alternative Modellierungen berücksichtigt. Nur so lässt sich die Prognosegenauigkeit verbessern und den dynamischen Entwicklungen der Netzwirtschaft gerecht werden.

Die einzelnen Ansätze beurteilen wir wie folgt:

- **TOTEX- X_{GEN} :**
 - Die Anwendung eines TOTEX-basierten X_{GEN} auf OPEX ist nur dann ökonomisch und methodisch zulässig, wenn unrealistische Voraussetzungen erfüllt sind – nämlich identische Entwicklungen von Kapital- und Arbeitsproduktivität (Hicks-Neutralität), gleiche Inputpreisverläufe für OPEX und CAPEX oder eine hohe Substituierbarkeit zwischen diesen Kostenkomponenten. Die Verletzung der Hicks-Neutralität führt zu ungenauen Schätzungen. Die Verletzung der Annahmen in Bezug auf die Inputpreise führt zu systematischen Verzerrungen, insbesondere zu einer Überforderung im OPEX-Bereich. Empirische Daten, etwa zu Lohn- und Zinssätzen, belegen die Diskrepanz zwischen OPEX- und CAPEX-Preisentwicklung. Somit handelt es sich nicht – wie von der BNetzA behauptet – um ein bloß theoretisches Problem, sondern um eine praxisrelevante Verzerrung
 - Die von der BNetzA und ihren Gutachtern angeführten Vorteile – wie Transparenz über technischen Fortschritt oder bessere betriebliche Steuerung – verkennen die ökonomische Logik des X_{GEN} . Der X_{GEN} auf Basis der Malmquist-Methode vermischt Preis- und Produktivitätsänderungen. Die Kenntnis des vergangenen sektoralen Produktivitätsfortschritts für betriebswirtschaftliche Entscheidungen ist irrelevant. Die Erfahrungen aus der dritten Regulierungsperiode mit deutlich überschätztem X_{GEN} zeigen zudem, dass empirische Ergebnisse nicht zuverlässig die reale Entwicklung widerspiegeln. Komplexität und Transparenz hängen stark von der verwendeten Methode und Datenlage ab.
 -
 - Ein weiterer methodischer Mangel zeigt sich in der inkonsistenten Anwendung der Korrekturfaktoren: Während X_{IND} konsequent auf TOTEX basiert und auch darauf angewendet wird, wird der TOTEX- X_{GEN} zwar aus Gesamtkosten ermittelt, aber auf die OPEX angewendet – ein Bruch in der Regulierungslogik.
 - Zudem kann auch dieser Ansatz Veränderungen in der Versorgungsaufgabe nicht abbilden, weshalb ein ergänzendes Element – etwa wie der BASE-Ansatz – erforderlich wäre. Insgesamt ist der TOTEX- X_{GEN} weder theoretisch fundiert noch regulatorisch konsistent. Er weist gravierende methodische Schwächen auf und sollte daher nicht zur Korrektur der OPEX verwendet werden.

- **OPEX- X_{GEN} :**

- Die Bestimmung des X_{GEN} auf Basis von OPEX-Daten und seine Anwendung auf OPEX ist methodisch konsistent, solange keine Mengenveränderungen der Versorgungsaufgabe auftreten – was in der Netzwirtschaft jedoch nicht realistisch ist. Daher ist eine ergänzende Regelung, etwa wie der BASE-Ansatz, notwendig, um solche Veränderungen adäquat abzubilden.
- Im Gegensatz zum verzerrungsanfälligen TOTEX- X_{GEN} basiert der OPEX- X_{GEN} ausschließlich auf Betriebskosten und vermeidet dadurch Verzerrungen, wie sie beim TOTEX- X_{GEN} auftreten.
- Die von der BNetzA angeführten Risiken eines Substitutionseffekts oder gar kollusiven Verhaltens der Netzbetreiber zur künstlichen Absenkung des OPEX- X_{GEN} sind nicht plausibel. Der Einfluss einzelner Netzbetreiber auf den X_{GEN} ist gering, ineffiziente OPEX-Erhöhungen würden im Effizienzvergleich negativ auffallen, und ein koordiniertes Verhalten ist angesichts der Anzahl der Akteure und mangelnder Kontrollmechanismen ökonomisch wie praktisch unrealistisch. Zudem werden im neuen Regulierungssystem individuelle Effizienzabschläge auch auf CAPEX angewendet, was mögliche Fehlanreize weiter begrenzt.
- Im Gegensatz zur BNetzA-Argumentation bietet der OPEX- X_{GEN} keine geringere Passgenauigkeit als der TOTEX- X_{GEN} – im Gegenteil: Da die für den TOTEX- X_{GEN} erforderlichen Annahmen in der Praxis nicht erfüllt sind, ist dieser verzerrt, während der OPEX- X_{GEN} die tatsächliche Entwicklung effizienter Betriebskosten besser abbildet. Zudem können für beide Korrekturgrößen X_{GEN} und X_{IND} dieselben Outputparameter verwendet werden, wodurch regulatorische Konsistenz gewahrt bleibt.
- Der OPEX- X_{GEN} wird als Differenz zwischen der VPI-Entwicklung und den auf OPEX-Basis bestimmten netzwirtschaftlichen Termen berechnet. Dies ist eine formale Inkonsistenz, die sich aus der Abstützung auf die Residualmethode ergibt. Da jedoch in der EOG-Formel ebenfalls die jährliche Veränderung des VPI einfließt, kürzt sich diese Verzerrung raus. Insbesondere kommt es dann zu keiner Verzerrung, wenn sich der Unterschied zwischen der VPI-Entwicklung und der Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen OPEX-Terme (Inputpreisentwicklung abzüglich technologischen Fortschritts) konstant ist.

- **Modifizierter- X_{GEN} :**

- Der modifizierte X_{GEN} -Ansatz ist mikroökonomisch konsistent, da sowohl seine Ermittlung als auch Anwendung auf die TOTEX erfolgt. Durch den simultanen Kapitalkostenabgleich ergibt sich jedoch eine Inkonsistenz durch eine doppelte Produktivitätsvorgabe.
- Eine zentrale Herausforderung liegt jedoch in der Bestimmung eines geeigneten CAPEX-Deflators, da der VPI dafür nicht geeignet ist. Die Komplexität und Transparenz des Verfahrens hängen stark von der gewählten Methode und der verfügbaren Datenbasis ab.
- Obwohl der Ansatz methodisch korrekt ist, führt der Abzug des Terms $VPI-X_{GEN}$ zu negativen Investitionsanreizen und kann dadurch die Versorgungssicherheit gefährden.
- Zudem kann der Ansatz keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden, weshalb hierfür ein ergänzendes regulatorisches Element erforderlich wäre.

- **Realer X_{GEN} :**

- Der Ansatz zur Ermittlung des X_{GEN} auf Basis realer TOTEX und dessen Anwendung auf nominale OPEX ist nur unter der Annahme gleichlaufender Arbeits- und Kapitalproduktivität (Hicks-Neutralität)³ verzerrungsfrei.
- Da reale TOTEX keine Inputpreisentwicklung enthalten, ist zusätzlich ein geeigneter Preisindex erforderlich – was den Ansatz unnötig kompliziert und fehleranfällig macht.
- Zudem bestehen Probleme in der Übertragbarkeit der TOTEX auf OPEX, insbesondere wegen abweichender Preisentwicklungen zwischen CAPEX und OPEX.
- Ein Verzicht auf den VPI ist notwendig, da dieser nicht die spezifischen Kostenentwicklungen der Netzwirtschaft widerspiegelt.
- Insgesamt weist der Ansatz methodische und regulatorische Inkonsistenzen auf und bildet keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe ab, sodass ein ergänzendes Regulierungsinstrument erforderlich wäre.
- Die Komplexität hängt stark von der Datenlage und der gewählten Methode ab.

- **OPEX Inflator:**

- Der OPEX-Inflator-Ansatz verzichtet auf die Ermittlung eines X_{GEN} und ist deshalb methodisch einfach, von geringer Komplexität und hoher Transparenz.
- Die größte Herausforderung liegt in der klaren Abgrenzung der betroffenen OPEX-Komponenten sowie in der Auswahl geeigneter Preisindizes, was potenziell fehleranfällig ist und Unsicherheit in die Regulierung bringen kann.
- Zudem bildet der Ansatz – wie auch andere – keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe ab, weshalb eine ergänzende Regelung, etwa nach dem BASE-Modell, erforderlich wäre.
- Aus mikroökonomischer Sicht entspricht der Vorschlag nicht der klassischen Theorieformel $VPI - X_{GEN}$.
- Die Anreizwirkung ist begrenzt, da Produktivitätsanpassungen ausschließlich über den X_{IND} am Beginn der neuen Regulierungsperiode erfolgen. Insgesamt ist der Ansatz zwar praktisch und nachvollziehbar, erfordert aber zur vollständigen Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen zusätzliche Elemente.
- Die Ergebnisse der von WIK durchgeführten Korrelationsanalyse baut auf einer falschen Datenbasis auf und können nicht als Kritik am Ansatz verwendet werden.

- **Historischer OPEX:**

- Der historische OPEX- X_{GEN} -Ansatz berücksichtigt die Preisentwicklung und den technologischen Fortschritt durch die Analyse vergangener OPEX und ist somit mikroökonomisch konsistent, ohne einen Vergleich zur Gesamtwirtschaft zu ziehen.
- Er spiegelt auch Veränderungen der Versorgungsaufgabe wider. Der Vorschlag hat also dann besondere Relevanz, sofern die Änderung der Versorgungsaufgabe ab der sechsten Regulierungsperiode nicht mehr wie noch in der fünften Regulierungsperiode durch ein anderes Regulierungsinstrument (BASE-Ansatz) abgedeckt sein sollte.

³ Hicks (1935)

- Die Methodik ist einfach, da lediglich der VPI und historische OPEX benötigt werden. Zwar kann eine zu hohe Zielvorgabe entstehen, wenn vergangene OPEX stark von Aufholeffekten ineffizienter Unternehmen geprägt sind, dieses Risiko nimmt jedoch bei nachlassenden Aufholeffekten ab.
- Der Vorschlag ist robust gegenüber kollusivem Verhalten der Netzbetreiber, da Abweichungen von einer allfälligen Absprache aller Netzbetreiber für die einzelnen Netzbetreiber schwer nachweisbar wären und die Anreize zur Abweichung von der Absprache entsprechend hoch sind.
- Insgesamt ist der Ansatz transparent, mit geringer Komplexität und weitgehend kompatibel mit dem bestehenden Regulierungsrahmen.
- **$X_{GEN} = 0$:**
 - Ein X_{GEN} von null kann unter bestimmten Voraussetzungen eine sinnvolle und praktikable regulatorische Vorgabe darstellen. Zwar wäre dieser Ansatz nur dann vollständig mit der mikroökonomischen Theorie konsistent, wenn die Preisentwicklung in der Netzwirtschaft derjenigen der Gesamtwirtschaft entspricht – was jedoch nur als seltener Sonderfall gilt. Ein Verzicht auf die empirische Ermittlung des X_{GEN} kann aber sinnvoll sein, wenn die Datenlage unsicher ist, statistische Instabilität oder hohe Volatilität der Schätzwerte vorliegen. In solchen Fällen ist eine pauschale, stabile Vorgabe wie $X_{GEN} = 0$ weniger problematisch als eine stark schwankende empirische Schätzung.
 - Ein X_{GEN} von null bietet außerdem methodische Vorteile: Die Umsetzung ist einfach, transparent und erfordert lediglich VPI.
 - Allerdings gilt auch hier – wie bei anderen Ansätzen außer dem historischen X_{GEN} – dass Veränderungen in der Versorgungsaufgabe nicht automatisch erfasst werden. Sollte dies notwendig sein, wäre der Regulierungsrahmen entsprechend um ein ergänzendes Element wie den BASE-Ansatz zu erweitern.
 - Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse von WIK zielen an der Fragestellung des Ansatzes vorbei, da die Festlegung eines $X_{GEN} = 0$ mit den Unsicherheiten der Ermittlung eines X_{GEN} begründet wird und nicht mit der Annahme, dass die OPEX-Preise dem VPI entsprechen.

Empfehlungen

Auf Basis der Analyse ergeben sich konkrete Empfehlungen in fünf zentralen Bereichen: Methodenwahl, Stützintervall, Prognoseerstellung, Zeitverzug sowie der konkreten X_{GEN} -Festlegung.

1. Methodenwahl

Die Produktivitätsmessung ist mit hoher Unsicherheit behaftet, da es sich um eine unbeobachtbare Größe handelt. Daher ist eine Methodenvielfalt unerlässlich. Diese sollte nicht in zahlreichen Varianten einer Methode (z. B. Malmquist) bestehen, sondern verschiedene methodische Ansätze umfassen:

- Parametrische Methoden: geeignet für flexible Abbildung zeitlicher Entwicklungen
 - SFA (als effektiver Kostenmalmquist)
 - OLS mit Zeittrend

- Indexmethoden
 - Malmquist, wenn Aufholeffekte signifikant sind
 - Törnqvist, bei dominanter Bedeutung des Frontier Shifts

2. Stützintervall

Die Wahl des Stützintervalls beeinflusst die Prognosequalität maßgeblich. Wichtig sind:

- Hohe Datenqualität und Eignung der Jahre im Intervall
- Berücksichtigung von Einmaleffekten und Trendwechsel
- Bei nachgewiesenen Effekten sind Nicht-Linearitäten zu berücksichtigen, Intervalle ggf. zu kürzen oder Jahre unterschiedlich zu gewichten
- Wenn historische Daten nicht vergleichbar sind, ist auf ihre Verwendung zu verzichten

3. Prognoseerstellung

Zur Sicherstellung wissenschaftlicher Standards sind folgende Schritte essenziell:

- Ex-post-Analyse vergangener Prognosen
- Überprüfung des Stützintervalls auf Trendbrüche
- Analyse auf Nicht-Linearitäten in der Produktivitätsentwicklung
- Daraus abgeleitete Anpassungen an Methode, Intervall, Gewichtung und Vorgaben
- Transparente Dokumentation sämtlicher Schritte

4. Beseitigung des Zeitverzugs

Der bisherige t-2-Verzug in der VPI- X_{GEN} -Anpassung führt zu nicht erreichbaren Vorgabewerten. Der Zeitverzug ist künftig zu beseitigen, um die Entwicklung zwischen Basisjahr und Regulierungsstart adäquat abzubilden.

5. Festlegung des X_{GEN}

Die Bewertung verschiedener Ansätze führt zu folgenden Empfehlungen:

- Nicht geeignet: TOTEX- X_{GEN} , Modifizierter/Real TOTEX- X_{GEN} , OPEX-Inflator. Insbesondere die Ansätze, die den X_{GEN} auf Basis der nominellen TOTEX ermitteln und auf die OPEX anwenden, bilden die effizienten Betriebskosten nur verzerrt ab.
- Geeignete Ansätze in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen sind:
 - OPEX- X_{GEN} : Bei belastbaren Daten und vergleichbarer Vergangenheit/Zukunft. Dieser Ansatz ist ökonomisch fundiert und den Ansätzen auf Basis der TOTEX bei Anwendung auf OPEX überlegen.
 - Historischer OPEX- X_{GEN} : Bei spezifischen Herausforderungen der Netzwirtschaft (z. B. sich verändernde Versorgungsaufgabe, die nicht über andere Instrumente abgebildet werden, abnehmende Aufholeffekte).
 - $X_{GEN} = 0$: Bei hoher Unsicherheit bei der empirischen Bestimmung des X_{GEN} . Dies kann auf volatilen Daten oder nicht belastbare Berechnungen zurückzuführen sein. Damit die Zuverlässigkeit der empirischen X_{GEN} -Bestimmung beurteilt werden kann, ist eine Methodenvielfalt unerlässlich.

2 Einleitung

Nach dem Urteil des Europäischen Gerichtshofs bezüglich der Unabhängigkeit und Zuständigkeit der Bundesnetzagentur (BNetzA) und der darauffolgenden EnWG-Novelle Ende 2023, tritt die ARegV per Ende 2028 außer Kraft. Die BNetzA wird neu über weitreichenden Ermessensspielraum verfügen. Gemäß ihrem Eckpunktepapier erachtet es die BNetzA als notwendig, an einem Anreizregulierungssystem festzuhalten und den bisherigen generellen sektoralen Produktivitätsfaktor (X_{GEN}) grundsätzlich beizubehalten und gleichzeitig weiterzuentwickeln.⁴

Der Sachstandsbericht zur Festlegung eines Regulierungsrahmens und der Methode der Anreizregulierung (RAMEN)⁵ vom 16. Januar 2025 hält in den Tenorziffern 6.1 und 6.2 fest, dass die BNetzA weiterhin die Kosten der Netzbetreiber mittels VPI und Produktivitätsfaktor während der Regulierungsperiode anpassen will. Während aus Sicht der BNetzA die Ausführungen zum VPI in der Tenorziffer 6.1 abschließend sind, ist für die Konkretisierung der Tenorziffer 6.2 eine Methodenfestlegung geplant⁶. Im Hinblick auf diese Methodenfestlegung hat die BNetzA ein Gutachten ausgeschrieben, welches die konkrete Ausgestaltung der zukünftigen Methode zur Ermittlung des X_{GEN} unterstützen soll. Die wesentlichen Überlegungen, welche im Sachstandsbericht zur RAMEN adressiert wurden, finden sich nun auch in der RAMEN-Festlegung, die zur Konsultation veröffentlicht wurde.⁷

Um diesen Prozess der Methodenfestlegung zu begleiten, hat der BDEW ein Gutachten zur zukünftigen methodischen Ausgestaltung des generellen X-Faktors (X_{GEN}) – im deutschen Regulierungskontext auch oft als «sektoraler Produktivitätsfaktor» bezeichnet – für Elektrizitätsverteilernetzbetreiber und Betreiber von Gasversorgungsnetzen an Polynomics, in Zusammenarbeit mit Prof. Mario Liebensteiner von der Friederich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und Prof. Klaus Gugler von der Wirtschaftsuniversität Wien, vergeben.

Das Gutachten ist wie folgt strukturiert. Nach einer Klärung der Begriff in Abschnitt 3, ordnen wir in Abschnitt 4 die sektorale Produktivitätsvorgabe im Rahmen einer Anreizregulierung in die ökonomische Theorie ein. Anschließend diskutieren und beurteilen wir verschiedene Möglichkeiten, wie die Produktivitätsentwicklung gemessen werden kann (Abschnitt 5) und welche Anforderungen sich für die Ableitung einer Prognose zu berücksichtigen sind (Abschnitt 6). Den Reformbedarf und die aktuell in der Diskussion stehenden Vorschläge zur Umsetzung der Produktivitätsvorgabe in der deutschen Anreizregulierung diskutieren wir in Abschnitt 7. In Abschnitt 8 entwerfen wir zum einen ein mikroökonomisches Referenzmodell und zum anderen weitere Beurteilungskriterien, um anschließend die verschiedenen Vorschläge zu bewerten (Abschnitt 9). Unsere Analysen fassen wir im Abschnitt 10 im Sinne von Empfehlungen zusammen und leiten entsprechende Empfehlungen ab. Die verwendeten Quellen werden in Abschnitt 11 aufgelistet.

⁴ BNetzA (2024), S. 8.

⁵ BNetzA (2025a)

⁶ BNetzA (2025a), S. 104

⁷ Am 18. Juni wurde die Festlegung eines Regulierungsrahmens und der Methode der Anreizregulierung für Elektrizitätsverteilernetzbetreiber (RAMEN Strom) (BNetzA, 2025b) und Gasverteiler- und Fernleitungsnetzbetreiber (RAMEN Gas) (BNetzA 2025c) sowie am 30. Juni die Methodenfestlegung X_{GEN} (BNetzA 2025d) veröffentlicht. Das vorliegende Gutachten basiert überwiegend auf den Vorarbeiten der BNetzA und damit auf dem Diskussionsstand vor den erwähnten Veröffentlichungen. In den Abschnitten 7,8 und 9 wird – wo notwendig – auf die konsultierten Festlegungen der BNetzA eingegangen.

3 Klärung der Begriffe

Im Rahmen des Gutachtens werden verschiedene Begriffe verwendet. Im Folgenden beschreiben wir, was wir im Gutachten unter den folgenden Begriffen und Konzepten verstehen und wie diese einzuordnen sind:

- Produktivität, Produktivitätsentwicklung und technologischer Fortschritt
- Kosten und Kostenfunktion sowie Frontier Shift und Produktivitätsfaktor
- Zusammenhang mit der Gesamtwirtschaft (X_{GEN})
- Stützintervall und Stichprobe

Produktivität und Produktivitätsentwicklung

Die Produktivität misst, welche Outputmenge ein Unternehmen mit einer bestimmten Inputmenge produzieren kann bzw. wie viele Inputs notwendig sind, um eine bestimmte Menge an Outputs zu erzeugen. Für den Fall, dass es nur einen Output (y) und einen Input (z) gibt, ist die Produktivität gegeben durch das Verhältnis von Output zu Input ($\frac{y}{z}$). Falls mehrere Inputs und Outputs zu berücksichtigen sind, werden Output- und Inputindizes gebildet. Der Outputindex ist in diesem Fall eine gewichtete Summe der Outputmengen und der Inputindex eine gewichtete Summe der Inputmengen. Die Produktivität bezieht sich somit immer auf Mengenverhältnisse und nicht auf Preise.

Die Veränderung der Produktivität misst, wie sich die Produktivität zwischen zwei Zeitpunkten verändert. Ein Produktivitätswachstum entspricht somit einer Zunahme der Produktivität über die Zeit. Produktivitätsveränderungen können in vier Komponenten zerlegt werden:

1. Technologischer Fortschritt: eine Verschiebung der Produktionsgrenze
2. Effizienzveränderung: Annäherung an oder Entfernung von der Effizienzgrenze (z. B. organisatorische Verbesserungen)
3. Skaleneffekte: Änderungen der Produktivität infolge von Größenanpassungen
4. Allokative Effizienz: Verbesserung der Inputnutzung entsprechend ihrer relativen Preise

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung der Anreizregulierung (Investitionen, technologische Innovationen und langfristige Effizienzgewinne anreizen) ist die ökonomisch relevante Größe der **technologische Fortschritt**. Andere Komponenten der Produktivität wie Skaleneffekte oder rein kurzfristige Effizienzgewinne sollten keine Rolle spielen, da sie nicht dauerhaft übertragbar sind und keine strukturellen Produktivitätspotenziale widerspiegeln. Im Folgenden wird daher Produktivitätsfortschritt synonym mit technologischem Fortschritt verwendet.

Kosten und Kostenfunktion

Die **Kosten** ergeben sich aus der Summe sämtlicher Ausgaben, die für die Erstellung des Outputs anfallen. Gibt es n verschiedene Inputs z_i , für die ein Stückpreis w_i bezahlt werden muss, so ergeben sich die Kosten C als $C = \sum_{i=1}^n w_i \cdot z_i$.

Demgegenüber gibt die **Kostenfunktion** die Kosten an, die eine Unternehmung aufbringen muss, um eine bestimmte Outputmenge herzustellen. Sie ist dementsprechend eine Funktion in Abhängigkeit der Outputmenge (y), der Faktorpreise (w_i), der individuellen Effizienz (v) und der Produktivität (A): $C(y, w_1, w_2, \dots, w_n, v, A)$.

Die Kostenfunktion gibt somit an, welche Größen die Kosten eines Unternehmens beeinflussen. Darunter fallen insbesondere die Inputpreise und die Produktivität. Ausgehend von der Kostenfunktion können die marginalen Kosten, also die Kosten, die anfallen, um eine zusätzliche Outputseinheit zu produzieren, und die Durchschnittskosten, also die Stückkosten, die anfallen, um eine bestimmte Menge an Outputs zu produzieren, abgeleitet werden. Diese Kostenkonzepte sind für die Preisbestimmung auf kompetitiven Märkten relevant.

In einem Markt mit perfektem Wettbewerb sind die Unternehmen gezwungen, ihre Outputpreise möglichst niedrig zu halten. Die Outputpreise (p) entsprechen in diesem Fall den Durchschnittskosten: $p = AC(y, w_1, w_2, \dots, w_n, v, A) = C(y, w_1, w_2, \dots, w_n, v, A)/y$.

Die Veränderung der Outputpreise ergibt sich unter der Annahme eines kompetitiven Marktes somit aus der Veränderung der Durchschnittskosten. Betrachtet man die Veränderung der Durchschnittskosten als Folge einer Veränderung aller Einflussgrößen, so erhält man unter den vereinfachenden Annahmen $dv = 0$ (keine Veränderung der Ineffizienz) und $dy = 0$ (keine Veränderung der Outputmenge) den Ausdruck (vgl. die nachfolgenden Ausführungen zur Erlösobergrenzenformel):

$$\frac{dAC}{AC} = \sum_{i=1}^n \frac{w_i z_i}{C} \cdot \frac{dw_i}{w_i} - \frac{dA}{A}$$

Der Ausdruck besagt, dass die Veränderung der Durchschnittskosten (linke Seite der Gleichung) der Summe der gewichteten Veränderung der Inputpreise (erster Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung) abzüglich der Veränderung der Produktivität (zweiter Ausdruck) entsprechen muss. Die BNetzA bezeichnet diesen Ausdruck, der die Inputpreisveränderung und die Produktivitätsveränderung miteinander verrechnet, insbesondere im Zusammenhang mit der Malmquist-Methode als **Frontier Shift**. Obwohl mit dem Begriff Frontier Shift üblicherweise die Verschiebung der effizienten Grenze (Veränderungen der Produktivität) gemeint ist, verwenden wir den Begriff im vorliegenden Gutachten im Sinne der BNetzA und bezeichnen damit den Netto-Effekt zwischen Inputpreis- und Produktivitätsänderungen. Die BNetzA bezeichnet diesen Frontier Shift auch als genereller sektoraler **Produktivitätsfaktor**.

Unternehmen in einem kompetitiven Markt müssen ihre Outputpreise gemäß der Veränderung ihrer Durchschnittskosten anpassen ($dp/p = dAC/AC$). Dies bedeutet, dass sie zwar allfällige Veränderungen der Inputpreise den Kunden weiterreichen können, sie aber gezwungen sind, sämtliche Produktivitätsgewinne weiterzugeben. Der **Produktivitätsfaktor** ist somit wie folgt definiert:

$$\frac{dp}{p} = \frac{dIPI}{IPI} - \frac{dA}{A}$$

Wobei IPI für den Inputpreisindex steht. Dieser entspricht der Summe der mittels Kostenanteil gewichteten Veränderung der einzelnen Inputpreise.

Zusammenhang mit der Gesamtwirtschaft (X_{GEN})

Im Rahmen der X_{GEN} -Regulierung vergleicht die BNetzA die Outputpreisentwicklung der Netzwirtschaft mit der Outputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft und trifft dazu folgende Annahmen⁸:

⁸ Im Rahmen dieses Gutachtens werden diese Annahmen, die von der BNetzA unter dem Begriff «Residualmethode» zusammengefasst werden, als gegeben verwendet, obwohl viele ökonomische Argumente gegen

- In der Gesamtwirtschaft herrscht perfekter Wettbewerb
- Der VPI misst die Outputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft

Aus der ersten Annahme folgt, dass sich für die Gesamtwirtschaft die Veränderung der Outputpreise aus der Differenz zwischen der Veränderung der Inputpreise und der Produktivitätsveränderung ergibt. Da aufgrund der zweiten Annahme die Veränderung der Outputpreise an der Veränderung des VPI gemessen werden kann, folgt im Gleichgewicht daraus, dass die Veränderung des VPI der Differenz zwischen Veränderung des Inputpreisindex (IPI^G) und Veränderung der Produktivität entspricht (A^G).

$$dp^G/p^G = dIPI^G/IPI^G - dA^G/A^G = dVPI/VPI$$

Zur Erreichung des Als-ob-Wettbewerbs unterstellt die BNetzA, dass Unternehmen der Netzwirtschaft, analog zu Unternehmen im Wettbewerb, die Inputpreisveränderungen abzüglich eines allfälligen Produktivitätsfortschrittes weitergeben dürfen. Für die «zulässige» Veränderung der Outputpreise der Energiewirtschaft gilt somit

$$dp^E/p^E = dIPI^E/IPI^E - dA^E/A^E$$

Der X_{GEN} ist definiert als die Differenz zwischen der gesamtwirtschaftlichen Outputpreisentwicklung und der zulässigen Outputpreisentwicklung der Netzwirtschaft:

$$X_{GEN} = dp^G/p^G - p^E/p^E = dVPI/VPI - (dIPI^E/IPI^E - dA^E/A^E)$$

Ist der X_{GEN} positiv, so bedeutet dies, dass der Netzwirtschaft ein geringeres Outputpreiswachstum zugestanden wird als dem durchschnittlichen Unternehmen in der Gesamtwirtschaft. Ist der X_{GEN} negativ, dann dürften die Outputpreise der Netzwirtschaft stärker zunehmen als die der Gesamtwirtschaft.

Die Verwendung des X_{GEN} ist eine spezifische Umsetzung des Produktivitätsfaktors. Die BNetzA verwendet den Begriff genereller sektoraler Produktivitätsfaktor synonym zu X_{GEN} . Grundsätzlich ist es jedoch nicht erforderlich, die Vorgabe eines generellen sektoralen Produktivitätsfaktors über eine X_{GEN} -Vorgabe umzusetzen.

Erlösbergrenzenformel

Die Erlösbergrenzenformel (EOG) gibt an, wie sich die Erlöse eines Netzbetreibers in einer Regulierungsperiode verändern dürfen. Dazu geht die BNetzA von den Kosten im Basisjahr aus und gesteht dem Netzbetreiber die gesamtwirtschaftlichen Outputpreiserhöhungen während der Regulierungsperiode korrigiert um den X_{GEN} zu. Unter Auslassung anderer Elemente der EOG und des Zeitverzugs bei der VPI-Anpassung, ergeben sich damit die maximal zulässigen Erlöse im Jahr t der Regulierungsperiode wie folgt⁹:

$$EOG_t = \text{Kosten}_{\text{Basisjahr}} \cdot \prod_{s=1}^t (VPI_s/VPI_{s-1} - X_{gen})$$

Der X_{GEN} wird im Basisjahr ermittelt und während der Regulierungsperiode konstant gehalten. Während der Regulierungsperiode wird er aber jeweils auf den jährlich aktualisierten VPI angewendet.

diese Annahmen angeführt werden könnten.

⁹ Im weiteren Verlauf des Gutachtens wird insbesondere auf die Problematik des aktuell von der BNetzA umgesetzten Zeitverzugs detailliert eingegangen.

Obwohl der X_{GEN} einmalig im Basisjahr bestimmt wird und somit während der Regulierungsperiode konstant gehalten wird, hat diese Vorgehensweise den Vorteil, dass die tatsächliche Veränderung des VPI in jedem Jahr der Regulierungsperiode berücksichtigt werden kann. Damit kann die Produktivitätsvorgabe jährlich angepasst werden, ohne die netzwirtschaftlichen Terme jeweils neu bestimmen zu müssen. Diese Vereinfachung kauft man sich jedoch mit der Annahme, dass sich der X_{GEN} über die Regulierungsperiode nicht ändert, dass also die Differenz zwischen Outputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft und der Netzwirtschaft konstant bleibt.

Nimmt man an, dass VPI über die Zeit konstant bleibt, also $dVP = 0$ gilt, so vereinfacht sich die EOG-Formel zu

$$EOG_t = \text{Kosten}_{\text{Basisjahr}} \cdot \left(1 + \frac{dIPI^E}{IPI^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right)^t$$

Die Erlösobergrenze im Regulierungsjahr t entspricht den Kosten aus dem Basisjahr multipliziert mit der jährlich zulässigen Veränderungsrate bestehend aus der Inputpreisveränderung der Netzwirtschaft und der Produktivitätsveränderung der Netzwirtschaft. Anders ausgedrückt, die Erlösobergrenze des nächsten Jahres der Regulierungsperiode ergibt sich aus der Erlösobergrenze des vorangehenden Jahres multipliziert mit der zulässigen Veränderungsrate:

$$EOG_t = EOG_{t-1} \cdot \left(1 + \frac{dIPI^E}{IPI^E} - \frac{dA^E}{A^E} \right)$$

Mit $EOG_0 = \text{Kosten}_{\text{Basisjahr}}$.

Mehrere der nachfolgend diskutierten, künftig möglichen EOG-Formeln unterscheiden zwischen OPEX und CAPEX. Die Kapitalkosten werden jedes Jahr «durchgereicht» und nur die OPEX unterliegen der regulatorisch vorgeschriebenen Outputpreisveränderung. Die EOG-Formel erweitert sich für diese Fälle zu:

$$EOG_t = CAPEX_t + OPEX_{\text{Basisjahr}} \cdot \prod_{s=1}^t (VPI_s/VPI_{s-1} - X_{gen})$$

Stützintervall und Stichprobe

Ein Stützintervall bezeichnet im deutschen (und österreichischen) Regulierungsumfeld den Zeitraum, auf dessen Grundlage eine Prognose für die Produktivitätsentwicklung in der kommenden Regulierungsperiode vorgenommen wird. Es basiert auf zuvor geschätzten Werten der totalen Faktorproduktivität (TFP), die typischerweise aus einer größeren Stichprobe stammen. Während die Stichprobe alle verfügbaren Beobachtungen (Jahre) umfasst, die zur Schätzung der Produktivität verwendet wurden, dient das Stützintervall als Ausgangspunkt für die Prognose der zukünftigen Produktivitätspotenziale. Das Stützintervall kann kürzer sein als die Stichprobe und gezielt nur einen besonders relevanten Abschnitt abbilden. Die Wahl der Länge des Stützintervalls ist besonders relevant, wenn die geschätzten Produktivitätsänderungsraten über die Zeit nicht linear verlaufen, da kürzere Intervalle in solchen Fällen bessere Näherungen aktueller Trends liefern können.

4 Vorgabe des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors

Die Vorgabe eines generellen sektoralen Produktivitätsfaktors leitet sich aus dem zentralen Ziel einer Anreizregulierung ab, die Marktmacht von natürlichen Monopolen zu begrenzen. Wir ordnen den Produktivitätsfaktor in die Systematik der Anreizregulierung ein (Abschnitt 4.1), zeigen, welche Bedeutung der Höhe X_{GEN} zukommt (Abschnitt 4.2) und weisen auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung allfälliger Veränderungen in den Outputmengen hin (Abschnitt 4.3).

4.1 Produktivitätsvorgabe im Rahmen der Anreizregulierung

Da echter Wettbewerb aufgrund des natürlichen Monopols im Netzbereich nicht möglich ist, soll durch regulative Eingriffe ein vergleichbarer Druck erzeugt werden. Unternehmen sollen dadurch zu Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen angeregt werden, wie sie auch unter effektiven Wettbewerbsbedingungen zu erwarten wären.¹⁰ Zugrunde liegt die Überlegung, dass natürliche Monopolisten mangels Wettbewerbs keinen Anreiz haben, erzielte Kostensenkungen an ihre Kunden weiterzugeben bzw. mögliche Kostensenkungen erst gar nicht umzusetzen. Stattdessen könnten sie aufgrund ihrer Marktmacht dauerhaft hohe Preise durchsetzen, ohne Effizienzgewinne bzw. Produktivitätsfortschritte realisieren zu müssen. Die Anreizregulierung begegnet diesem Problem, indem sie Wettbewerbsdruck simuliert.

Für diese Simulation des Wettbewerbs verwendet die Regulierung zwei zentrale Komponenten: Die individuelle Effizienzvorgabe und die Vorgabe eines generellen sektoralen Produktivitätsfaktors. Während die letztere Vorgabe branchenweit gilt und Kostensenkungspotenziale auf sektoraler Ebene adressiert, ist die individuelle Effizienzvorgabe unternehmensspezifisch und zielt auf die Reduktion betriebsinterner Ineffizienzen ab.

Zur Vorgabe des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors kommt in Deutschland der X_{GEN} zur Anwendung. Gemäß der regulierungsökonomischen Theorie¹¹ bildet der X_{GEN} die Differenz zwischen der Produktivitäts- und Inputpreisentwicklung in der regulierten Branche und jener der Gesamtwirtschaft ab. Er simuliert damit einen kontinuierlichen Wettbewerbsdruck, dem das Monopolunternehmen ausgesetzt wäre, wenn es sich auf einem Wettbewerbsmarkt behaupten müsste. Ziel ist es, die Entwicklung der Produktivität und der Inputpreise in der Gesamtwirtschaft mit derjenigen der Netzwirtschaft zu vergleichen.

In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass die Bestimmung des Produktivitätsfaktors grundsätzlich unabhängig vom X_{GEN} erfolgen kann. Anstelle der Differenzbetrachtung des X_{GEN} (Unterschied Produktivitätsfaktor und Inputpreise zwischen Gesamtwirtschaft zu Netzwirtschaft) könnte man auch direkt den Produktivitätsfaktor der Netzwirtschaft ermitteln und fort-schreiben.

Weichen jedoch die Entwicklungen der Produktivität und der Inputpreise in der Gesamtwirtschaft von derjenigen der Netzwirtschaft deutlich voneinander ab, sei es positiv oder negativ, so ist dies bei der Festlegung der zulässigen Erlöse (Erlösobergrenze) zu berücksichtigen. Aus theoretischer Sicht ist der X_{GEN} daher nicht auf ein positives Vorzeichen beschränkt. Er kann ebenso negativ sein oder den Wert null annehmen, je nachdem, wie sich die Produktivität und die Inputpreise der regulierten Branche im Vergleich zur Gesamtwirtschaft entwickeln.

¹⁰ Joskow, 2014

¹¹ Bernstein & Sappington, 1999

Die individuelle Effizienzvorgabe (X_{IND}) ergänzt den X_{GEN} -Mechanismus auf Unternehmensebene und schafft zusätzlichen Anreiz, Kostensenkungspotenziale zu nutzen. In einem funktionierenden Wettbewerbsmarkt würden ineffiziente Unternehmen durch effizientere verdrängt. Die Anreizregulierung versucht, diesen Mechanismus im regulierten Umfeld nachzubilden, indem sie ineffiziente Unternehmen durch den X_{IND} unter Druck setzt, ihre Kosten zu senken.

Der eigentliche Anreizmechanismus der Anreizregulierung liegt darin, dass Unternehmen alle Kostensenkungen, die über den gesetzten X_{GEN} (und X_{IND}) hinausgehen, vollständig behalten dürfen. In dieser Logik wirken X_{GEN} und X_{IND} wie ein Preisdeckel (Price Cap), der die zulässigen Erlöse eines Netzbetreibers über einen Regulierungszeitraum hinweg limitiert.¹² Unternehmen, die effizienter wirtschaften als durch den Regulierungsrahmen gefordert, erzielen sogenannte Effizienzrenten – ein zentrales Element der Anreizregulierung.

4.2 Bedeutung der Höhe des X_{GEN}

Die Festlegung der Höhe des X_{GEN} ist jedoch von besonderer Tragweite. Die Schwierigkeiten betreffen dabei verschiedene Aspekte der Bestimmung, wie die historische Messung oder die Prognoseerstellung, auf die im Folgenden noch detailliert eingegangen wird. Dabei ist zu beachten, dass die Höhe des X_{GEN} unterschiedliche Wirkungen nach sich zieht: Ist er zu niedrig angesetzt, besteht die Gefahr, dass Unternehmen überhöhte Monopolrenten erzielen, was nicht nur Verbraucher belastet, sondern auch die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt mindert. Zudem kann die Glaubwürdigkeit der Regulierungsbehörde in Frage gestellt werden. Ist der X_{GEN} hingegen zu hoch, zwingt er Unternehmen möglicherweise zu übermäßigen Kostensenkungen, die über ein betriebswirtschaftlich sinnvolles Maß hinausgehen. Dies kann sich negativ auf die Versorgungs- und Servicequalität, die Investitionsbereitschaft sowie auf die finanzielle Stabilität der Unternehmen auswirken, mit potenziell schädlichen Folgen für Versorgungssicherheit und Netzzuverlässigkeit.

In der Anfangsphase der Anreizregulierung ist es plausibel, dass branchenweite Ineffizienzen bestehen. Diese branchenweiten Ineffizienzen können sich in der Anfangsphase in Form von Produktivitätsgewinnen in einem positiven X_{GEN} niederschlagen. Damit trägt die X_{GEN} -Vorgabe nicht nur zur Nutzung allfälliger Produktivitätsfortschritte, sondern auch zu einem rascheren Abbau branchenweiter individueller Ineffizienzen bei.

Mit zunehmender Regulierungsdauer verliert dieses Argument jedoch an Überzeugungskraft. Wenn wesentliche Aufholpotenziale durch den Kostendruck der Anreizregulierung bereits realisiert wurden, spiegelt der X_{GEN} hauptsächlich die Produktivitäts- und Inputpreisveränderungen der Netzwirtschaft wider. Deshalb ist nicht auszuschließen, dass der X_{GEN} null betragen kann oder sogar negativ ausfällt. Ein negativer X_{GEN} ist insbesondere dann plausibel, wenn sich einmalige Investitionen zur Kostensenkung im Laufe der Zeit nicht wiederholen lassen, die Inputpreise aber ansteigen.

4.3 Mengenveränderungen gilt es zu berücksichtigen

In Deutschland gilt eine Erlösobergrenzenregulierung. Dabei werden die zulässigen Erlöse für Strom- und Gasverteilnetzbetreiber ex ante für eine Regulierungsperiode von fünf Jahren auf Basis eines sogenannten Basisjahrs festgelegt. Die zulässigen Erlöse bleiben während der gesamten Periode unabhängig von den tatsächlich durchgeleiteten Energiemengen. Abweichungen zwischen der Menge im Basisjahr und den tatsächlich realisierten Mengen in den einzelnen

¹² Vogelsang, 2002

Jahren der Regulierungsperiode führen daher nicht zu einer unmittelbaren Anpassung der Erlöse. Stattdessen werden diese Abweichungen über das Regulierungskonto bilanziert und zeitverzögert ausgeglichen.

Zu unterscheiden von den für die Kalkulation der Netzentgelte relevanten Mengen (Energie, Leistung, Kapazität) sind die «Mengen», welche die Versorgungsaufgabe abbilden. Damit sind Veränderungen im Versorgungsnetz der Netzbetreiber, wie sie sich beispielsweise aus dem Netzausbau zur Einspeisung erneuerbarer Energien, zusätzlicher Wärmepumpen oder der Berücksichtigung der zunehmenden E-Mobilität ergeben, gemeint. Diese Mengenveränderungen werden innerhalb einer Regulierungsperiode nicht berücksichtigt, sondern konstant gehalten. Eine Berücksichtigung veränderter Mengen erfolgt erst in der nächsten Regulierungsperiode über die Festlegung einer neuen Kostenbasis. Da dieses Basisjahr in der Regel zwei Jahre vor Beginn der neuen Regulierungsperiode liegt (t-2-Verzug), ergibt sich ein zusätzlicher zeitlicher Abstand, bis sich Mengenänderungen in den Erlösen niederschlagen.

Die Mengenänderung könnte grundsätzlich direkt in der Bestimmung des X_{GEN} berücksichtigt werden. Sie kann aber auch separat berücksichtigt werden, wie dies beispielsweise für die fünfte Regulierungsperiode mit dem BASE-Ansatz für die Anreizregulierung der Stromnetzbetreiber vorgesehen ist.

5 Produktivitätsmessung

Ziel der Anreizregulierung ist es, dass regulierte Unternehmen ihre Produktivitätspotenziale ausschöpfen und die damit verbundenen Kostensenkungen an ihre Kunden weitergeben. Die Messung der Produktivität ist also essenziell, um die Produktivitätspotenziale in der kommenden Regulierungsperiode zu prognostizieren. Dazu können verschiedene Methoden eingesetzt werden, die grob in folgende Kategorien eingeteilt werden können:

- Parametrische Methoden
- Indexmethoden
- Neuere probabilistische und qualitative Methoden

Nachfolgend gehen wir kurz auf diese Ansätze ein und beurteilen sie im Hinblick auf verschiedene Kriterien. Mit Blick auf den deutschen Regulierungskontext stellt sich zudem die Frage, wie diese Methoden hinsichtlich des methodischen Vorgehens bei der Bestimmung der unternehmensindividuellen Effizienzwerte (X_{IND}) einzuordnen sind.

5.1 Parametrische Methoden

Parametrische Methoden verfügen über viele Vorteile zur Messung der vergangenen Produktivität. Besonders hervorzuheben ist die Eigenschaft, dass die Methoden in der Lage sind, Produktivitätsentwicklungen zu messen, die sich über die Zeit, beispielsweise aufgrund von Veränderungen der Rahmenbedingungen, nicht linear entwickeln. Dies ist gerade im Kontext der Umsetzung der Energiewende bedeutsam. Zudem erlauben diese Methoden, die Ergebnisse statistisch zu überprüfen. Somit können Schätzungen mit Konfidenzintervallen belegt, hinsichtlich ihrer statistischen Signifikanz überprüft (z. B. ob geschätzte Parameterwerte verschieden von null sind), und um stochastische Entwicklungen (random noise) sowie zusätzliche Einflussfaktoren mittels Kontrollvariablen bereinigt werden. Damit sind die Grundlagen geschaffen, dass Prognosemodelle vor der Festlegung von Produktivitätsvorgaben überprüft werden können. Schließlich werden parametrischen Methoden häufig im regulatorischen Kontext eingesetzt. Innerhalb der parametrischen Methoden gilt es die Stochastic Frontier Analysis (SFA) besonders hervorzuheben. Diese stellt relativ hohe Anforderungen an die Datenverfügbarkeit und ist in der Umsetzung nicht trivial. Dafür erlaubt sie die Veränderung der technologischen Entwicklung von der Veränderung der unternehmensindividuellen Effizienz zu trennen.

Bei der folgenden Diskussion der Methoden ist zu beachten, dass im Rahmen der Anreizregulierung nicht zwingend die Produktivität isoliert gemessen werden muss, sondern vielmehr der Produktivitätsfaktor, also der Netto-Effekt zwischen Produktivitäts- und Inputpreisveränderung. Wenn bei parametrischen Methoden die abhängige Variable die nominalen Kosten sind und in der Schätzung nicht für die Preise kontrolliert wird, liefern diese Methoden den Produktivitätsfaktor. Wird hingegen für die Inputpreise kontrolliert, so wird ausschließlich die Produktivitätsentwicklung gemessen.

Parametrisch-ökonomische Methoden haben viele Vorteile gegenüber nicht-parametrischen Methoden (wie z. B. DEA oder Indexmethoden). Sie sind in der Regel flexibler, da sie die Kontrolle von zusätzlichen Variablen (z. B. Umweltfaktoren, Trendbrüche, Unternehmensgröße, Standortbedingungen, regulatorische Unterschiede im Zeitverlauf) erlauben, Aussagen über sta-

tistische Signifikanz zulassen (ob ein gemessener Wert unterschiedlich von null ist) und zufällige Schocks herausgefiltert werden können (Trennung von Zufälligkeiten von echten Effekten wie Ineffizienzen). Zudem erlauben parametrische Methoden für Flexibilität in der Regressionspezifikation, sodass Interaktionsterme zwischen Variablen und nicht-lineare Terme (z. B. quadratische Terme) eingeführt werden können, um potenziell nicht-lineare Zusammenhänge abbilden zu können. Zu den wichtigsten parametrischen Methoden, die im Zusammenhang mit der Messung von Produktivität und Effizienz genannt werden können, sind die Stochastic Frontier Analysis (SFA), die Ordinary Least Squares (OLS) mit Zeittrend oder die Modified Ordinary Least Squares (MOLS) zu nennen.

5.1.1 Klassische Stochastic Frontier Analysis (SFA)

Unter den parametrisch-ökonometrischen Verfahren bietet sich insbesondere die Stochastic Frontier Analysis (SFA) an, da sie sowohl den technologischen Wandel (TFP) als auch unternehmensindividuelle Effizienzwerte (X_{IND}) aus einem gemeinsamen Datensatz identifizieren kann. Dies stellt einen zentralen Vorteil dar: Die SFA erlaubt eine konsistente simultane Schätzung beider Größen.

Allerdings ist die SFA datenintensiv. Sie erfordert in ihrer klassischen Anwendung Paneldaten mit vielen Beobachtungen (unternehmensspezifische Daten über viele Jahre) – also Informationen zu Kosten, Outputs und Inputpreisen der regulierten Unternehmen über einen möglichst langen Zeitraum. Um zufällige Störeinflüsse («random noise») von systematischer Ineffizienz unterscheiden zu können, ist eine hinreichende Zahl an Beobachtungen (in Querschnitt und Zeitdimension) erforderlich. Bei zu wenigen Beobachtungen kommt es typischerweise zu Konvergenzproblemen, was die Identifikation von Ineffizienz unmöglich macht.¹³

Ein weiterer methodischer Anspruch der SFA ergibt sich aus der Spezifikation der zugrunde liegenden Kostenfunktion. Für eine Schätzung müssen dabei mindestens zwei Inputpreise berücksichtigt werden, um Substitutionsmöglichkeiten zwischen den Produktionsfaktoren (etwa zwischen Kapital und Arbeit) unter der Annahme kostenminimierenden Verhaltens abbilden zu können (Shephard's Lemma). Während Daten zu Arbeitspreisen (z. B. Gesamtausgaben für Personal geteilt durch die Zahl der Vollzeitäquivalente) oft gut verfügbar sind, gilt dies für Kapitalkosten oder Preise für Material und Vorleistungen generell nicht. Dies kann die empirische Anwendbarkeit einschränken oder zusätzliche Annahmen erfordern (z. B. Annäherung über branchentypische Kapitalkostensätze oder Deflatoren, die aber nicht unternehmensindividuell sind).¹⁴ Darüber hinaus erfordert die SFA Annahmen zur Verteilung der Ineffizienzkomponente, etwa als halbnormal, exponentiell oder truncated-normal verteilt. Diese Annahmen sind empirisch oftmals schwer zu validieren und können ohne theoretische Fundierung als ad hoc kritisiert werden.

Trotz dieser Herausforderungen bietet die SFA eine theoretisch und methodisch konsistente Möglichkeit zur gleichzeitigen Bestimmung der sektoralen Produktivitätsentwicklung (X_{GEN}) und der unternehmensspezifischen Effizienz (X_{IND}). Besonders hervorzuheben sind dabei die

¹³ Gugler und Liebensteiner führten parametrische Schätzungen von Kostenfunktionen für österreichische Gas- und Stromverteilernetzbetreiber durch. In einem unausgeglichene Paneldatensatz aus 35 Unternehmen über die Jahre 2002–2021 mit 507 Beobachtungen konnte keine Konvergenz der SFA-Schätzungen erzielt werden (Gugler/Liebensteiner, 2019).

¹⁴ In Österreich wurden verschiedene Indexreihen (z. B. Großhandelspreisindex, Baupreisindex, Baukostenindex, Erzeugerpreisindex) als Proxies herangezogen, wobei diese nicht unternehmensspezifisch sind, sondern nur über die Zeit variieren.

methodische Konvergenz zur Ermittlung von X_{GEN} und X_{IND} auf Basis eines homogenen Datensatzes sowie die methodische Flexibilität durch statistische Inferenz. Diese Vorteile machen die SFA zu einer attraktiven Methode im regulatorischen Kontext.

In der regulatorischen Praxis stößt die Anwendung der SFA jedoch häufig auf Datenrestriktionen: Zum einen mangelt es oft an durchgehend verfügbaren und konsistent definierten unternehmensspezifischen Daten zu Kosten, Outputs und Inputpreisen über längere Zeiträume hinweg. Zum anderen ist die Anzahl der Beobachtungen – sowohl in der Querschnitts- als auch in der Zeitdimension – häufig nicht ausreichend zur Erreichung von Konvergenz in der Schätzung. Diese empirischen Hürden begrenzen die praktische Anwendbarkeit der SFA.

Das Problem wird etwas entschärft, da es zur Bestimmung des X_{GEN} nicht notwendig ist, die Produktivitätsentwicklung isoliert zu bestimmen. Es genügt den Netto-Effekt von Produktivitäts- und Inputpreisveränderungen zu ermitteln. Dies hat den Vorteil, dass man keine Kostenfunktion schätzen muss und damit auf den Einbezug von Inputpreisdaten verzichten kann. Dies entspricht dem heutigen Vorgehen der BNetzA, da sie für ihre SFA-Berechnungen auf die TOTEX abstützt ohne die Inputpreise als erklärende Variablen zu berücksichtigen. Diese Vereinfachung erkaufte man sich aber damit, dass man allokativen Effekte, die sich aus unterschiedlichen Inputpreisrealitäten der verschiedenen Netzbetreiber ergeben, nicht berücksichtigt. Dabei ist zu beachten, dass durch die Bestimmung des Netto-Effekts bei einer Anwendung auf die OPEX jedoch eine deutliche Verzerrung in Bezug auf die netzwirtschaftlichen Inputpreise resultiert, wenn ein nomineller TOTEX- X_{GEN} berechnet wird (vgl. Abschnitt 9.2.1).

5.1.2 OLS mit Zeittrend

Wenn die Anforderungen für eine SFA-Schätzung nicht erfüllt sind, können alternativ auch weniger datenintensive Verfahren eingesetzt werden. Um dennoch die Vorteile parametrischer Ansätze zu wahren, bietet sich eine OLS-Schätzung mit Zeittrend an. Diese Methode basiert ebenfalls auf Paneldaten (also Unternehmensdaten über mehrere Jahre), liefert aber auch bei geringerer Beobachtungszahl noch statistisch aussagekräftige Ergebnisse.

Der geschätzte Koeffizient des Zeittrends wird hierbei als Maß für den technischen Fortschritt bzw. die Produktivitätsveränderung interpretiert – also als jene Veränderung der Kosten über die Zeit, die sich nicht durch Output- oder Inputpreisveränderungen erklären lässt. Auf diese Weise kann ein sektoraler Produktivitätsfortschritt isoliert geschätzt werden. Werden mit der OLS-Methode die TOTEX – und nicht die Kostenfunktion – geschätzt, so kann direkt der sektorale Produktivitätsfaktor als Netto-Effekt der Produktivitäts- und Inputpreisveränderung bestimmt werden.

Eine nicht-lineare Abbildung des Zeittrends, beispielsweise als Polynom zweiten Grades (Trend und quadratischer Trend) lockert zudem die starke Annahme, dass die Produktivitätsentwicklung über die Zeit linear verlaufen muss, und trägt somit nicht-linearen Entwicklungen – also zunehmenden oder abnehmenden Produktivitätsmöglichkeiten – Rechnung.

Ein Nachteil der Methode OLS mit Zeittrend ist jedoch, dass keine explizite Trennung zwischen technologischer Entwicklung und unternehmensspezifischer Ineffizienz (X_{IND}) stattfindet. Ineffizienzen einzelner Unternehmen verbleiben im Fehlerterm und können nicht separat identifiziert werden. Dadurch vermischt die OLS-Methode die Produktivitätsänderung mit dem Abbau unternehmensspezifischer Ineffizienz (Catch-up).

5.1.3 Modified Ordinary Least Squares (MOLS)

Die (MOLS) ist eine Weiterentwicklung der OLS-Methode zur Effizienzanalyse. Im Gegensatz zur klassischen OLS wird hier die Regressionsgerade systematisch nach unten verschoben, sodass sie tangential zur – im Extremfall - besten Beobachtung (also dem effizientesten Unternehmen) liegt. Die daraus resultierenden Abweichungen der übrigen Unternehmen zur effizienten Grenze werden als Ineffizienzen interpretiert. MOLS ist einfach anwendbar und datenökonomisch. Da jedoch alle Residuen vollständig als Ineffizienz gedeutet werden, besteht keine Möglichkeit zur Trennung zwischen statistischem Fehler und tatsächlicher Ineffizienz. Die Methode eignet sich daher primär zur groben Einordnung der Effizienzlage eines Unternehmens relativ zum Benchmark.

5.2 Indexmethoden

Indexmethoden sind zur Messung von Produktivitätsentwicklungen im regulatorischen Kontext weit verbreitet. Ihr größter Nachteil besteht in der Tatsache, dass die Ergebnisse nicht statistisch überprüft werden können. Dies schränkt die notwendige Überprüfung der Modelle ein, was im Hinblick auf die Überführung der Ergebnisse in konkrete Vorgaben problematisch ist. Möglich sind lediglich die Ex-post-Überprüfung der Vorgabe z. B. im Sinne von Out-of-sample-Prognosefehler. Innerhalb der Indexmethoden spricht vieles für die Anwendung der Malmquist-Methode, da diese die Trennung der Verschiebung der technologischen Grenze von der unternehmensindividuellen Effizienzentwicklungen ermöglicht und damit – unter diesem Aspekt - verhindert, dass die Produktivitätsmessung zu hoch ausfällt. Aber auch die Törnqvist-Methode ist aufgrund der transparenten Vorgehensweise, der wenigen Annahmen sowie der internationalen Verbreitung durchaus geeignet, die Produktivität zu messen.

Neben den erwähnten parametrischen Methoden stehen auch nicht-parametrische und Indexmethoden zur Verfügung, um die Produktivitätsentwicklung eines Sektors und die Effizienz von Unternehmen zu messen. Die im Regulierungskontext am häufigsten eingesetzten Methoden sind:

- Malmquist-Index
- Törnqvist-Index

5.2.1 Malmquist-Index

Die Malmquist-Methode zur Bestimmung von Produktivitätsveränderungen setzt im Gegensatz zur Törnqvist-Methode explizite Annahmen über die zugrunde liegende Produktionsfunktion voraus. Dies macht sie methodisch anspruchsvoller, birgt jedoch auch Risiken: Werden falsche Annahmen getroffen, können die Ergebnisse verzerrt sein. Der Malmquist-Index baut in seiner eigentlichen Form auf der Data Envelopment Analysis (DEA) auf und erlaubt dadurch eine Zerlegung von Effizienzveränderungen in technologischen Fortschritt und individuelle Aufholeffekte, was eine differenzierte Analyse der Effizienzentwicklung ermöglicht.

Die BNetzA versteht zudem unter dem Begriff Malmquist eine Kombination aus einer Vielzahl von DEA- und SFA-Rechnungen und weist im Ergebnis einen einzigen Durchschnittswert dieser Berechnungen als Malmquist-Wert aus. Damit ist die Anwendung der SFA im deutschen Regulierungskontext in die Malmquist-Berechnungen integriert und unterscheidet sich sowohl vom klassischen Malmquist-Index als auch von der klassischen SFA-Umsetzung, wie sie in Abschnitt 5.1.1 besprochen wurde.

5.2.2 Törnqvist-Index

Der Törnqvist-Index ist ein auf Preis- und Mengeninformationen basierender Index. Er benötigt keine Unternehmensdaten. Durch die Verwendung von aggregierten (sektoralen) Daten ist er sehr datenökonomisch. Er ermöglicht ebenfalls eine Messung von Produktivitätsentwicklungen über die Zeit. Berechnet wird der Törnqvist-Index als Verhältnis zwischen Output- und Inputindex. Aufgrund der Art der Berechnung muss die Produktionsfunktion bzw. Technologie nicht bekannt sein. Schließlich wird die Törnqvist-Methode im internationalen Kontext seit Jahren umgesetzt. Unabhängig von der konkreten Umsetzung kann basierend auf einer theoretisch-formalen Herleitung folgendes gezeigt werden:¹⁵

- Werden ein kosteneffizientes Verhalten der Unternehmen sowie konstante Skalenerträge unterstellt, entspricht der mittels Törnqvist-Index gemessene technologische Fortschritt dem tatsächlichen Fortschritt. Mit anderen Worten: Die Törnqvist-Methode ist im Grundsatz geeignet, einen generellen sektoralen Produktivitätsfortschritt zu messen.
- Liegen jedoch individuelle Ineffizienzen bei den Netzbetreibern vor, die über die Zeit abgebaut werden (müssen), überschätzt der Törnqvist-Index die tatsächliche Produktivitätsentwicklung um genau diesen Aufholeffekt («Catch-up»), da diese ineffizienten Unternehmen in der Datengrundlage für die Törnqvist-Berechnungen enthalten sind. Dies ist im deutschen Regulierungssystem besonders problematisch, da hier zusätzlich zum X_{GEN} auch ein separater X_{IND} enthalten ist.
- Weiter kann gezeigt werden, dass die Wahl von Start- und Endjahr bei der Törnqvist-Methode von großer Bedeutung ist.

5.3 Bedeutung des Catch-up-Effektes

Die vorangehenden Ausführungen haben gezeigt, dass nicht alle Methoden den Catch-up-Effekt, also den Abbau unternehmensindividuellen Ineffizienzen, vom Produktivitätsfaktor zu trennen vermögen. Einzig der Malmquist und die SFA sind grundsätzlich in der Lage, diese Trennung vorzunehmen.

Bei der Abwägung der Methodenwahl stellt sich jedoch die Frage, wie wichtig dieser Umstand ist. Insbesondere weil die Anreizregulierung in Deutschland bereits die fünfte Regulierungsperiode in Angriff nimmt und somit individuelle Ineffizienzen seit Jahren abgebaut werden konnten, sollte dieser Nachteil nicht zu stark gewichtet werden. Da die Anwendung jeder Methode in der Praxis mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert ist (Umfang der Daten, Messfehler, Komplexität der Schätzmethode, strukturelle Annahmen etc.), darf die Nichtberücksichtigung des Catch-up-Effektes kein Ausschlusskriterium darstellen, sondern ist beim Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Methoden zu berücksichtigen.

5.4 Neuere probabilistische und qualitative Methoden

Neben den parametrischen und den Index-Methoden, die im internationalen Kontext und für regulatorischen Fragestellung weit verbreitet sind, existieren grundsätzlich noch weitere Methoden, die zur Messung der Produktivität eingesetzt werden können. Methoden wie die Bayesianische Frontier-Methode werden aber eher in akademischen Untersuchungen verwendet. Ist die vergangene Datenlage nicht mehr geeignet, um darauf aufsetzende Prognosen

¹⁵ Polynomics (2019), S. 19

für die Zukunft abzuleiten, können auch qualitative Methoden eingesetzt werden. Bei diesen Methoden werden keine empirischen Berechnungen mehr durchgeführt. Im Rahmen der deutschen Anreizregulierung sind diese **neueren Methoden und qualitativen Ansätze** weniger geeignet.

Neben den beschriebenen Ansätzen, die für die Ermittlung der Produktivität im regulatorischen Kontext oft eingesetzt werden, sind grundsätzlich auch weitere Methoden für die Produktivitätsermittlung einsetzbar. Als Beispiel hierzu wird nachfolgend auf Bayesianische Frontier-Modelle und qualitative Ansätze kurz eingegangen.

5.4.1 Bayesianische Frontier-Modelle

Bayesianische Frontier-Modelle stellen eine Weiterentwicklung der klassischen Stochastic Frontier Analysis (SFA) dar, bei der Effizienzgrenzen («Frontiers») einer Produktionsfunktion geschätzt werden, unter Berücksichtigung von Zufallsstörungen und Ineffizienzen.¹⁶ Im Gegensatz zur SFA ermöglichen bayesianische Modelle die Integration von Vorwissen über Parameterverteilungen mittels sogenannten Priorverteilungen. Die Posteriorverteilungen der Modellparameter ergeben sich durch Bayes'sche Aktualisierung, zumeist unter Einsatz von Simulationsverfahren wie Markov Chain Monte Carlo (MCMC)¹⁷. Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode liegt in ihrer Flexibilität und Robustheit gegenüber kleinen Stichproben sowie in der quantitativen Abbildung von Unsicherheit über sämtliche Modellparameter hinweg. Die Resultate liefern somit nicht nur Punktschätzungen, sondern Verteilungen, was die Aussagekraft für politisch-ökonomische Entscheidungen erhöht. Auch die Möglichkeit, Hierarchien und Heterogenitäten explizit zu modellieren, erweitert das Anwendungsspektrum etwa bei stark heterogenen Datensätzen. Allerdings sind die Anforderungen an Daten und Modellierungskompetenz deutlich höher als bei traditionellen Verfahren. Bayesianische Modelle sind rechnerintensiv, verlangen umfangreiche A-priori-Annahmen und erfordern eine hohe Datenqualität insbesondere hinsichtlich Input-Output-Größen auf Unternehmensebene. Bayesianische Ansätze werden heute vor allem im akademischen Kontext und bei makroökonomischen Analysen und eher selten im regulierungsökonomischen Kontext eingesetzt.

5.4.2 Qualitative Methoden

Zu den qualitativen Analysen gehören Delphi-Methode oder Szenarioanalysen. Im Gegensatz zu den vorgängig diskutierten Ansätzen wird in diesem Fall auf eine empirische Berechnung der vergangenen Produktivität verzichtet. Ein solches Vorgehen bietet sich vor allem dann an, wenn die Entwicklung aus der Vergangenheit nicht mehr geeignet ist, um damit die zukünftige Entwicklung zu prognostizieren. Qualitative Methoden wie die Delphi-Befragung und Szenarioanalysen dienen somit der strukturierenden Vorausschau sowie der explorativen Analyse komplexer Entwicklungen, etwa im Hinblick auf Produktivitätstreiber in Branchen mit hoher Unsicherheit oder dynamischem Strukturwandel. Die Delphi-Methode basiert auf der iterativen, anonymisierten Befragung ausgewählter Experten, mit dem Ziel einer schrittweisen Konsensbildung. Szenarioanalysen hingegen entwickeln konsistente Zukunftsbilder auf Basis systematischer Annahmen über relevante Einflussfaktoren. Der zentrale Vorteil beider Methoden liegt in ihrer Fähigkeit, nicht oder nur schwer quantifizierbare Einflussgrößen – wie technologische Disruptionen, regulatorische Eingriffe oder gesellschaftliche Trends – systematisch zu erfassen. Damit leisten sie einen wertvollen Beitrag bei unvollständiger oder nicht auf die Zukunft übertragbarer

¹⁶ Van de Broeck et al. (1994), Koop et al. (1997)

¹⁷ Robert et al. (2004)

Datenlage. Demgegenüber sind qualitative Verfahren anfällig für subjektive Verzerrungen, etwa durch Expertenselektion, «Framing-Effekt» oder methodenimmanente Pfadabhängigkeiten. Zudem ist der Datenbedarf zwar quantitativ geringer, erfordert jedoch qualitativ hochwertige Informationen und erhebliche methodische Disziplin in der Durchführung. Die Umsetzungsanforderungen bestehen weniger in technischer, sondern vor allem in organisatorischer und kommunikativer Kompetenz – insbesondere bei Moderation, Dokumentation und Interpretation der Ergebnisse.

5.5 Zusammenfassung und Gegenüberstellung der Methoden

Um die vergangene Produktivitätsentwicklung in der Netzwirtschaft zu messen, können grundsätzlich verschiedene Methoden eingesetzt werden. Vereinfacht können parametrische und indexbasierte Methoden unterschieden werden. Methoden wie die SFA, die OLS mit Zeittrend oder die MOLS als Beispiele von parametrischen Methoden werden international oft zur Ermittlung der Produktivität eingesetzt. Zu den verbreiteten Indexmethoden zählen der Törnqvist- und der Malmquist-Index, wie sie auch in Deutschland zur Anwendung kommen. Darüber hinaus können auch weitere Ansätze wie die Bayesianische Frontier-Methode oder qualitative Ansätze eingesetzt werden. Letztere sind dann geeignet, wenn die vergangenen Daten keine Fortschreibung in die Zukunft erlauben und man somit die Ermittlung und Prognose der zukünftigen Produktivitätsentwicklung in einem Schritt umsetzt. Der Hauptunterschiede der diskutierten Methoden bestehen in den folgenden Aspekten

- **Datenbedarf:** Je nach Methode sind umfangreichere Datensätze notwendig
- **Trennung zwischen Frontier Shift und Aufholeffekte:** Je nach Methode kann der Aufholeffekt von der Veränderung der Technologiegrenze ermittelt werden
- **Flexibilität in der Berücksichtigung von nicht-linearen Trends:** Je nach Methode können sich verändernde vergangene Trends abgebildet werden
- **Komplexität der Umsetzung:** Je nach Methode ist die Umsetzung komplexer
- **Transparenz und Nachvollziehbarkeit:** Je nach Methode kann die Vorgehensweise besser nachvollzogen werden und die Ergebnisse sind besser zu interpretieren
- **Notwendige Annahmen:** Je nach Methode sind verschiedene Annahmen zu treffen
- **Statistische Überprüfung der Ergebnisse:** Je nach Methode können die Ergebnisse einer statistischen Überprüfung unterzogen werden

Nachfolgende

Tabelle 2 vergleicht die Methoden gemäß verschiedenen Kriterien. Wird der Trennung zwischen Aufholeffekt und Frontier Shift, der Erfassung nicht-linearer Trends sowie einer konsequenten Methodenvielfalt ein hoher Stellenwert beigemessen, empfiehlt sich der Einsatz einer SFA in Kombination mit einem Malmquist-Index. Hat die Bedeutung des Aufholeffekts über die Zeit abgenommen (z.B. nach einer gewissen Dauer einer Anreizregulierung) ist auch der Törnqvist-Index eine zielführende Alternative.

Tabelle 2 Gegenüberstellung der Methoden

Methode	Datenbedarf	Trennung Frontier Shift / Aufholeffekte	Berücksichtigung von nicht-linearen Trends	Komplexität der Umsetzung	Transparenz und Nachvollziehbarkeit	Notwendige Annahmen	Statistische Überprüfung der Ergebnisse
SFA	Hoch	Möglich	Möglich	Hoch	Mittel	Zahlreich	Möglich
OLS mit Zeittrend	Mittel	Nicht möglich	Möglich	Mittel	Hoch	Mittel	Möglich
MOLS	Mittel	Nicht möglich	Möglich	Mittel	Hoch	Mittel	Möglich
Malmquist	Hoch	Möglich	Nicht möglich	Hoch	Mittel	Mittel	Nicht möglich
Törnqvist	Mittel	Nicht möglich	Nicht möglich	Mittel	Hoch	Mittel	Nicht möglich
Bayesianische Methoden	Hoch	Möglich	Möglich	Hoch	Gering	Zahlreich	Möglich
Qualitative Methoden	Gering	Möglich	Möglich	Hoch	Gering	Zahlreich	Nicht möglich

In der Tabelle sind die wichtigsten Methoden, die zur Ermittlung der Produktivitätsentwicklung verwendet werden können, vergleichend bewertet. Die Bewertung der einzelnen Kriterien basiert auf Erkenntnissen aus der wissenschaftlichen Literatur sowie der empirischen Erfahrung. Die jeweiligen Abgrenzungen stellen Tendenzen dar und sind nicht trennscharf. Berücksichtigt man die Trennung zwischen Aufholeffekt und Frontier Shift, die Berücksichtigung von nicht-linearen Trends und eine Methodenvielfalt sehr stark, würde diese für den gleichzeitigen Einsatz einer SFA kombiniert mit einem Malmquist-Index sprechen. Hat der Aufholeffekt über die Zeit abgenommen, ist auch der Törnqvist eine Alternative.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

6 Prognoseanforderungen

6.1 Auswirkungen von Trendbrüchen und Stützintervalle

Vergangene **Trendbrüche** und sich verändernde Produktivitäts- und Inputpreisentwicklungen über die Zeit haben Einfluss sowohl auf die Wahl des **Stützintervalls**, der Methode und der Überführung der Ergebnisse in konkrete Prognosen. Sobald solche Effekte auftreten, sollte die Fortschreibung auf Basis vergangener Daten nicht-linear erfolgen. Isolierte Trendbrüche sind auf Basis statistischer Methoden zu identifizieren und deren Effekte sind zu korrigieren. Sich verändernde Entwicklungen über die Zeit sind entweder bei der Umsetzung der Methoden (Berücksichtigung von Nicht-Linearitäten), über die Dauer des Stützintervalls oder die unterschiedliche Gewichtung der Jahre im Stützintervall sowie einer nicht-linearen Fortschreibung der Ergebnisse zu adressieren. In diesen Fällen ist von der Forderung der Berücksichtigung eines längstmöglichen und gleichgewichteten Stützintervalls zwingend abzuweichen. Bei Trendbrüchen, die für die Zukunft zu erwarten sind, darf nicht unbesehen auf die Messung der vergangenen Entwicklung abgestellt werden. In diesen Fällen, sind entweder vergleichbare Erkenntnisse aus anderen Sektoren/Ländern zu berücksichtigen oder es ist auf eine vergangenheitsbasierte Vorgabe zu verzichten.

6.1.1 Identifikation von Trendbrüchen

Die Ermittlung langfristiger Produktivitätstrends für die Bestimmung des X_{GEN} erfolgt generell auf Basis historischer Zeitreihen. Ein zentrales methodisches Problem entsteht, wenn vergangene Entwicklungen die Produktivitätspotentiale in der zukünftigen Regulierungsperiode nicht adäquat widerspiegeln können. Eine fehlende Repräsentativität kann beispielsweise durch Trendbrüche in der historischen Zeitreihe entstehen, wie sie durch die Einführung des Anreizregulierungsregimes oder signifikante regulatorische Änderungen entstehen können. Andere Gründe für Trendbrüche sind neue Anforderungen, wie ein sich änderndes Geschäftsfeld oder sich ändernde Managementaufgaben durch die Energiewende und den damit einhergehenden Investitionen in wetterabhängigere und volatilere erneuerbare Energien. Daneben können aber auch andere stochastische und oft nicht vorhersagbare Schocks auftreten, die einen signifikanten Einfluss auf die Produktivität der regulierten Unternehmen haben, wie beispielsweise technologische Umbrüche oder Wirtschaftskrisen.

Dabei ist zu betonen, dass eine fehlende Repräsentativität der geschätzten Produktivität auf Basis historischer Daten für die Abbildung zukünftiger Produktivitätspotenziale durch zweierlei Arten von Trendbrüchen entstehen kann:

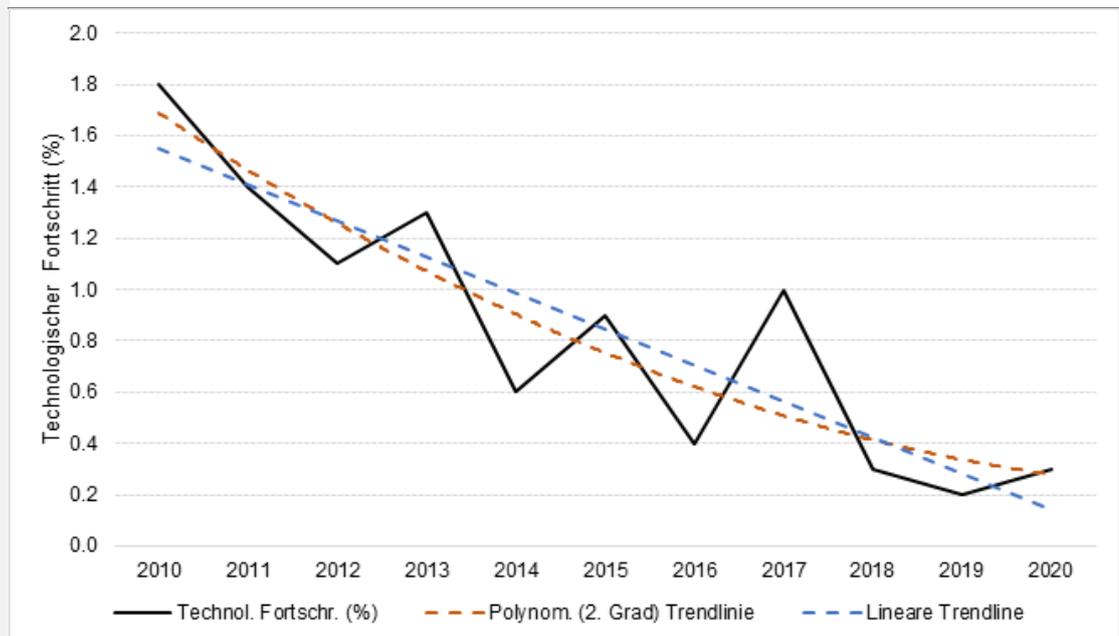
- **Trendbruch in der Vergangenheit:** Dabei handelt es sich um Trendbrüche in den historischen Daten, die sich nicht in die Zukunft übertragen lassen.
- **Trendbruch in der Zukunft:** Dabei handelt es sich um zukünftige Rahmenbedingungen, die nicht durch historische Daten abbildbar sind.

In Bezug auf die Trendbrüche in der Vergangenheit, gibt es ökonometrische Verfahren, um Strukturbrüche zu identifizieren. Dazu zählen beispielsweise die Bai-Perron-Tests¹⁸ zur Detektion mehrerer Strukturbrüche in linearen Regressionsmodellen oder der Chow-Test¹⁹ für einzelne, exogen vorgegebene Bruchzeitpunkte. Auch visuelle Verfahren wie gleitende Durchschnitte oder Filtertechniken, wie beispielsweise der Hodrick-Prescott-Filter²⁰ oder der Kalman-Filter²¹ können Hinweise auf Brüche in der Trendkomponente geben.

Beispielhafte Illustration: Verzerrung durch einen Trendbruch

Zur Veranschaulichung der Bedeutung von Trendbrüchen und deren Auswirkungen auf Prognosen dient folgendes stilisierte Beispiel: Angenommen, die BNetzA möchte auf Basis historischer Produktivitätsdaten die erwartete Produktivitätsentwicklung für die Regulierungsperiode 2021–2025 festlegen. Sie verwendet dafür historische Daten für den Zeitraum 2010–2020 (Datensample). Der Einfachheit halber betrachten wir in diesem Beispiel nur den technologischen Fortschritt und vernachlässigen die Inputpreisentwicklung. Die gemessenen jährlichen Raten des technologischen Fortschritts sind in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesen und in der darunterliegenden Grafik visualisiert.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ø 2010-2020	Ø 2016-2020
TFP (%)	1,8	1,4	1,1	1,3	0,6	0,9	0,4	1,0	0,3	0,2	0,3	0,85	0,44



Der Durchschnitt über diese elf Jahre beträgt 0,85% und könnte so als Prognose für die nächste Regulierungsperiode verwendet werden. In diesem Fall wäre das Datensample

¹⁸ Bai & Perron (1998)

¹⁹ Chow (1960)

²⁰ Hodrick, & Prescott (1997)

²¹ Kalman (1960)

gleich dem Stützintervall und die Prognose entspräche einer konstanten linearen Fortschreibung der durchschnittlichen Rate des technologischen Fortschritts (0,85% entspricht der Steigung des linearen Trends).

Wie aus der Grafik ersichtlich, ist die gemessene Rate des technologischen Fortschritts aber im Zeitverlauf fallend, weshalb bei der Wahl eines kürzeren Stützintervalls die durchschnittliche Rate des technologischen Fortschritts fällt. Wählt man beispielsweise das Stützintervall der letzten 5 Samplejahre 2016–2020, fällt die durchschnittliche Rate des technologischen Fortschritts auf 0,44%. Auch eine polynomische Trendline (z. B. ein Polynom 2. Grades) würde die tatsächliche gemessene jährliche Rate des technologischen Fortschritts besser näherungsweise abbilden als eine lineare Trendline. Würde man aus dieser polynomischen Trendline die durchschnittliche Rate des technologischen Fortschritts für die letzten 5 Samplejahre (2016–2020) berechnen, ergäbe das einen noch etwas niedrigeren Wert von 0,43%. Dies verdeutlicht, dass bei nicht-linearem (konkav bzw. konvex steigendem oder fallendem) Wachstum die Wahl des Stützintervalls und die Annäherungsweise an die gemessenen Werte (linear oder nicht-linear/polynomisch) einen erheblichen Einfluss auf die Prognose hat. Schätzwerte, die nicht weit in der Vergangenheit liegen (z. B. 2020, 2019), sollten bei einer Prognose einen höheren Stellenwert bekommen als weit in der Vergangenheit liegende Werte (z. B. 2010, 2011).

Neben dem Trendbruch in der Vergangenheit ist auch Trendbruch in der Zukunft möglich: Nehmen wir nun weiter an, dass es in den Jahren 2020 bis 2025 zu einer strukturellen Veränderung kommt. Klimapolitische Vorgaben und höhere administrative Anforderungen durch grüne Politik führen zu einem Mengenrückgang bzw. zu einer Kostensteigerung der regulierten Unternehmen. Die gemessene Rate des technologischen Fortschritts fällt sprunghaft ab, wie in der untenstehenden Tabelle dargestellt:

	2021	2022	2023	2024	2025	Ø 2021-2025
TFP (%)	-2,0	-0,3	-0,1	0,0	-0,2	-0,52

Selbst eine kürzere Wahl des Stützintervalls würde die Rate des technologischen Fortschritts für die Regulierungsperiode 2021–2025 falsch prognostizieren. Je weiter das Stützintervall in die Vergangenheit zurückreicht, desto stärker ist der Prognosefehler. Wird also die historische Produktivität für die Zukunft fortgeschrieben, obwohl sich die tatsächliche Entwicklung bereits seit 2021 deutlich verlangsamt hat, entsteht eine systematische Überschätzung. Diese Verzerrung würde dazu führen, dass Netzbetreibern zu hohe Produktivitätsfortschritte unterstellt werden, was ihre zulässigen Erlöse entsprechend unangemessen reduziert.

Eine Möglichkeit für einen statistischen Test, ob es zwischen 2020 und 2021 zu einem Strukturbruch kam, kann man mittels einer Dummy-Variablen (D) in einer Regression machen, wobei D den Wert 0 für die Jahre 2010–2020 annimmt und den Wert 1 für die Jahre 2021–2025. Die Regression lautet: $fs = \beta_T \cdot T + \beta_D \cdot D + \beta_{TD} \cdot (T \cdot D) + \epsilon$. fs ist der Frontier Shift in %. T repräsentiert den Zeittrend ($T \in \{1 = 2010, 2 = 2011, \dots, 16 = 2025\}$). ϵ ist der stochastische Fehlerterm. Wenn der Koeffizient β_{TD} aus der Schätzung statistisch signifikant ist, bedeutet das einen Trendbruch. In diesem Fall ist $\hat{\beta}_{TD} = 0,531$ und statistisch signifikant auf dem 99% Niveau ($p=0,002$), was auf einen Trendbruch hindeutet. Auch der Chow-Test ergibt einen p -Wert von 0.003, womit die Nullhypothese eines konstanten Trends klar verworfen wird. Beides spricht eindeutig für das Vorliegen eines Strukturbruchs.²²

²² Chow (1960)

Ergänzend können auch statistische Kriterien wie das Akaike Information Criterion (AIC) oder das Bayesian Information Criterion (BIC) bei der Identifikation von Trendbrüchen zur Anwendung kommen. AIC und BIC helfen bei der Entscheidung, ob ein Modell mit Strukturbruch tatsächlich eine Verbesserung gegenüber einem einfacheren Modell ohne Bruch darstellt. Beide Kriterien bewerten die Modellgüte der Anpassung und der Anzahl der geschätzten Parameter. Ein geringerer Werte des AIC bzw. BIC deutet auf ein besseres Modell hin, wobei eine höhere Modellkomplexität «bestraft» wird und somit einfachere Modelle bevorzugt werden.

In Bezug auf Trendbrüche, die in der Zukunft liegen, ist es selbstredend nicht möglich, die historischen Daten entsprechend zu analysieren. In diesem Fall stellt sich die Frage, mit welchen Anpassungsmechanismen die vergangene Entwicklung in die Zukunft fortgeschrieben werden soll. Entsprechende Korrekturfaktoren können beispielsweise über Analogieschlüsse abgeleitet werden. So ist denkbar, dass Erkenntnisse aus anderen Sektoren oder Ländern verwendet werden, bei denen der erwartete Trendbruch bereits eingetreten ist. In diesen Fällen stellt sich die Frage der Übertragbarkeit von anderen Erfahrungen auf den konkreten Prognosefall. Sind solche Anpassungsmechanismen nicht ableitbar, ist ein Abstellen auf historische Daten oft nicht mehr zielführend und es ist der Einsatz von qualitativen Methoden zu prüfen (vgl. Abschnitt 5.4.2).

Unabhängig davon, ob der Trendbruch in der Vergangenheit eingetreten ist oder für die Zukunft erwartet wird, kommt der Ex-post-Kontrolle von Prognosen eine hohe Bedeutung zu (vgl. hierzu Abschnitt 6.2.2).

Praxisbeispiel des Sachverständigenrates für die deutsche Wirtschaft

Ein Beispiel für die institutionalisierte Auseinandersetzung mit möglichen Trendbrüchen findet sich im Jahresgutachten 2022/23 des Sachverständigenrats.²³ In Kasten 7 wird auf Basis von Autokorrelationsanalyse die Persistenz der Inflationsrate im Euro-Raum für die Jahre 1984 bis 2022 untersucht – bzw. ob sich die Dynamik des Inflationsprozesses im Euroraum strukturell verändert hat. Es kommt darin eine Trend-Zyklus-Zerlegung der Inflationsrate für eine semi-strukturelle Analyse zu Anwendung, in der modellexogene Schocks (also Trendbrüche) die Differenz zwischen der beobachteten Inflation und einem aus dem Modell geschätzten Inflationstrend erklären. Hierbei wird auch explizit auf Prognosefehler bzw. Abweichungen vom geschätzten Trend aufgrund von strukturellen Veränderungen (z. B. einer Krise) hingewiesen: „Darüberhinausgehende Informationen, wie etwa die Treiber der aktuellen Energiekrise oder eine stärkere geldpolitische Reaktion, werden in der Modellprojektion, anders als bei der Konjunkturprognose des Sachverständigenrates, nicht berücksichtigt.“

Allgemein zeigt die Analyse, dass die Inflation seit Ende 2021 mit erhöhter Persistenz verläuft. Dies ist ein Hinweis auf einen möglichen Regimewechsel. Der Sachverständigenrat erkennt an, dass bestehende Prognosemodelle auf Basis historisch niedriger Persistenz unter diesen Umständen zu systematischen Prognosefehlern führen können. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, auch in anderen Bereichen – etwa der Messung des Produktivitätsfaktors – strukturelle Brüche frühzeitig zu erkennen und modellseitig zu berücksichtigen.

²³ Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2022).

6.1.2 Auswahl Stützintervall

Das Vorliegen von Trendbrüchen aber auch bei nicht-linearen Entwicklungen der Produktivität kommt der Auswahl der Länge des zurückliegenden Schätzintervalls für Prognosezwecke eine hohe Bedeutung zu. Dabei gilt es grundsätzlich einen Zielkonflikt zwischen Ergebnisstabilität und Repräsentativität abzuwägen. Zum einen gibt ein längeres Schätzintervall stabilere Ergebnisse, da sich stochastische Variationen, Trends und zyklische Komponenten im geschätzten Produktivitätswachstum herausmitteln. Zum anderen aber ist der Vorteil von möglichst aktuellen Informationen über das Produktivitätswachstum, dass die gegenwärtige Situation in der Industrie am besten beschrieben wird und diese als ein guter Indikator für die nahe Zukunft angesehen werden kann.

Unter dem Stützintervall wird in Deutschland bei der Festlegung des X_{GEN} die Zeitperiode verstanden, deren Daten als Grundlage für die Ermittlung der vergangenen Produktivitätsentwicklung berücksichtigt wird. Diese Ergebnisse bilden wiederum die Grundlage für die zukünftige Vorgabe einer Produktivitätsentwicklung.

In Bezug auf die Bestimmung des Stützintervalls sind verschiedene Aspekte zu beachten:

- Vergangenheit **ohne Trendbrüche und Nicht-Linearitäten** in Bezug auf die Produktivitätsentwicklung
- Vergangenheit **mit Trendbrüchen und Nicht-Linearitäten** in Bezug auf die Produktivitätsentwicklung
- **Granularität** der berücksichtigten Daten

Vergangenheit ohne Trendbrüche und Nicht-Linearitäten

Liegen in den vergangenen Daten weder Trendbrüche vor noch sind unterschiedliche Entwicklungen in der Produktivität zu beobachten, kann eher auf das längstmögliche Stützintervall abgestellt werden. Trotzdem ist zu beachten, dass weit in der Vergangenheit liegende Produktivitätsschätzungen oft kein guter Prädiktor für die Zukunft ist. Vor allem bei Ansätzen wie beispielsweise dem Törnqvist-Index ist zudem zu beachten, dass die Wahl des Start- und Endjahres eine hohe Bedeutung zukommt. Die Daten dieser Jahre sind entsprechend auf ihre Verwendbarkeit und Repräsentativität hin zu untersuchen. In der Praxis bedeutet dies, dass insbesondere Start- und Endjahre eine überproportionale Wirkung auf die Trendlinie entfalten können. Auch wenn es sich dabei nicht zwingend um verzerrte oder fehlerhafte Daten handelt, sollte geprüft werden, ob diese Jahre die Schätzung des Trends wesentlich beeinflussen. So kann etwa eine Ausreißeranalyse vorgenommen werden oder untersucht werden, wie stark sich die Steigung der Trendlinie verändert, wenn Datenpunkte am Anfang oder Ende des Beobachtungszeitraums aus der Analyse ausgeschlossen werden.

Vergangenheit mit Trendbrüchen und Nicht-Linearitäten

Liegen in den vergangenen Daten Trendbrüche vor oder sind unterschiedliche Entwicklungen in der Produktivität zu beobachten, kann nicht mehr einfach auf das längstmögliche Stützintervall abgestellt werden. Die Wahl des Stützintervalls hängt dabei von den Ergebnissen der vergangenen Entwicklung ab. Nachfolgend sind einige Beispiele von möglichen Entwicklungen mit entsprechenden Lösungsmöglichkeiten für die Ermittlung der Produktivitätsentwicklung skizziert. Wichtig ist, dass die konkrete Wahl des Stützintervalls respektive der Umsetzung der Methoden auf Basis der konkret verfügbaren Datenbasis getroffen werden muss.

- **Einmaliger Trendbruch in der Vergangenheit ohne Beeinflussung der langfristigen Produktivitätsentwicklung:** In diesem Fall geht es darum, diesen Trendbruch in den Daten mittels entsprechender statistischer Instrumente zu identifizieren. Bei der Bestimmung der vergangenen Produktivitätsentwicklung ist der Effekt dieses Trendbruchs im Hinblick auf die Überführung der Ergebnisse in konkrete zukünftige Vorgaben zu bereinigen.
- **Kein einmaliger Trendbruch, aber kontinuierliche Veränderung der Produktivitätsentwicklung:** In diesem Fall ändert sich die Produktivitätsentwicklung über die Zeit, in dem Sinne, dass beispielweise Nicht-Linearitäten auftreten (z. B. abflachende Produktivitätsentwicklung). Würde die Prognose nicht um diese Effekte korrigiert, indem beispielsweise eine rein lineare Fortschreibung gemäß bisheriger Vorgehensweise der BNetzA durchgeführt wird, wird die zukünftige Entwicklung verzerrt prognostiziert. In diesem Fall existieren grundsätzlich drei mögliche Lösungsansätzen, die im konkreten Fall auch kombiniert werden können:
 - Die sich verändernde Entwicklung der Produktivität über die Zeit wird direkt in der Umsetzung der Methode aufgenommen. Dies ist beispielsweise bei der SFA, OLS oder MOLS möglich.
 - Können solche Nicht-Linearitäten in der eingesetzten Methode nicht berücksichtigt werden, kann eine alternative Gewichtung der Jahre aus dem Stützintervall vorgenommen werden. So ist beispielsweise denkbar, dass bei der Malmquist-Methode die jüngsten Entwicklungen stärker gewichtet werden als die Perioden, die weiter zurück in der Vergangenheit liegen.
 - Eine weitere Möglichkeit, solche Entwicklungen in den Vorgaben zu berücksichtigen, besteht in der Überführung der ermittelten Entwicklung in konkrete Vorgaben. Können die sich verändernde Produktivitätsentwicklungen weder über die Methode noch über die Gewichtung der Jahre des Stützintervalls berücksichtigt werden, ist es zwingend, dass die Ergebnisse nicht-linear auf die Zukunft fortgeschrieben werden dürfen.

Granularität der berücksichtigten Daten

Sehr oft werden jährliche Daten für die Produktivitätsermittlung verwendet, insbesondere weil die zugrundeliegenden Informationen häufig aus Jahresabschlüssen oder Gewinn- und Verlustrechnungen stammen. Solche Daten liegen meist nicht höherfrequent (z. B. halbjährlich oder quartalsweise) vor.

Der potenzielle Vorteil höherfrequenter, unterjähriger Datenreihen besteht darin, saisonale Muster und kurzfristige Schocks besser identifizieren und herausfiltern zu können, was zu einer präziseren Trenderkennung führen kann. Voraussetzung ist allerdings, dass diese Daten ausreichend zuverlässig und vollständig vorliegen. In manchen Fällen kann die Messung unterjähriger Produktivität auch mit erhöhter Volatilität und Messunsicherheit einhergehen. Daher sollte im Einzelfall sorgfältig geprüft werden, ob eine unterjährige Betrachtung tatsächlich zu einer sachlich besseren Erfassung des strukturellen Produktivitätstrends führt oder eher zusätzliche Verzerrungen mit sich bringt.

Ein weiterer Vorteil höherfrequenter Daten besteht darin, dass sie mehr Beobachtungen für eine Schätzung liefern und somit die Präzision der geschätzten Koeffizienten erhöhen können (z. B. geringere Standardfehler bzw. kleinere Konfidenzintervalle).

Sofern solche Datenreihen vorliegen, könnten auch Verfahren zur Saisonbereinigung eingesetzt werden. Dies kann parametrisch mittels zeitlicher fixer Effekte (z. B. binäre Indikatoren für

Quartale, Monate, Wochen oder Wochentage) erfolgen oder über etablierte Verfahren wie X11/X13, STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess), TRAMO (Time series Regression with ARIMA noise, Missing values and Outliers) bzw. SEATS (Signal Extraction in ARIMA Time Series), um saisonale und irreguläre Komponenten zu isolieren und so den strukturellen Trend genauer zu identifizieren.

6.2 Qualitätsansprüche an Prognosen

Auf Basis der Ermittlung der vergangenen Produktivität werden entsprechende Vorgaben für die Zukunft abgeleitet. An diese Prognosen sind **Qualitätsanforderungen** zu stellen, welche von der BNetzA eingehalten werden müssen. Die eingesetzten Methoden sind hinsichtlich der Modellgüte, der Robustheit der Ergebnisse, den Umgang mit Prognosefehlern und Trendbrüchen zu analysieren und die Ergebnisse sind transparent zu dokumentieren. Dieses Vorgehen entspricht einer «Best-Practice» für Prognosen, wie sie von internationalen Organisationen und Institutionen gefordert werden. In Anlehnung an diese Guidelines ist die BNetzA gehalten, vor der Durchführung einer neuen Produktivitätsfestlegung folgende Schritte durchzuführen:

- Ex-post-Analyse der vergangenen Prognose
- Analyse des Stützintervalls auf mögliche Trendbrüche
- Analyse des Stützintervalls auf Nicht-Linearitäten in der Produktivitätsentwicklung
- Je nach Ergebnissen der vorgegangenen Analysen sind Anpassungen an den Berechnungsmethoden, Dauer des Stützintervalls, Gewichtungen der Jahre im Stützintervall oder der Art der Überführung der Ergebnisse in konkrete Vorgaben vorzunehmen

Mit Ausnahme der im Abschnitt 5.4 diskutierten qualitativen Methoden sowie dem Abstellen auf die allgemeine Produktivitäts- und Inputpreisentwicklung (VPI) setzen alle übrigen diskutierten Ansätze auf historischen Daten, um die vergangene Produktivitätsentwicklung zu ermitteln. Werden basierend auf diesen Ergebnissen anschließend Vorgaben für die Zukunft getroffen, sind Prognosen notwendig. An diese Prognosen sind verschiedene Qualitätsansprüche zu stellen und verschiedene Verfahrensschritte im Vorfeld der Prognosen durchzuführen.

6.2.1 Qualitätsansprüche

Konkret sind die folgenden Aspekte des Prognosemodells respektive bei der Überführung der Ergebnisse für zukünftige Vorgaben zu beachten:

- **Modellgüte:** Ein Modell muss sowohl historische Entwicklungen gut abbilden als auch eine tragfähige Prognose zukünftiger Trends ermöglichen. Statistische Kennzahlen wie R^2 , Root Mean Square Error (RMSE) oder Mean Absolute Percentage Error (MAPE) helfen bei der Beurteilung, ebenso wie die Out-of-Sample-Prognosequalität. Eine Out-of-Sample-Prognose ist eine Vorhersage, bei der ein Modell auf eine Zeitperiode angewendet wird, die außerhalb des zur Schätzung verwendeten Datenbereichs liegt – typischerweise auf eine Periode nach dem Schätzzeitraum. Ziel ist es, Entwicklungen vorherzusagen, die nicht Teil der ursprünglichen Stichprobe waren.

Die Qualität einer Out-of-Sample-Prognose kann etwa durch einen t-Test überprüft werden, bei dem untersucht wird, ob die prognostizierten Werte signifikant von null oder einer Referenzgröße abweichen. Auch die Größe der Konfidenzintervalle gibt Aufschluss über die Prognosegüte: Schmale Konfidenzbänder deuten auf eine hohe Prognosepräzision hin, breite Bänder hingegen auf Unsicherheit. Zusätzlich kann die Prognosequalität nicht-statistisch bewertet werden, etwa durch den Vergleich mit anderen Modellen, Experteneinschätzungen oder durch eine Beurteilung der ökonomischen Plausibilität der Ergebnisse.

Neben der statistischen Güte ist die ökonomisch-theoretische Fundierung entscheidend, etwa durch Einbezug von Substitutionsmöglichkeiten und Inputpreisen gemäß dem Shephard's Lemma.²⁴

- **Robustheit:** Ein verlässliches Modell zeigt gegenüber methodisch irrelevanten Änderungen (z. B. alternative Spezifikationen oder geringfügige Stichprobenanpassungen) stabile Ergebnisse. Robustheitsanalysen und Sensitivitätstests sind daher unerlässlich. Modelle, die bei kleinen Änderungen stark schwanken, sind kritisch zu bewerten.
- **Umgang mit Prognosefehlern:** Abweichungen zwischen prognostizierten und realisierten Werten sind unvermeidbar, müssen jedoch systematisch analysiert werden. Eine solche Fehleranalyse ermöglicht es, strukturelle Schwächen und blinde Flecken in der Modellierung zu erkennen und zu beheben. Prognosefehler sollten deshalb aktiv zur Weiterentwicklung der Modelle genutzt werden.
- **Trendbrüche und Strukturveränderungen:** Ökonomische Prognosen müssen auf strukturelle oder technologische Umbrüche reagieren können. Die Einbindung geeigneter Kontrollvariablen (z. B. Dummy-Variablen für externe Schocks) erlaubt es, diese Veränderungen explizit zu modellieren.

6.2.2 Vorgaben zur Ex-post-Validierung

Die im vorliegenden Zusammenhang diskutierten Qualitätsanforderungen sind aus wissenschaftlicher Perspektive als zentrale Kriterien zur Beurteilung der Prognosegüte ökonomischer Modelle zu verstehen. Prognosen unterliegen jedoch definitionsgemäß einer inhärenten Unsicherheit. Diese resultiert sowohl aus begrenzter Datenverfügbarkeit als auch aus unvollkommenen Modellannahmen und nicht vorhersehbaren externen Schocks. Umso bedeutsamer ist eine systematische und methodisch fundierte Überprüfung der Prognosequalität. Eine solche Ex-post-Evaluierung ist aus Sicht der ökonomischen Forschung unverzichtbar, um die Validität und die praktische Nutzbarkeit von Prognosemodellen zu gewährleisten und weiterzuentwickeln.

International etablierte Institutionen wie die OECD²⁵, der Internationale Währungsfonds²⁶, die Europäische Zentralbank²⁷ sowie die Bank of England²⁸ messen der Ex-post-Analyse von Prognosen daher große Bedeutung bei. Auch wirtschaftswissenschaftliche Forschungsinstitute folgen dieser Praxis. Diese Ex-post-Evaluierungen gelten als Best Practice im Bereich der ange-

²⁴ Unter Shephards Lemma wird in der ökonomischen Theorie verstanden, dass die bedingte Faktornachfrage nach einem Produktionsfaktor (z. B. Arbeit) der Ableitung der Kostenfunktion nach dem Faktorpreis dieses Produktionsfaktors (z. B. Lohn) entspricht.

²⁵ OECD (2016)

²⁶ IMF (2025)

²⁷ ECB (2016)

²⁸ Bank of England (2024, 2015)

wandten ökonomischen Prognostik. Sie dienen nicht lediglich der retrospektiven Analyse, sondern sind integraler Bestandteil eines lernenden Prognosesystems, das sich kontinuierlich an neue ökonomische Gegebenheiten anpasst.

Ziel der Ex-post-Evaluierung ist es primär, systematische Prognosefehler zu identifizieren und zu analysieren. Hierzu zählen unter anderem Verzerrungen (Bias), ineffiziente Schätzverfahren oder systematische Abweichungen von tatsächlich eingetretenen Entwicklungen. Solche Fehlerquellen können vielfältiger Natur sein – etwa durch fehlerhafte Modellstruktur, strukturelle Brüche, unerwartete politische oder technologische Entwicklungen oder auch durch eine unzureichende Datenbasis bedingt sein. Die systematische Identifikation dieser Fehler ist Voraussetzung für eine gezielte Modellrevision und eine verbesserte Prognosegüte.

Bei der Ex-post-Evaluation kann zwischen interner und externer Validität unterschieden werden. Die interne Validität prüft in Form eines Back-Testings, ob das Prognosemodell konsistente Prognosen liefert, indem die Prognose mit den nachträglich tatsächlich durch das Modell berechneten Werten verglichen wird (Güte innerhalb der Spezifikation innerhalb der Stichprobe). Zur Prüfung der externen Validität gilt es zu untersuchen, ob die Prognosen und die daraus gezogenen Schlüsse auch außerhalb des Datensatzes oder des konkreten Kontextes zuverlässig sind (Übertragbarkeit).

Die Prognose des X_{GEN} kann nicht mit einem später direkt beobachteten X_{GEN} verglichen werden. Selbst zur Bestimmung des «tatsächlichen» X_{GEN} muss auf ökonometrische Methoden oder indirekte Evidenz abgestützt werden. Insofern stellt die Überprüfung der internen Validität der Prognosen eine Minimalanforderung dar.

Die OECD²⁹ hebt in ihrem «Reference Guide on Ex-post Evaluation of Competition Agencies' Enforcement Decisions» hervor, dass Ex-post-Analysen ein zentrales Instrument zur institutionellen Weiterentwicklung darstellen. Sie empfiehlt ausdrücklich die regelmäßige Überprüfung früherer Annahmen und Entscheidungen, um durch institutionelles Lernen die Qualität künftiger Bewertungen und Prognosen signifikant zu steigern. Auch die Europäische Zentralbank³⁰ betont die Bedeutung periodischer Güteprüfungen von Prognosen. In ihrem Leitfaden zur Erstellung makroökonomischer Projektionen spricht sie sich für den kombinierten Einsatz verschiedener Modellansätze, die Berücksichtigung neuer Datenlagen sowie die fortlaufende Anpassung an veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen aus. Darüber hinaus wird empfohlen, Prognoseunsicherheit transparent zu kommunizieren – etwa durch Konfidenzbänder statt bloßer Punktprognosen.

Ein weiteres Beispiel liefert die Bank of England³¹, die eine institutionalisierte Prognoseevaluierung betreibt. Neben der internen Überprüfung durch quantitative Indikatoren wie Bias und Root Mean Square Error (RMSE) erfolgt auch eine externe Begutachtung. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang der sogenannte «Bernanke Review», in welchem methodische Schwächen in der Modellierung offengelegt und konkrete Empfehlungen zur Verbesserung der Prognosefähigkeit – insbesondere unter Berücksichtigung externer Schocks – formuliert wurden.³²

²⁹ OECD, 2016

³⁰ ECB, 2016

³¹ Bank of England, 2025

³² Bernanke (2024)

Auch aus wissenschaftlicher Sicht unterstreichen Armstrong et al.³³ die Notwendigkeit, systematisch aus Prognosefehlern zu lernen. Sie plädieren für die Kombination unterschiedlicher Modellansätze, die transparente Darstellung von Unsicherheiten sowie die fortlaufende Beobachtung der Out-of-Sample-Performance ökonomischer Modelle. Diese Herangehensweisen sind mittlerweile fest im internationalen Standardrepertoire ökonomischer Prognosearbeit verankert.

Exkurs: Produktivitätsentwicklung in der Netzwirtschaft

Empirische Studien aus verschiedenen Ländern zeigen, dass das Produktivitätswachstum in regulierten Verteilnetzsektoren wie Strom- und Gasnetzen häufig gering oder sogar negativ ausfällt. So verweisen beispielsweise Untersuchungen von Frontier Economics³⁴ auf sinkende TFP-Trends (Total Factor Productivity) in der europäischen Netzwirtschaft. Gugler und Liebensteiner³⁵ dokumentieren für den österreichischen Gasverteilsektor im Zeitraum 2002–2013 ein zunächst moderates, später stagnierendes oder rückläufiges Produktivitätswachstum. Ähnliche Ergebnisse finden sich in Kanada, wo Dimitropoulos und Yatchew³⁶ für den Stromsektor Ontarios ein durchschnittliches jährliches TFP-Wachstum von -1% nachweisen. Auch aus Argentinien³⁷ und Australien³⁸ liegen Belege für schwankendes oder negatives Produktivitätswachstum in regulierten Netzindustrien vor. Diese Befunde verdeutlichen, dass ein niedriger oder negativer X_{GEN} -Wert nicht nur möglich, sondern unter bestimmten Umständen auch sachgerecht sein kann. Theoretisch lässt sich dies durch auch die grundlegenden Unterschiede zwischen der Gesamtwirtschaft und der regulierten Netzwirtschaft erklären. In der Gesamtwirtschaft basiert ein wesentlicher Teil des Produktivitätswachstums auf sogenannten Reallocation-Effekten, bei denen ineffiziente Unternehmen den Markt verlassen und effizientere Marktteilnehmer eintreten. Diese Marktselektion sorgt für kontinuierlichen Strukturwandel und treibt die gesamtwirtschaftliche Produktivität. Zusätzlich führen Wettbewerb, technologische Innovationen und organisatorische Verbesserungen zu Effizienzgewinnen. Diese Mechanismen greifen in regulierten Netzsektoren nicht. Zwar können Zusammenschlüsse oder Übernahmen stattfinden, doch echte Marktaustritte sind ebenso wie Neugründungen mit hohen Hürden verbunden. Zudem unterliegen Netzbetreiber strengen Versorgungsverpflichtungen. Sie müssen auch dort Netze vorhalten und betreiben, wo keine betriebswirtschaftlich optimale Auslastung gegeben ist. Der gezielte Abbau ineffizienter Strukturen (z. B. durch Rückbau oder Stilllegung) ist unter diesen Rahmenbedingungen weitgehend ausgeschlossen. Produktivitätsfortschritte können daher nur durch firmeninterne Maßnahmen wie Prozessoptimierung oder technische Modernisierung erreicht werden. Diese sind oft mit erheblichen Investitionen verbunden, langfristig angelegt und häufig regulatorisch determiniert. Ein kontinuierlicher, jährlicher Produktivitätszuwachs wie in dynamischen Wettbewerbsmärkten ist unter diesen Bedingungen nicht zu erwarten und wäre aus Sicht der Netzbetreiber auch nicht realistisch erreichbar. Gerade weil zentrale Treiber marktlicher Effizienzgewinne in der regulierten Netzwirtschaft strukturell nicht zur Verfügung stehen, sollten niedrige oder auch negative empirisch gemessene Produktivitätsraten nicht als Ausreißer, sondern als regulierungsökonomisch plausibles Ergebnis verstanden werden. Die

³³ Armstrong et al. 2018

³⁴ Frontier Economics (2022)

³⁵ Gugler und Liebensteiner (2019)

³⁶ Dimitropoulos und Yatchew (2017)

³⁷ Casarin (2014)

³⁸ Cunningham et al., 2023

empirischen und theoretischen Befunde zeigen, dass niedriges oder sogar negatives Produktivitätswachstum (bzw. technologischer Fortschritt) in regulierten Netzsektoren keineswegs untypisch ist. Ein positiver X_{GEN} -Wert ist unter diesen Umständen keineswegs automatisch gerechtfertigt. Vielmehr sollte die BNetzA auch Xgen-Werte von null oder darunter ausdrücklich als sachgerechte, empirisch abgesicherte Optionen in Betracht ziehen.

7 Reformbedarf und Vorgehensvorschläge

Als Folge des Urteils des Europäischen Gerichtshofs [EuGH] überarbeitet die BNetzA aktuell die verschiedenen Elemente der Netzentgeltregulierung. Dabei haben sowohl die BNetzA als auch die Branche unterschiedliche Herausforderungen und Kritikpunkte an der aktuellen Regelung der X_{GEN} -Vorgabe identifiziert. Auf diese wird im Abschnitt 7.1 eingegangen. Basierend auf diesen Herausforderungen wurden diverse Vorschläge in die Diskussion eingebracht. Bevor diese in Abschnitt 9 beurteilt werden, skizzieren wir in Abschnitt 7.2, welche Umsetzung für die Bewertung im Rahmen des Gutachtens jeweils unterstellt wird.

7.1 Reformbedarf und Beurteilung

Im Hinblick auf eine Methodenfestlegung des X_{GEN} sind verschiedene Herausforderungen zu adressieren. So erfolgt derzeit die jährliche Anpassung der Gesamtkosten (TOTEX) über den allgemeinen Korrekturfaktor $VPI-X_{GEN}$. Durch den Kapitalkostenabgleich ist eine Anwendung von $VPI - X_{gen}$ auf CAPEX ab der fünften Regulierungsperiode nicht mehr korrekt. Auch bei den volatilen Kosten, etwa für Verlustenergie, erfolgt eine doppelte Preisberücksichtigung. Zusätzlich kritisiert die BNetzA, dass der Aufwand für die Erhebung der Törnqvist-Methode hoch sei. Aus diesem Grund will die BNetzA künftig nur noch auf die Malmquist-Methode setzen. Diese Entscheidung ist problematisch, da die Methodenvielfalt ein wichtiges Instrument ist, um der Unsicherheit bei der Messung der Produktivität zu begegnen. Zudem entspricht die Malmquist-Umsetzung der BNetzA nicht den theoretischen Vorgaben. So kann die Anwendung von TOTEX technologische sowie preisliche Entwicklungen nicht trennen. Dies führt, – insbesondere unter Berücksichtigung des X_{IND} auf den TOTEX – zu Verzerrungen und Überschätzungen des X_{GEN} . Schließlich basiert der Anpassungsmechanismus $VPI-X_{GEN}$ auf einer veralteten Kostenbasis, da zwischen Basisjahr und Start der Regulierungsperiode ein zweijähriger Zeitverzug besteht. Diesen verschiedenen Kritikpunkten sind bei einer Anpassung der Bestimmung und Anwendung von $VPI-X_{GEN}$ Rechnung zu tragen.

Hintergrund der aktuellen Diskussion zur methodischen Anpassung der Produktivitätsvorgabe ist zum einen das Urteil des Europäischen Gerichtshofs. Basierend darauf wurde das EnWG angepasst. Aufgrund dieser Anpassung hat die Regulierungsbehörde (BNetzA) die ausschließliche Kompetenz, die Methoden zur Berechnung oder Festlegung der Bedingungen für den Anschluss an und den Zugang zu den nationalen Energienetzen zu bestimmen.

Zum anderen beinhaltet die aktuelle Umsetzung der Produktivitätsvorgabe verschiedene Aspekte, die einen entsprechenden Handlungsbedarf aufzeigen. In der Diskussion stehen dabei die folgenden Umsetzungsprobleme:³⁹

- Doppelanpassung von Kapitalkosten
- Doppelanpassungen von Verlustenergiekosten
- Hoher Aufwand bei der Umsetzung der Törnqvist-Methode
- Keine Berücksichtigung von Mengenveränderungen
- Zeitverzug bei der Anpassung der Ausgangskostenbasis

³⁹ Vergleich BNetzA (2024), S. 8ff und NetzeBW (2024)

Neben diesen methodischen Aspekten besteht auch Handlungsbedarf bei der Prognoseerstellung.

Im Folgenden werden die mit den Herausforderungen einhergehenden Probleme kurz skizziert und beurteilt. Inwieweit die in der Diskussion stehenden Vorschläge diese Herausforderungen adressieren, wird im Abschnitt 9 beurteilt.

7.1.1 Doppelanpassung von Kapitalkosten

Aktuell werden die gesamten TOTEX jedes Jahr mit $(VPI-X_{GEN})$ angepasst. Mit der Einführung des jährlichen Kapitalkostenabgleichs zu Beginn der 3. RP wurde ein «Cost-Plus-Element» in die Regulierungsformel aufgenommen. Dadurch werden jeweils die pro Jahr wegfallenden Kapitalkosten von der CAPEX-Basis abgezogen und die pro Jahr anfallenden CAPEX aufgrund von Neuinvestitionen zusätzlich berücksichtigt. Mit der Korrektur des $VPI-X_{GEN}$ werden die Kosten aus dem Basisjahr sowohl um die Veränderung der Inputpreise als auch um den technologischen Fortschritt in der Netzwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft angepasst. Im Rahmen des Kapitalkostenabgleichs finden diese beiden Aspekte ebenfalls jährlich Berücksichtigung. Die Veränderung der Inputpreise wird über die Nominalzinsen, welche eine Preiserwartung beinhalten, abgebildet. Die Anpassung des technologischen Fortschritts erfolgt über die Tatsache, dass die aktuellen Investitionen jährlich in der Erlösvorgabe abgebildet werden.

Durch den Kapitalkostenabgleich ist eine Anwendung von $VPI-X_{GEN}$ auf CAPEX ab der fünften Regulierungsperiode nicht mehr korrekt. In dieser Einschätzung sind sich die BNetzA und die Branche einig.

7.1.2 Doppelanpassungen von Verlustenergiekosten

Die BNetzA argumentiert, dass analog zu der doppelten Berücksichtigung bei den CAPEX auch die volatilen Kosten in der aktuellen Regulierungsformel einer doppelten Anpassung unterliegen. Auf der einen Seite sind die volatilen Kosten Bestandteil der OPEX im Basisjahr und werden über die Anpassung $(VPI - X_{GEN})$ um die Inputpreisentwicklung angepasst. Zum anderen wird jährlich die Veränderung der volatilen Kosten in der Erlösbergrenze aktualisiert, wobei bis anhin ein fixiertes Mengengerüst aus dem Basisjahr mit den aktuellen Preisen bewertet werden. Insofern findet in der Einschätzung der BNetzA eine erneute Anpassung der volatilen Kosten an die Preisentwicklung statt.

Durch die jährliche Anpassung der Preise der volatilen Kosten werden diese an zwei Stellen in der Regulierungsformel an Preisentwicklungen angepasst. Im Gegensatz zur doppelten Anpassung bei den CAPEX im Kapitalkostenabgleich werden bei den Verteilnetzbetreibern jedoch weder bei der Korrektur um $(VPI-X_{GEN})$ noch bei der Anpassung der jährlichen volatilen Kosten Mengenveränderungen berücksichtigt.

7.1.3 Aufwand zur Umsetzung der Törnqvist-Methode

Als weitere Herausforderung und Ursache für eine Anpassung wird der Aufwand, der mit der Umsetzung des Törnqvist-Index verbunden ist von der BNetzA aufgeführt. Insbesondere die Datenabfrage bei den Netzbetreibern, um die Daten aus den handelsrechtlichen Abschlüssen zu ermitteln, hat gemäß der BNetzA sowohl bei den Netzbetreibern als auch bei der BNetzA selbst einen hohen administrativen Aufwand verursacht. Um diesen Aufwand zu reduzieren, plant die BNetzA künftig nur noch die Malmquist-Methode einzusetzen, da in diesem Fall bereits auf den Daten der individuellen Effizienzvergleiche zurückgegriffen werden kann.

Grundsätzlich sind Index-Methoden wie der Törnqvist weniger datenintensiv als beispielsweise der Malmquist-Index. Der von der BNetzA erwähnte Verwaltungsaufwand ist mit der konkreten Umsetzung der beiden Methoden durch die BNetzA verbunden. Einerseits stellt sie bei der Umsetzung der Malmquist-Methode auf vorhandene Daten ab, die für die individuellen Effizienzvergleiche aufbereitet wurden und andererseits verwendet sie bei der Törnqvist-Methode nicht vorhandene Branchenindizes, sondern berechnet diese auf Basis abgefragter Unternehmensdaten. Wie bereits in den Abschnitten 5 und 6 dargelegt, ist die Messung und Prognose von Produktivitätsentwicklungen mit viel Unsicherheit verbunden. Nicht zuletzt aus diesem Grund fordern internationale Organisationen unter anderem Sensitivitätsrechnungen. Es ist daher problematisch, wenn die BNetzA im Hinblick auf die zukünftige Bestimmung der X_{GEN} -Vorgabe lediglich auf eine Methode abstellen will. Dabei ist zu beachten, dass die Vielzahl verschiedener DEA- und SFA-Berechnungen im Rahmen der Malmquist-Methode keine Sensitivitäten gemäß diesen «Best-Practice-Guidelines» darstellen. Die einzige Sensitivität bei den Malmquist-Berechnungen besteht in der Anwendung der beiden Methoden DEA und SFA.

Zudem ist noch unklar, ob und in welcher Form ein zukünftiger Effizienzvergleich für die Gasverteilnetzbetreiber stattfinden wird. Ein Abstellen ausschließlich auf den individuellen Effizienzvergleich birgt das Risiko, dass die notwendigen Grundlagen nicht mehr vorhanden sind. Schließlich würde sich bei einer ausschließlichen Anwendung der Malmquist-Methode die Produktivitätsentwicklung der Netzwirtschaft nur auf eine Teilmenge der gesamten Branche beziehen, nämlich auf die Netzbetreiber, die sich im regulären Verfahren befinden und damit dem individuellen Effizienzvergleich unterworfen sind.

7.1.4 Keine Berücksichtigung von Mengenveränderungen

Ein weiterer Kritikpunkt an der bisherigen Vorgehensweise betrifft die Tatsache, dass in der jährlichen Anpassung der Erlösobergrenze innerhalb der Regulierungsperiode keine Mengenanpassungen in Bezug auf die Veränderung der Versorgungsaufgabe berücksichtigt werden. Gerade vor dem Hintergrund der sich ändernden Versorgungsaufgabe des Stromnetzes und einer abnehmenden Gasnachfrage, kommt diesem Kritikpunkt eine große Bedeutung zu. Gemäß der aktuellen Ausgestaltung des Produktivitätsfaktors wirken sich Veränderungen in den Outputmengen erst zu Beginn der nächsten Regulierungsperiode auf die Erlösobergrenze aus.

7.1.5 Zeitverzug bei der Anpassung der Ausgangskostenbasis

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft die Inflationierung der Kosten aus dem Basisjahr. Für die Bestimmung der Erlösobergrenze zu Beginn der Regulierungsperiode wird auf die Daten des Basisjahres abgestellt, welches einen Zeitverzug zum ersten Jahr der Regulierungsperiode von drei Jahren aufweist. Für die Bestimmung des X_{GEN} werden ebenfalls Daten bis zum Basisjahr erhoben. Die Erlösobergrenze wird im ersten Jahr der Regulierungsperiode um $VPI \cdot X_{GEN}$ angepasst. Da dabei die Kosten aus dem Basisjahr als Grundlage verwendet werden, fehlt eine Aktualisierung der Kostengrundlage um den Effekt von zwei Mal $VPI \cdot X_{GEN}$. Je nach Differenz dieses Terms fällt die EOG-Vorgabe zu hoch oder zu niedrig aus.

Gerade vor dem Hintergrund steigender Kosten aufgrund der Transformation ist eine Anwendung von $VPI \cdot X_{GEN}$ für die Jahre zwischen Basisjahr und Beginn der Regulierungsperiode notwendig.

7.2 Betrachtete Vorschläge der BNetzA und der Branche

Im Hinblick auf die Methodenfestlegung X_{GEN} sind verschiedene mögliche Ansätze diskutiert worden. Im Sachstand zu Tenor und Erwägungen präferiert die BNetzA dabei mit dem TOTEX- X_{GEN} ein Vorgehen, in welchem der X_{GEN} auf den TOTEX bestimmt, aber nur für die OPEX angewendet wird. Ähnlich wird im Eckpunktepapier der BNetzA der OPEX- X_{GEN} diskutiert; im Unterschied zum TOTEX- X_{GEN} soll aber auch die Bestimmung des X_{GEN} auf den OPEX erfolgen.

Eine etwas andere Vorgehensweise, um die Doppelanpassungen bei den CAPEX zu beseitigen, ist beim modifizierten TOTEX- X_{GEN} und beim Realen TOTEX- X_{GEN} zu beobachten. Beim modifizierten Ansatz werden die CAPEX deflationiert und der auf TOTEX ermittelten X_{GEN} wird auf den Gesamtkosten angewendet. Beim Realen TOTEX- X_{GEN} dagegen wird der X_{GEN} auf den realen TOTEX bestimmt und anschließend auf den OPEX angewendet.

Neben diesen vier Vorschlägen sind drei weitere Vorschläge in der Diskussion, welche vom bisherigen Konzept des (VPI- X_{GEN}) mehr oder weniger stark abweichen. So aktualisiert der OPEX Inflator der BNetzA die Preisentwicklung der verschiedenen OPEX-Positionen und verzichtet explizit auf die Vorgabe eines X_{GEN} . Auch die beiden Vorschläge aus der Branche wenden kein X_{GEN} an. Beim historischen OPEX- X_{GEN} werden die Kosten vereinfacht und um die historischen OPEX der Branche jährlich aktualisiert sowie durch die Berücksichtigung exogener Preisschocks korrigiert. Beim Vorschlag « $X_{GEN} = 0$ » erfolgt die jährliche Fortschreibung der OPEX und der volatilen Kosten mit dem VPI.

Im Hinblick auf die Methodenfestlegung des X_{GEN} ab der 5. Regulierungsperiode hat die BNetzA in ihrem Eckpunktepapier verschiedene mögliche Anpassungen der X_{GEN} -Vorgabe diskutiert.⁴⁰ Weitere mögliche Vorschläge wurden anschließend von der BNetzA im Rahmen ihrer Gutachten-Ausschreibung aufgenommen. Schließlich hat die Branche am Expertenaustausch mit der BNetzA zur Zukunft der X_{GEN} -Vorgabe ebenfalls zwei mögliche Alternativen in die Diskussion eingebracht.⁴¹ Zusammenfassend können die folgenden Vorschläge identifiziert werden, die im Folgenden kurz skizziert werden.

- TOTEX- X_{GEN}
- OPEX- X_{GEN}
- Modifizierter- X_{GEN}
- Realer TOTEX- X_{GEN}
- OPEX Inflator
- Historischer OPEX- X_{GEN}
- $X_{GEN} = 0$

Bei der Darstellung der Umsetzung ist dabei zu beachten, dass diese Vorschläge auf einer sehr allgemeinen Basis vorgestellt wurden. Um im Abschnitt 8 eine mikroökonomische Beurteilung

⁴⁰ BNetzA (2024), S. 11ff.

⁴¹ NetzeBW (2024) und E.ON (2024)

vornehmen zu können, müssen bestimmte Umsetzungsfragen definiert werden. Für die nachfolgende Beurteilung gehen wir von folgender Umsetzung der Vorschläge aus. In sämtlichen folgenden Darstellungen der Erlösbergrenzenformel unterstellen wir vereinfachend, dass keine unternehmensindividuellen Ineffizienzen (X_{IND}) vorliegen. Zur Analyse der X_{GEN} -Vorschläge ist die konkrete Berücksichtigung des X_{IND} meist zweitrangig. Wir gehen davon aus, dass basierend auf der Methodenfestlegung zum Effizienzvergleich wie bisher der Effizienzvergleich basierend auf den nominalen TOTEX ermittelt und auch auf diesen angewendet wird. Auf damit verbundene Inkonsistenzen mit gewissen Vorschlägen bei der Bestimmung und Anwendung des X_{GEN} wird nachfolgend eingegangen.

7.2.1 TOTEX- X_{GEN}

Der TOTEX- X_{GEN} gilt gemäß Sachstand zu Tenor und Erwägungen für die RAMEN-Festlegung als präferierte Variante⁴². Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

- **Ermittlung:** Bestimmung des X_{GEN} auf Basis der TOTEX und sTOTEX mittels der bisherigen Malmquist-Methode mit den Daten der Basisjahre und den Effizienzmodellen der individuellen Effizienzvergleiche.
- **Prognose:** Lineare Fortschreibung des ermittelten durchschnittlichen Wertes von X_{GEN} aus den Basisjahren für die Jahre der kommenden Regulierungsperiode.
- **Anwendung:** Anwendung der (VPI- X_{GEN})-Anpassung auf die OPEX des Basisjahres.
- **Mengenentwicklung:** Durch das Abstellen auf den Anpassungsmechanismus (VPI- X_{GEN}) werden Mengenveränderungen während der Regulierungsperiode nicht direkt in der Bestimmung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt. Es ist aber zumindest für die RP 5 eine separate Berücksichtigung der Mengenänderungen über BASE vorgesehen.
- **Volatile Kosten:** Die volatilen Kosten des Basisjahres (Teil der OPEX im Basisjahr) werden durch den Anpassungsmechanismus auf den OPEX des Basisjahres angepasst. Da jährlich eine Anpassung der volatilen Kosten um die Preisentwicklung erfolgt (VK_t) werden von dieser Aktualisierung die um (VPI- X_{GEN}) angepassten VK_0 wieder abgezogen, damit keine doppelte Preisanpassung vorliegt.

Die nachfolgende Formel fasst die Vorgehensweise der Variante TOTEX- X_{GEN} vereinfacht zusammen und konzentriert sich dabei auf die Elemente CAPEX, Kapitalkostenabgleich, OPEX, (VPI- X_{GEN}) und die volatilen Kosten. TOTEX-X

Formel 1: Umsetzung Vorschlag TOTEX- X_{GEN}

$$EOG_t = (CAPEX_0 - KKab_t + KKauf_t) + OPEX_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - X_{GEN} \right) + VK_t - VK_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - X_{GEN} \right)$$

7.2.2 OPEX- X_{GEN}

Der Vorschlag eines OPEX- X_{GEN} wurde von der BNetzA im Eckpunktepapier zum X_{GEN} ⁴³ diskutiert. Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

⁴² BNetzA (2025a), Punkt 4.3 und 4.4

⁴³ BNetzA 2024

- **Ermittlung:** Bestimmung des X_{GEN} auf Basis der OPEX mittels der bisherigen Malmquist-Methode anhand der Daten der Basisjahre und der Effizienzmodelle der individuellen Effizienzvergleiche.
- **Prognose:** Lineare Fortschreibung des ermittelten durchschnittlichen Wertes von X_{GEN} aus den Basisjahren für die Jahre der kommenden Regulierungsperiode.
- **Anwendung:** Anwendung der VPI- X_{GEN} -Anpassung auf den OPEX des Basisjahres.
- **Mengenentwicklung:** Durch den Anpassungsmechanismus VPI- X_{GEN} werden Mengenveränderungen während der Regulierungsperiode nicht direkt in der Bestimmung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt. Es ist aber für die RP 5 eine separate Berücksichtigung der Mengenänderungen über BASE vorgesehen.
- **Volatile Kosten:** Die volatilen Kosten des Basisjahres (Teil der OPEX im Basisjahr) werden durch den Anpassungsmechanismus auf den OPEX des Basisjahres angepasst. Da jährlich eine Anpassung der volatilen Kosten an die Preisentwicklung erfolgt (VK_t) werden die um VPI- X_{GEN} angepassten VK_0 wieder abgezogen, damit keine doppelte Preisanpassung vorliegt.

Formel 2: Umsetzung Vorschlag OPEX- X_{GEN}

$$EOG_t = (CAPEX_0 - KK_{ab_t} + KK_{auf_t}) + OPEX_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - X_{GEN} \right) + VK_t - VK_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - X_{GEN} \right)$$

7.2.3 Modifizierter TOTEX- X_{GEN}

Der Vorschlag eines modifizierten X_{GEN} wurde von der BNetzA in ihrem Eckpunktepapier zum X_{GEN} ⁴⁴ diskutiert. Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

- **Ermittlung:** Bestimmung des X_{GEN} auf Basis der TOTEX und sTOTEX mittels der bisherigen Malmquist-Methode mit den Daten der Basisjahre und den Effizienzmodellen der individuellen Effizienzvergleiche.
- **Prognose:** Lineare Fortschreibung des ermittelten durchschnittlichen Wertes von X_{GEN} aus den Basisjahren für die Jahre der kommenden Regulierungsperiode.
- **Anwendung:** Anwendung der VPI- X_{GEN} -Anpassung auf CAPEX zu Preisen des Basisjahres sowie auf die OPEX des Basisjahres, korrigiert um die volatilen Kosten. aus dem Basisjahr.
- **Mengenentwicklung:** Durch den Anpassungsmechanismus VPI- X_{GEN} werden Mengenveränderungen während der Regulierungsperiode nicht direkt in der Bestimmung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt. Es ist aber für die RP 5 eine separate Berücksichtigung der Mengenänderungen über BASE vorgesehen.
- **Volatile Kosten:** Die volatilen Kosten des Basisjahres werden von den entsprechenden OPEX abgezogen und nicht der Anpassung VPI- X_{GEN} unterzogen. Die volatilen Kosten des laufenden Jahres der Regulierungsperiode werden - wie der Kapitalkostenaufschlag - zur EOG addiert.

⁴⁴ BNetzA 2024

Formel 3: Umsetzung Vorschlag Modifizierter- X_{GEN}

$$EOG_t = \left(\frac{CAPEX_0 + KKab_t}{Deflator_t} + OPEX_0 - VK_0 \right) \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - X_{GEN} \right) + KKauf_t + VK_t$$

7.2.4 Realer TOTEX- X_{GEN}

Dieser Vorschlag wurde im Rahmen der Ausschreibung des Gutachtens der BNetzA zum zukünftigen X_{GEN} kurz skizziert. Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

- **Ermittlung:** Bestimmung des X_{GEN} auf Basis der realen TOTEX und realen sTOTEX mittels der bisherigen Malmquist-Methode mit den deflationierten Daten der Basisjahre und den Effizienzmodellen der individuellen Effizienzvergleiche.
- **Prognose:** Lineare Fortschreibung des ermittelten durchschnittlichen Wertes von X_{GEN} aus den Basisjahren für die Jahre der kommenden Regulierungsperiode.
- **Anwendung:** Anwendung der VPI- X_{GEN} -Anpassung auf den OPEX des Basisjahres.
- **Mengenentwicklung:** Durch den Anpassungsmechanismus VPI- X_{GEN} werden Mengenveränderungen während der Regulierungsperiode nicht direkt in der Bestimmung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt. Es ist aber für die RP 5 eine separate Berücksichtigung der Mengenänderungen über BASE vorgesehen.
- **Volatile Kosten:** Die volatilen Kosten des Basisjahres (Teil der OPEX im Basisjahr) werden durch den Anpassungsmechanismus auf den OPEX des Basisjahres angepasst. Da jährlich eine Anpassung der volatilen Kosten um die Preisentwicklung erfolgt (VK_t) werden die um VPI- X_{GEN} angepassten VK_0 wieder abgezogen, damit keine doppelte Preisanpassung vorliegt.

Formel 4: Umsetzung⁴⁵ Vorschlag Realer TOTEX- X_{GEN}

$$EOG_t = (CAPEX_0 - KKab_t + KKauf_t) + OPEX_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - \Delta TFP \right) + VK_t - VK_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} - \Delta TFP \right)$$

7.2.5 OPEX Inflator

Dieser Vorschlag wurde von der BNetzA im Eckpunktepapier⁴⁶ zum X_{GEN} diskutiert. Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

- **Ermittlung:** Es wird kein X_{GEN} ermittelt.
- **Prognose:** Es wird keine Prognose benötigt.
- **Anwendung:** Es findet keine Anwendung des X_{GEN} statt.

⁴⁵ Die in den Formeln zur Beschreibung der Vorschläge verwendete Δ -Notation wurde zur Konsistenz mit der BNetzA-Notation gewählt. In der Regel steht ein Delta (Δ) jedoch für eine Veränderung, wobei hier prozentuale Änderungsraten der Variablen beschrieben werden. ΔTFP steht also für die jährliche prozentuale Veränderung der Produktivität.

⁴⁶ BNetzA 2024

- **Mengenentwicklung:** Durch die einzelnen OPEX-Positionen aus dem Basisjahr werden Mengenveränderungen während der Regulierungsperiode nicht direkt in der Bestimmung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt. Es ist aber für die RP 5 eine separate Berücksichtigung der Mengenänderungen über BASE vorgesehen.
- **Volatilen Kosten:** Werden nicht explizit genannt, werden aber als ein Bestandteil der OPEX ebenfalls regelmäßig aktualisiert.

Formel 5: Umsetzung Vorschlag Opex Inflator

$$EOG_t = CAPEX_0 - KKab_t + KKauf_t + OPEX_{rest,0} + OPEX_{a,0} \cdot (Preisindex_{a,t} - 1) + OPEX_{b,0} \cdot (Preisindex_{b,0} - 1) + OPEX_{x,0} \cdot (Preisindex_{x,t} - 1)$$

7.2.6 Historischer OPEX- X_{GEN}

Dieser Vorschlag wurde von den NetzeBW⁴⁷ in die Diskussion eingebracht. Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

- **Ermittlung:** Es wird kein X_{GEN} ermittelt.
- **Prognose:** Fortschreibung der historischen OPEX der Branche.
- **Anwendung:** Der Korrekturfaktor (VPI-OPEX) erfolgt mittels den OPEX des Basisjahres.
- **Mengenentwicklung:** Durch die Fortschreibung der historischen OPEX wird das vergangene Mengenwachstum direkt bei der Ermittlung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt, indem die vergangenen Mengenveränderungen (analog zu den vergangenen Inputpreis- und Produktivitätsveränderungen) linear in die Zukunft fortgeschrieben werden.
- **Volatile Kosten:** Es wird unterstellt, dass die volatilen Kosten (VK_0) im Vorhinein aus den OPEX des Basisjahres kalkuliert werden. Dadurch entfällt eine Anpassung des Terms ($VK_t - VK_0$).

Formel 6: Umsetzung Vorschlag Historischer OPEX- X_{GEN}

$$EOG_{CAPEX,t} = CAPEX_0 - KKab_t + KKauf_t$$

$$EOG_{OPEX,t} = (EOG_{OPEX,t-1} - VK_0) \cdot \left(\frac{VPI_t}{VPI_{t-1}} - (\Delta VPI_{langfr} - \Delta OPEX_{Netz}) \right) + (VK_t - VK_0)$$

$$EOG_t = EOG_{CAPEX,t} + EOG_{OPEX,t}$$

7.2.7 $X_{GEN} = 0$

Dieser Vorschlag wurde von E.ON⁴⁸ in die Diskussion eingebracht. Vereinfacht werden für die Beurteilung folgende Umsetzungselemente unterstellt:

- **Ermittlung:** Es wird kein X_{GEN} ermittelt.
- **Prognose:** Es wird keine Fortschreibung benötigt.
- **Anwendung:** Anwendung der VPI-Anpassung auf den OPEX des Basisjahres.

⁴⁷ NetzeBW, 2024 und Pfrommer/Kanberger (2023)

⁴⁸ E.ON 2024

- **Mengenentwicklung:** Durch den VPI als Anpassungsmechanismus werden Mengenveränderungen während der Regulierungsperiode nicht direkt in der Bestimmung des Produktivitätsfaktors berücksichtigt. Es ist aber für die RP 5 eine separate Berücksichtigung der Mengenänderungen über BASE vorgesehen.
- **Volatile Kosten:** Die volatilen Kosten des Basisjahres (Teil der OPEX im Basisjahr) werden durch den Anpassungsmechanismus auf den OPEX des Basisjahres angepasst. Da jährlich eine Anpassung der volatilen Kosten um die Preisentwicklung erfolgt (VK_t) werden die um VPI- X_{GEN} angepassten VK_0 wieder abgezogen, damit keine doppelte Preisanpassung vorliegt.

Formel 7: Umsetzung Vorschlag $X_{GEN} = 0$

$$EOG_t = (CAPEX_0 - KK_{ab_t} + KK_{auf_t}) + OPEX_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} \right) + VK_t - VK_0 \cdot \prod_{i=1}^t \left(\frac{VPI_i}{VPI_{i-1}} \right)$$

8 Mikroökonomische Grundlagen und Beurteilungskriterien

Damit wir die zur Diskussion stehenden Anpassungen bei der Bestimmung des Produktivitätsfaktors und dessen Anwendung im Rahmen der Erlösobergrenzenregulierung in einem konsistenten Rahmen einordnen können, erarbeiten wir einen möglichst einfachen mikroökonomischen Modellrahmen.

Um den Fokus auf die Eigenheiten der Vorschläge zur Bestimmung des X_{GEN} zu legen, nehmen wir vereinfachend an, dass sich der VPI nicht verändert. Wie bereits in Abschnitt 3 gezeigt, vereinfacht sich der X_{GEN} unter dieser Annahme zu $X_{GEN} = -(dIPI^E/IPI^E - dA^E/A^E)$ und die Erlösobergrenzenformel (EOG) kann vereinfacht

$$EOG_t = EOG_{t-1} \cdot \left(1 + \frac{dIPI^E}{IPI^E} - \frac{dA^E}{A^E}\right) = \text{Kosten}_{\text{Basisjahr}} \cdot \left(1 + \frac{dIPI^E}{IPI^E} - \frac{dA^E}{A^E}\right)^t$$

mit $EOG_0 = \text{Kosten}_{\text{Basisjahr}}$ geschrieben werden. Wie zuvor steht IPI^E für den Inputpreisindex der Netzwirtschaft und A^E für die Produktivität der Netzwirtschaft. Die Brüche in den Klammern bezeichnen die prozentualen Veränderungen der jeweiligen Größen.

Die in Abschnitt 7.2 vorgestellten Vorschläge zur Ermittlung des X_{GEN} stellen auf unterschiedliche Kostenkonzepte und unterschiedlich bestimmte zeitliche Veränderungsfaktoren (also die Klammerausdrücke oben) der EOG ab. Für die Untersuchung der Auswirkungen dieser Vorschläge auf die Anwendung in der EOG ist die Residualbetrachtung nicht zentral. Die Annahme eines konstanten VPI erlaubt es uns, die EOG-Formel auf das wesentliche zu reduzieren.⁴⁹

Der Veränderungsfaktor in der Klammer leitet sich aus der Veränderung der Kosten über die Zeit ab (vgl. Abschnitt 3). Der minimale mikroökonomische Modellrahmen leitet diese Veränderung der Kosten konsistent her und erlaubt eine systematische Einordnung der Vorschläge. Tabelle 3 fasst die Erkenntnisse der Analyse zusammen.

⁴⁹ Wir abstrahieren ebenfalls vom t-2-Zeitverzug. In unserem Analyserahmen folgt die erste Regulierungsperiode unmittelbar auf das Basisjahr.

Tabelle 3 Zusammenfassung der Wirkungen der Varianten

Bezeichnung	Bestimmung	Anwenden auf	$EOG_t =$	Mengen	Preise	TFP	Ineff.
Referenz	MQ mit nominalen TOTEX	TOTEX	$TOTEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{TX}^E}{IPI_{TX}^E} - \frac{dA^E}{A^E}\right)^t$	*	✓	✓	✓
TOTEX-X _{GEN}	MQ mit nominalen TOTEX	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{TX}^E}{IPI_{TX}^E} - \frac{dA^E}{A^E}\right)^t$	*	*	(✓)	✓
OPEX-X _{GEN}	MQ mit nominalen OPEX	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{OX}^E}{IPI_{OX}^E} - \frac{dA_{OX}^E}{A_{OX}^E}\right)^t$	*	✓	✓	✓
Modifizierter-X _{GEN}	MQ mit nominalen TOTEX	Modifizierte TOTEX	$\left(\frac{CAPEX_t}{Deflator} + OPEX_0\right) \cdot \left(1 + \frac{dIPI_{TX}^E}{IPI_{TX}^E} - \frac{dA^E}{A^E}\right)^t$	*	(✓)	✓	✓
Realer TOTEX-X _{GEN}	MQ mit realen TOTEX	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + IPI(?) - \frac{dA^E}{A^E}\right)^t$	*	??	(✓)	✓
Hist. OPEX-X _{GEN}	OPEX-Veränderung	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_0 \cdot \left(1 + \frac{dy}{y} + \frac{dIPI_{OX}^E}{IPI_{OX}^E} - \frac{dA_{OX}^E}{A_{OX}^E} + \frac{dv}{1-v}\right)^t$	✓	✓	✓	*
Xgen=0	keine	OPEX	$CAPEX_t + OPEX_{t-1}$	*	(*)	(*)	✓

MQ = Malmquist, IPI = Inputpreisindex, A= Produktivität, E = Netzwirtschaft, TX = TOTEX, OX = OPEX

Die Tabelle zeigt die vereinfachte EOG-Formel für jede vorgeschlagene Variante. Dabei wurde unterstellt, dass sich der VPI nicht ändert (dVPI=0), um das Augenmerk auf die Einflussfaktoren (vier letzte Spalten) der Kosten zu legen und um sichtbar zu machen, welche dieser Faktoren bei den jeweiligen Ansätzen theoretisch berücksichtigt werden können. Ob der Ansatz tatsächlich praktikabel ist, wird hier nicht beurteilt. Zusätzlich ist anzumerken, dass sowohl beim modifizierten XGEN also auch beim realen TOTEX-XGEN die Bestimmung des Deflators herausfordernd ist und beim realen TOTEX-XGEN zu dem unklar bleibt, wie der Inputpreisindex (IPI) zu bestimmen ist.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1 Minimaler Modellrahmen

Wir gehen gemäß der Produktionstheorie davon aus, dass ein Unternehmen einen Output (y) mit den beiden Inputs Kapital (K) und Arbeit (L) herstellt. Um die Betrachtung möglichst einfach zu halten, gehen wir von einem einzigen Kapitalgut, einem Arbeitstyp und einem Output aus. Der Zusammenhang zwischen Input und Output sei durch die Produktionsfunktion $y = F(K, L, A, v)$ gegeben, wobei A für die Produktivität und v für die individuelle Ineffizienz steht (v = 1 bedeutet vollkommen effizient und v = 0 bedeutet 100% effizient).

Annahme: Die Produktivität (und die individuelle Ineffizienz) ist Hicks-neutral. Das bedeutet, dass sich technischer Fortschritt bzw. Produktivität (A) proportional auf den Output auswirkt, ohne das Verhältnis von Kapital und Arbeit in der Produktion zu verändern. Die Produktionsfunktion kann somit geschrieben werden als:

$$F(K, L, A) = A \cdot (1 - v) \cdot f(K, L)$$

Annahme: Die Produktionsfunktion weist konstante Skalenerträge auf. Das bedeutet, dass eine proportionale Erhöhung aller Produktionsfaktoren (z. B. Verdopplung von Kapital und Arbeit) zu einer proportionalen Erhöhung des Outputs führt (ebenfalls Verdopplung des Outputs).

Die Kosten betragen $w \cdot L + r \cdot K$, wobei r für den Preis des Kapitals (Zinssatz) und w für den Preis der Arbeit (Lohn) steht. Die Kostenfunktion, ergibt sich aus der Minimierung dieser Kosten unter der Nebenbedingung, dass die Unternehmung die Outputmenge y produziert. Die Kostenfunktion lautet:

$$C(w, r, y, A) = \frac{y}{(1 - v) \cdot A} \cdot c(w, r)$$

Wobei $c(w, r)$ für die Einheitskostenfunktion steht. Das sind die Kosten, die bei gegebenen Faktorpreisen entstehen, um eine Einheit Output zu erzeugen. Die Nachfrage nach Arbeit und Kapital sind:

- $L^*(w, r, A, v)$ ist die Arbeitsmenge, die bei einem Lohn w , Kapitalpreis r und Produktivität A zur Produktion von einer Einheit y notwendig ist.
- $K^*(w, r, A, v)$ ist die Menge Kapital, die bei einem Lohn w , Kapitalpreis r und Produktivität A zur Produktion von einer Einheit y notwendig ist.

Damit kann die Kostenfunktion auch geschrieben werden als

$$C(w, r, y, A, v) = y \cdot [w \cdot L^*(w, r, A, v) + r \cdot K^*(w, r, A, v)]$$

Im Rahmen der Bestimmung des Produktivitätsfaktors ist die Entwicklung der Kosten über die Zeit t relevant. Da sich alle Faktorpreise, die Outputmenge und die Produktivität über die Zeit verändern können, sind diese Terme alle als Funktion der Zeit zu verstehen. Die gesamte Veränderung der Kosten über die Zeit beträgt:

$$\frac{dC}{C} = \frac{dy}{y} + s_L \cdot \frac{dw}{w} + s_K \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A} + \frac{dv}{1 - v}$$

Die Veränderung der Kosten setzt sich somit zusammen aus:

- Der Veränderung der Outputmenge (dy/y)
- Die gewichtete Veränderung der Inputpreise ergibt sich, indem die einzelnen Inputpreisveränderungen mit dem Kostenanteil des jeweiligen Inputs gewichtet werden. So wird die Veränderung der Löhne (dw/w) mit dem Anteil der Lohnkosten an den gesamten Kosten gewichtet, und die Änderung des Preises für Kapital (dr/r) mit dem Anteil der Kapitalkosten. ($s_L = \frac{w \cdot L}{C}$ und $s_K = \frac{r \cdot K}{C}$ mit $s_K + s_L = 1$).
- Der Veränderung der Produktivität: (dA/A) Da eine zunehmende Produktivität (steigendes A), ceteris paribus, geringere Kosten verursacht, geht dieser Term negativ in die Veränderung der Kosten ein.
- Der Veränderung der unternehmensindividuellen Ineffizienz ($dv/(1 - v)$).

8.2 Zusammenhang mit TOTEX, OPEX und CAPEX

In der künftigen Erlösbergrenzenformel wird, je nach vorgeschlagener Methode, zwischen TOTEX, CAPEX und OPEX unterschieden. Der Zusammenhang zum oben hergeleiteten Modellrahmen ist:

- $CAPEX = y \cdot r \cdot K^*(w, r, A, v)$
- $OPEX = y \cdot w \cdot L^*(w, r, A, v)$
- $TOTEX = C(w, r, y, A, v) = y \cdot w \cdot L^*(w, r, A, v) + y \cdot r \cdot K^*(w, r, A, v) = OPEX + CAPEX$

Die Erlösobergrenzenformel beinhaltet zusätzliche Einflussfaktoren, die wir hier ausblenden, weil sie für unsere folgenden Analysen nicht zentral sind.

Annahme: Vereinfachung der Erlösobergrenze:

- Keine dauerhaft nicht beeinflussbaren Kosten
- Keine individuelle Ineffizienz
- Kein Effizienzbonus
- Kein Qualitätselement

8.3 Drei Zeitpunkte

Wir nehmen an, dass es drei Zeitpunkte gibt: -1, 0 und 1. Der Zeitpunkt $t=0$ entspricht dem Basisjahr. Für die Vorgabe der zulässigen Kostenentwicklung vom Basisjahr zum ersten Regulierungsjahr $t=1$ wird die vergangene Kostenentwicklung vom Jahr $t-1$ zum Basisjahr betrachtet.

Diese zeitliche Struktur ist eine vereinfachende Anlehnung an die tatsächliche Erlösobergrenzenregulierung. Durch die Reduktion auf die minimal notwendigen drei Zeitpunkte und das Ausblenden des Zeitverzugs zwischen Basisjahr und Regulierungsperiode können wir die folgenden Betrachtungen auf die wesentlichen Punkte fokussieren.

8.4 Erlösobergrenze

Der Outputpreis sei p , womit der Erlös (E) des Unternehmens durch $E = p \cdot y$ gegeben ist. Die Erlösobergrenzenregulierung soll sicherstellen, dass die maximalen Erlöse der Netzbetreiber den effizienten Kosten der Netzbetreiber entsprechen (vgl. Abschnitt 3). Daraus folgt, dass die Outputpreise (p) den effizienten Durchschnittskosten ($c(w, r)/A$) entsprechen müssen, sodass die maximal zulässigen Erlöse in der ersten Regulierungsperiode (E_1) den effizienten TOTEX der ersten Regulierungsperiode ($TOTEX_1$) entsprechen, und gilt:

$$p \cdot y = \frac{c(w, r)}{A} \cdot y \Leftrightarrow E_1 = TOTEX_1$$

Annahme: Da unser Modellrahmen primär der Beurteilung der Xgen-Vorgaben dient, nehmen wir an, dass keine unternehmensindividuelle Ineffizienz besteht ($v = 0$ und dementsprechend auch $dv = 0$). Alternativ kann man annehmen, dass die Vorgabe zum Abbau einer allfällig bestehenden Ineffizienz optimal umgesetzt werden kann, sodass am Ende der ersten Regulierungsperiode keine Ineffizienz mehr besteht.

Zur Bestimmung der Kosten im ersten Regulierungsjahr ($t=1$), nimmt die Anreizregulierung die Kosten aus dem Basisjahr ($t=0$) und schreibt diese mit der «zulässigen» Veränderungen der Kosten zwischen Jahr $t=-1$ und Basisjahr ($t=0$) fort.

Die Veränderung der TOTEX von $t=-1$ zu $t=0$ beträgt:

$$\frac{TOTEX_0 - TOTEX_{-1}}{TOTEX_{-1}} \approx \frac{dC}{C}$$

Unter der Annahme, dass sich die Veränderungsraten der einzelnen Parameter der Kostenfunktion im Zeitverlauf nicht ändern, können die Veränderungen zwischen $t=-1$ und $t=0$ auf die Kosten des Basisjahres angewendet werden, um die Kosten des ersten Regulierungsjahres ($TOTEX_1$) zu erhalten. In diesem Fall gilt per Annahme:

$$\frac{TOTEX_1}{TOTEX_0} = \frac{TOTEX_0}{TOTEX_{-1}} = \text{konstant}$$

und somit folgt:

$$TOTEX_1 = \left(1 + \frac{TOTEX_0 - TOTEX_{-1}}{TOTEX_{-1}}\right) \cdot TOTEX_0 = \left(1 + \frac{dC}{C}\right) \cdot TOTEX_0$$

Der korrekte Aufschlag auf die TOTEX des Basisjahres ($TOTEX_0$) muss somit sämtliche Faktoren berücksichtigen, welche die Veränderung der gesamten Kosten des Netzbetreibers beeinflussen:

- Veränderung der Outputmenge
- Gewichtete Veränderung der Inputpreise
- Veränderung der Produktivität

8.5 Was misst der Malmquist-Frontiershift?

Die Malmquist-Methode, wie sie von der BNetzA angewendet wird, ist – vereinfacht gesprochen – eine Durchschnittsbildung aus den Frontier-Shifts gemäß SFA und DEA.

Sowohl in der DEA als auch in der SFA wird die zeitliche Entwicklung der Kosten unter Berücksichtigung der Outputmengen gemessen. Da beide Verfahren für die Outputmengen (und die individuelle Ineffizienz) kontrollieren, berücksichtigt die damit gemessene Veränderung der Kosten nur noch die Veränderung der Inputpreise und der Produktivität. Die Veränderung der Outputmengen wird durch den Malmquist-Frontiershift nicht abgebildet. In unserem Modellrahmen gilt somit:

$$FS_{Malmquist} = s_L \cdot \frac{dw}{w} + s_K \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A}$$

Daraus folgt, dass der Malmquist-Frontiershift die Veränderung der Kosten nicht korrekt misst:

$$\begin{aligned} TOTEX_1 &= \left(1 + \frac{dC}{C}\right) \cdot TOTEX_0 \\ &= \left(1 + \frac{dy}{y} + s_L \cdot \frac{dw}{w} + s_K \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A}\right) \cdot TOTEX_0 \neq (1 + FS_{Malmquist}) \cdot TOTEX_0 \end{aligned}$$

Erkenntnis: Die Mengenveränderung beeinflusst die Kostenänderung. Die Erlösbergrenze, die beabsichtigt, die Kosten aus dem Basisjahr den Entwicklungen über die Zeit anzupassen, muss deshalb zwingend auch die Mengenänderung berücksichtigen. Der Malmquist-Frontiershift berücksichtigt die Mengenänderung jedoch nicht direkt. Die Mengenveränderung muss über eine separate Komponente (z. B. BASE) berücksichtigt werden.

8.6 OPEX- oder TOTEX-Frontier-Shift

Bei den von der BNetzA vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung des Produktivitätsfaktors kommen unterschiedliche Kostenkonzepte zur Anwendung. Die Bestimmung erfolgt entweder durch die nominalen TOTEX oder die nominalen OPEX. Die Variante mit den realenTOTEX wird unten im Abschnitt Deflationierung diskutiert.

Wird der Malmquist-Frontiershift auf der Basis der nominalen TOTEX (FS_{TOTEX}) berechnet, so folgt:

$$FS_{TOTEX} = s_L \cdot \frac{dw}{w} + s_K \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A}$$

Betrachtet man anstelle der Veränderung der TOTEX, die Veränderung der OPEX, so erhält man:

$$\frac{dOPEX}{OPEX} = \frac{dy}{y} + (1 + \epsilon_w^l) \cdot \frac{dw}{w} + \epsilon_r^l \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A} + \frac{dv}{1-v}$$

Wobei $\epsilon_r^l = \frac{r \cdot \partial L^* / \partial r}{L^*}$ für die Kapitalpreiselastizität der Arbeitsnachfrage (Kreuzpreiselastizität) und $\epsilon_w^l = \frac{w \cdot \partial L^* / \partial w}{L^*}$ für die Lohnelastizität der Arbeitsnachfrage stehen. Wird der Malmquist-Frontier-Shift auf Basis der nominalen OPEX berechnet, ergibt sich somit:

$$FS_{OPEX} = (1 + \epsilon_w^l) \cdot \frac{dw}{w} + \epsilon_r^l \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A}$$

Selbst wenn man von der potenziellen Mengeveränderung absieht, also annimmt, dass $dy = 0$ gilt, so kommt es zu Verzerrungen, wenn man den auf der Basis der nominalen TOTEX berechneten Frontier-Shift auf die OPEX anwendet. Die korrekten OPEX im ersten Regulierungsjahr ($OPEX_1$) erhält man durch die Anwendung des OPEX-Frontier-Shifts auf die OPEX des Basisjahres ($OPEX_0$):

$$OPEX_1 \approx OPEX_0 \cdot (1 + FS_{OPEX}) = OPEX_0 \cdot \left(1 + (1 + \epsilon_w^l) \cdot \frac{dw}{w} + \epsilon_r^l \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A} \right)$$

Wendet man hingegen den TOTEX-Frontier-Shift auf die OPEX des Basisjahres an, so erhält man:

$$OPEX_0 \cdot (1 + FS_{TOTEX}) = OPEX_0 \cdot \left(1 + s_L \cdot \frac{dw}{w} + s_K \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A} \right) \neq OPEX_1$$

Die mittels TOTEX-Frontier-Shift hochgerechneten OPEX aus dem Basisjahr ($OPEX_0$) entsprechen somit im Allgemeinen nicht den korrekten OPEX der ersten Regulierungsperiode ($OPEX_1$).

Nur falls $s_L = 1 + \epsilon_w^l$ und $s_K = \epsilon_r^l$ gilt, entsprechen die mit dem TOTEX-Frontier-Shift hochgerechneten OPEX aus dem Basisjahr den korrekten OPEX der ersten Regulierungsperiode. Diese Bedingung ist nur bei einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion erfüllt. Wie der folgende Abschnitt zeigt, ist jedoch die Annahme einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion nicht gerechtfertigt.

Erkenntnis: Ist der technologische Fortschritt Hicks-neutral, so erfassen sowohl die Veränderung der OPEX als auch die Veränderung der TOTEX die Produktivitätsentwicklung korrekt. Der technologische Fortschritt (dA/A) wird somit bei beiden Kostenkonzepten korrekt berücksichtigt.

Erkenntnis: Die Inputpreisentwicklung der OPEX entspricht im Allgemeinen nicht der Inputpreisentwicklung der TOTEX. Nur für den unrealistischen Fall, dass die Produktionsfunktion

einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion entspricht, sind die Inputpreisentwicklungen identisch.

Erkenntnis: Der auf Basis der TOTEX berechnete Frontier Shift kann somit nicht auf die OPEX angewendet werden, wie die detailliertere Diskussion im folgenden Abschnitt zeigt.

Der TOTEX-Frontier-Shift kann nicht auf die OPEX angewendet werden

Die Inputpreisentwicklung der OPEX entspricht im Allgemeinen nicht der Inputpreisentwicklung der TOTEX. Zur Veranschaulichung, welche unterschiedlichen Inputpreisentwicklungen bei der Verwendung der TOTEX im Vergleich zur Verwendung der OPEX gemessen werden, unterstellen wir für

$$F(K, L, A) = A \cdot (1 - v) \cdot f(K, L)$$

die in der Literatur übliche CES-Produktionsfunktion:

$$f(K, L) = [\alpha K^\rho + (1 - \alpha)L^\rho]^{\frac{1}{\rho}}$$

mit $0 < \alpha < 1$, $\rho \leq 1$ und $\rho \neq 0$. Daraus folgt für die Einheitskostenfunktion:

$$c(w, r) = [\alpha^\sigma r^{1-\sigma} + (1 - \alpha)^\sigma w^{1-\sigma}]^{\frac{1}{1-\sigma}}$$

Wobei $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ gilt. Die Einheits-Faktorpreisnachfragen sind gegeben durch:

$$L^*(w, r) = \left(\frac{1 - \alpha}{w}\right)^\sigma \cdot c(w, r)^\sigma$$

$$K^*(w, r) = \left(\frac{\alpha}{r}\right)^\sigma \cdot c(w, r)^\sigma$$

Die partiellen Ableitungen der Arbeitsnachfrage nach w und r sind:

$$\frac{\partial L^*(w, r)}{\partial w} = -\frac{\sigma \cdot s_K}{w} \cdot L^*(w, r)$$

und

$$\frac{\partial L^*(w, r)}{\partial r} = \frac{\sigma \cdot s_K}{r} \cdot L^*(w, r).$$

Daraus folgt für die Preiselastizität der Arbeitsnachfrage (ϵ_w^L):

$$\epsilon_w^L = -\sigma \cdot s_K$$

und für die Kapitalpreiselastizität der Arbeitsnachfrage (ϵ_r^L):

$$\epsilon_r^L = \sigma \cdot s_K.$$

Wir haben oben gezeigt, dass der auf Basis der nominalen TOTEX berechneten Frontier Shift gegeben ist durch:

$$FS_{TOTEX} = s_L \cdot \frac{dw}{w} + s_K \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A}$$

während für den auf Basis der nominalen OPEX berechneten Frontier Shift hingegen gilt:

$$FS_{OPEX} = (1 + \epsilon_w^L) \cdot \frac{dw}{w} + \epsilon_r^L \cdot \frac{dr}{r} - \frac{dA}{A}$$

Es wird deutlich, dass nur für den Grenzfall $\sigma = 1$ die beiden Frontier Shifts identisch sind, also $FS_{OPEX} = FS_{TOTEX}$, (beachte, dass $s_L + s_K = 1$). In der Regel kann der auf Basis der TOTEX gemessene Frontier-Shift somit nicht auf die OPEX angewendet werden.

Für die Beurteilung, ob die beiden Frontier-Shifts annähernd identisch sind, spielt σ eine zentrale Rolle. Dieser Parameter steht für die Substitutionselastizität zwischen Kapital und Arbeit. Es gelten folgende Aussagen:

- σ groß: Flache Isoquanten, hohe Austauschbarkeit. Schon kleine Preisänderungen veranlassen starke Substitution zwischen Arbeit und Kapital.
- $\sigma \rightarrow \infty$: Kapital und Arbeit sind perfekte Substitute.
- σ klein: stark gekrümmte Isoquanten, geringe Austauschbarkeit. Faktoren sind schwer zu substituieren, das Inputverhältnis zwischen Arbeit und Kapital (Produktionsstruktur) ist eher fix.
- $\sigma \rightarrow 0$: Leontief-Produktionsfunktion.
- Gilt $\sigma = 1$, so entspricht die CES-Produktionsfunktion der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion. Die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion ist somit nur dann eine gute Annäherung an die Realität, wenn σ «nahe bei null» ist.

Somit ist es grundsätzlich eine empirische Frage, ob $\sigma = 1$ gilt, also eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion unterstellt werden kann und damit angenommen werden darf, dass eine «genügend hohe» Substitutionselastizität zwischen Kapital und Arbeit besteht. Chirinko⁵⁰ geht dieser Frage nach und kommt zum Schluss, dass die Schätzungen für σ zwar eine große Bandbreite aufweisen, dass aber die Evidenz schwergewichtig darauf hindeutet, dass «a value of σ in the range of 0.40–0.60» plausibel sei. Es gäbe insbesondere keine Evidenz dafür, dass die Annahme einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion gerechtfertigt sei: «The evidence rather strongly rejects the Cobb–Douglas assumption of σ equal to one. While convenient analytically, the Cobb–Douglas assumption is inappropriate empirically.»⁵¹

Diese Untersuchung beschäftigt sich zwar nicht spezifisch mit der Netzwirtschaft. Aufgrund der langfristigen Investitionen im Energienetzsektor ist es jedoch sehr unplausibel, dass gerade dieser Sektor ein unüblich hohes σ aufweisen sollte. Insbesondere in der für die Regulierungsperioden relevanten kurzen Frist ist vielmehr davon auszugehen, dass die Substitutionselastizität zwischen Kapital und Arbeit besonders niedrig ist.

8.7 Deflationierung der TOTEX

Die BNetzA schlägt auch die Prüfung eines Xgen auf der Basis der deflationierten TOTEX vor. Gemäß unseren Annahmen gilt für die (nominalen) TOTEX folgender Zusammenhang:

$$TOTEX = \frac{y}{(1-v) \cdot A} \cdot c(w, r)$$

Eine Deflationierung der TOTEX zielt darauf ab, die Kosten, die eine Volumengröße (Preise * Menge) darstellen, in eine reine Mengengröße zu überführen. Die obige Formel macht deutlich, dass der theoretisch korrekte Deflator den Einheitskosten $c(w, r)$ entspricht:

⁵⁰ Chirinko (2008)

⁵¹ Chirinko (2008, S. 682f)

$$TOTEX_{real} = \frac{TOTEX}{c(w, r)} = \frac{y}{(1 - v) \cdot A}$$

Eine Veränderung der realen TOTEX entspricht somit:

$$\frac{dTOTEX_{real}}{TOTEX_{real}} = \frac{dy}{y} - \frac{dA}{A} + \frac{dv}{1 - v}.$$

Erkenntnis: Unter der Annahme, dass sich die Outputmengen und die Ineffizienz nicht verändern ($dy = 0$ und $dv = 0$) folgt, dass die Veränderung der korrekt deflationierten nominalen TOTEX dem Produktivitätsfortschritt (dA/A) entspricht. Insbesondere misst der Malmquist-Frontier-Shift, der für Mengenveränderungen und für die individuelle Ineffizienz kontrolliert, unter Verwendung der korrekt deflationierten TOTEX die Veränderung der totalen Faktorproduktivität (TFP).

Erkenntnis: Der korrekte Deflator entspricht der Einheitskostenfunktion, die von der Produktionstechnologie und den Faktorpreisen abhängt. Der Deflator muss also eine Funktion der Preise, der in die Produktion der Netzbetriebe einfließenden Arbeits- und Kapitalmengen sein. Somit ist es falsch, den VPI, der ein Maß für die Verbraucherpreise in Deutschland ist, als TOTEX-Deflator zu verwenden.

8.8 Weitere Beurteilungskriterien

Neben dem mikroökonomischen Beurteilungsrahmen werden nachfolgend noch weitere Kriterien für die Bewertung der Vorschläge herangezogen. Dabei stehen Kriterien im Fokus, die in Abhängigkeit des jeweiligen Vorschlags berücksichtigt werden sollten und eher qualitativer Natur sind. Unabhängig des eingesetzten Verfahrens zur Bestimmung der X_{GEN} -Vorgabe ist zudem das Thema Zeitverzug zu adressieren.

Methodenabhängig Kriterien

- Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.).
- Anreizwirkung (z. B. OPEX/CAPEX, Transformation etc.).
- Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen wie die verwendete Preisindizes (Inputpreise, Deflatoren, VPI etc.).

9 Beurteilung

Im Folgenden werden zum einen die Aspekte beurteilt, die unabhängig der konkreten Vorschläge zur Berücksichtigung der Produktivitätsentwicklung in der Regulierungsformel von Bedeutung sind (Abschnitt 9.1). Anschließend werden die in Abschnitt 7.2 vorgestellten Vorschläge einer Beurteilung unterzogen (Abschnitt 9.2).

9.1 Vorschlagsunabhängige Aspekte der X_{GEN} -Festlegung

9.1.1 Anpassung des Zeitverzugs

Aktuell– und auch in der geplanten RAMEN-Festlegung⁵²– wird bei der Inflationierung der Kosten weiterhin auf den Verbraucherpreisindex (VPI) des vorletzten Kalenderjahres vor dem jeweiligen Jahr in der Regulierungsperiode zurückgegriffen. Damit wird der bisherige t-2-Zeitverzug beibehalten. Konkret bedeutet dies, dass das aktuelle Regulierungsmodell ein strukturelles Problem aufweist: Die für die Bestimmung der zulässigen Netzentgelte zugrunde gelegten Betriebskosten werden mit einem systematischen Zeitverzug von zwei Jahren inflationsangepasst. Das bedeutet, dass in der jeweiligen Regulierungsperiode nicht die tatsächlichen, aktuellen Betriebskosten berücksichtigt werden, sondern nur solche, die um zwei Jahre «veraltet» sind. Selbstverständlich gilt dieser Zeitverzug auch für die Anpassung des X_{GEN} . Solange der Korrekturfaktor $\text{VPI}-X_{\text{GEN}}$ positiv ist, führt dieser Zweijahresverzug zu einer dauerhaften und systematischen Unterdeckung der tatsächlichen Kosten der Netzbetreiber. Für jedes Jahr der Regulierungsperiode wiederholt sich dieses Muster.

Den von der BNetzA aufgeführten Argumenten kann nicht gefolgt werden. Gemäß der BNetzA basiert das Regulierungssystem in Deutschland auf einem Basisjahr als repräsentativer Ausgangszustand. Daraus leitet sie ab, dass nicht nur der VPI, sondern auch der X_{GEN} und der Abbaupfad der Ineffizienzen im ersten Jahr der Regulierungsperiode starten. Dies führe dazu, dass das Ausgangsniveau zwei Jahre lang keiner Abbauvorgabe unterliegt. Bei einer Umstellung müsste somit aus Sicht der BNetzA bereits im Basisjahr mit dem Abbaupfad begonnen werden, da ansonsten eine Inkonsistenz entsteht. Darüber hinaus verweist die BNetzA darauf, dass ein Anstieg des VPI erst zeitversetzt zu einem Anstieg der realen Kosten bei den Netzbetreibern führe. Als Gründe werden Personalkosten oder Mietzinse etc. angeführt. Schließlich wird auch noch die Befürchtung geäußert, dass durch eine Beseitigung des Zeitverzugs verstärkte Anreize bestehen, den sogenannten Basisjahreffekt zu verstärken.⁵³

Dieser Argumentation kann nicht gefolgt werden. Zum einen ist darauf hinzuweisen, dass Daten zum VPI und X_{GEN} grundsätzlich vorliegen, die im Vergleich zum Basisjahr aktueller sind. Zum anderen ist die Verwendung aktueller Werte bei anderen Festlegungen, wie bei der Bestimmung des Törnqvist-Index ein von der BNetzA eingesetztes Verfahren. Sollten die aktuellen Daten jeweils zu Beginn des Regulierungsjahres noch nicht vorliegen, kann eine entsprechende Prognose zugrunde gelegt und ein Prognoseabgleich über das Regulierungskonto vorgenommen werden. Inflationsprognosen liegen von renommierten Institutionen jeweils vor. Ausschlaggebend ist aber vor allem die Tatsache, dass die Aussage, zwischen Basisjahr und Start der Regulierung existiere kein Abbaupfad, nicht stimmt. Auch in diesen Jahren finden die X_{IND} und X_{GEN} -Vorgaben aus der Vorperiode Anwendung. Insofern würde eine erneute Anpassung des bereits

⁵² BNetzA (2025c), S. 196ff

⁵³ BNetzA (2025c), S. 198

angepassten X_{IND} vor dem Beginn der Regulierungsperiode zu einer doppelten Anpassung führen. Auch dem Argument des Zeitverzugs kann nicht gefolgt werden. Der VPI ist ein vergangenheitsbasiertes Konzept, bei dem die Preise eines vergangenen Warenkorbs betrachtet werden. Diese Preissteigerungen haben bereits stattgefunden. Zudem spiegelt der VPI die Outputpreise der Gesamtwirtschaft wider, weshalb die BNetzA ja auch argumentiert, dass der VPI im Rahmen der Residualmethode die Differenz zwischen gesamtwirtschaftlicher Inputpreis- und Produktivitätsentwicklung abbildet. Die in die Betriebskosten einfließenden Veränderungen der Vorleistungspreise sind somit der gesamtwirtschaftlichen Outputpreisentwicklung vorgelagert und nicht, wie die BNetzA behauptet, nachgelagert. Auch der Verweis, dass einige Kostenbestandteile der Netzbetreiber an die Entwicklung des VPI indexiert sind (Personal- und Mietkosten), greift zu kurz. Die Kosten eines Netzbetreibers setzen sich bei weitem nicht nur aus Personalkosten und Mietzinsen zusammen. Bei den übrigen Kostenpositionen dürften die Preisveränderungen wie geschildert sogar der VPI-Entwicklung vorauslaufen.

9.1.2 Methodenwahl

Die Vorgabe eines generellen sektoralen Produktivitätsfaktors setzt die Verwendung eines X_{GEN} nicht voraus. Der Produktivitätsfaktor kann zwar in Form eines X_{GEN} als Differenz zwischen der Produktivitäts- und Inputpreisentwicklung in der regulierten Branche und jener der Gesamtwirtschaft umgesetzt werden. Grundsätzlich kann er aber auch direkt als Nettoeffekt zwischen der Inputpreis- und Produktivitätsentwicklung der Netzwirtschaft vorgegeben werden.

Unabhängig vom gewählten Vorgehen, bildet die vergangene Entwicklung die Grundlage für die zu treffende Vorgabe. Von einer Ermittlung der vergangenen Entwicklung sollte abgesehen werden, wenn diese nicht mehr geeignet ist, um damit die zukünftige Entwicklung zu prognostizieren (vgl. Abschnitt 6). Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn die vergangene Entwicklung aufgrund von Struktur- oder Trendbrüchen nicht mit der Entwicklung während des Prognosezeitraums vergleichbar ist.

Werden jedoch zur Bestimmung der zukünftigen Entwicklung des X_{GEN} vergangene Daten herangezogen, sind entsprechende Methoden einzusetzen. Wie in Abschnitt 5 aufgeführt, sind diese mit verschiedenen Vor- und Nachteilen verbunden. Die BNetzA⁵⁴ schlägt auf Basis des WIK-Gutachtens⁵⁵ in der Methodenfestlegung zum X_{GEN} vor, in Zukunft nur noch die sogenannte «Malmquist-Methode» gemäß der BNetzA-Umsetzung anzuwenden. Das bedeutet, dass als Grundlage der X_{GEN} -Berechnung die Methoden DEA und SFA aus den individuellen Effizienzvergleichen verwendet werden. Auf die Umsetzung der Törnqvist-Methode soll verzichtet werden. Als Gründe für diesen Verzicht wird einerseits auf den Umsetzungsaufwand der Datenerfassung bei den Netzbetreibern verwiesen. Zum anderen wird argumentiert, dass sich nach der Durchführung von vier Effizienzvergleichen die Datenqualität für die Malmquist-Methode deutlich verbessert hat und die methodischen Unsicherheiten reduziert werden konnte.⁵⁶

Aus unserer Sicht ist diese Fokussierung auf die Malmquist-Methode gemäß BNetzA-Umsetzung ist nicht sachgerecht. Die Ermittlung des Produktivitätsfaktors ist mit großen Unsicherheiten verbunden – besonders vor dem Hintergrund, dass für die zugrunde liegenden SFA-Schätzungen jeweils nur zwei Zeitperioden verwendet werden. Dies ist aus wissenschaftlicher Sicht sehr problematisch. Nicht zuletzt auch deshalb, weil es sich bei der Produktivität um eine Größe handelt, die nicht beobachtet (und somit nicht ex-post verglichen) werden kann.

⁵⁴ BNetzA (2025 d), S.2. Ziffer 2.4

⁵⁵ WIK (2025), S 38

⁵⁶ BNetzA (2025 d), S. 57ff

Diesen Unsicherheiten ist mit einer Methodenvielfalt zu begegnen, die die verschiedenen relevanten Kriterien wie Datenbedarf, Trennung, Frontier-Shift und Aufholeffekte, Berücksichtigung nichtlinearer Trends, Komplexität der Umsetzung, Transparenz und Nachvollziehbarkeit sowie Überprüfung der Ergebnisse (vgl. Abschnitt 5.5) so kombiniert, dass die Unsicherheiten bei der Ermittlung minimiert werden können. Eine Kombination von DEA und SFA, wie sie in der Malmquist-Umsetzung der BNetzA vorgesehen ist, wird einer Methodenpluralität jedoch nicht gerecht. Gerade vor dem Hintergrund des mit der Zeit abgenommenen Aufholeffekts (Anstieg der durchschnittlichen Effizienz in den individuellen Effizienzvergleichen) ist auch die Törnqvist-Methode als transparente, einfach umsetzbare und international oft eingesetzte Methode nicht a priori auszuschließen. Schließlich stellt das alleinige Abstützen auf individuelle Effizienzvergleiche, wie es bei der Malmquist-Methode vorgesehen ist, ein Risiko dar, da unklar ist, wie lange die bisherigen Effizienzvergleiche aufgrund der zunehmenden Heterogenität noch durchgeführt werden können. Im Hinblick auf eine moderne Anreizregulierung sollte sogar überlegt werden, ob nicht jährliche unternehmensspezifische Daten erhoben werden sollten, um eine Kostenfunktion mittels ökonomischer Methoden wie eine OLS-Regression mit Zeittrends zu schätzen.

9.1.3 Stützintervall

Bei der Ermittlung des Produktivitätsfaktors kommt der Wahl des Stützintervalls eine große Bedeutung zu. Dabei ist zwischen der Sampleperiode (Daten der Jahre, die für die Berechnung verwendet werden) und dem Stützintervall (Datenperiode, die für die Prognose der Produktivitätsentwicklung verwendet wird) zu unterscheiden. Gerade vor dem Hintergrund sich ändernder Produktivitätsentwicklungen ist die Länge des Stützintervalls zentral. Die bisherige Vorgehensweise der BNetzA, bei der das längste mögliche Stützintervall zugrunde gelegt wird, ist nicht mehr sachgerecht.

9.1.4 Prognoseerstellung

Nach der Ermittlung der vergangenen Produktivitätsentwicklung muss diese für den Prognosezeitraum prognostiziert werden. Hierzu ist es wichtig, bereits vor Beginn der neuen Berechnungen eine entsprechende Ex-post-Überprüfung der vergangenen Prognosevorgaben durchzuführen, was einem wissenschaftlichen Vorgehen entspricht. Nur durch eine intensive Auseinandersetzung mit den bisherigen Prognosen können methodische Anpassungen vorgenommen werden. Dadurch lassen sich veränderte Trends in den Daten berücksichtigen, was die Prognosegenauigkeit erhöht.

Neben der Prognoseüberprüfung spielt auch die Fortschreibung vergangener Entwicklungen eine wichtige Rolle. Gerade vor dem Hintergrund der anstehenden Transformation sind die zukünftigen Zusammenhänge zwischen Input und den Output nicht in zwingend mit den Zusammenhängen aus der Vergangenheit vergleichbar. Diesen sich verändernden Zusammenhängen kann durch Anpassung des Stützintervalls, durch unterschiedliche Gewichtung der Jahre im Stützintervall oder durch die Art der Modellierung (z.B. Berücksichtigung von Nicht-Linearitäten) Rechnung getragen werden. Die bisherige Vorgehensweise der BNetzA, bei der die durchschnittliche gemessene vergangene Entwicklung fortgeschrieben wird, entspricht einer rein linearen Fortschreibung und wird der aktuellen Situation der Netzwirtschaft nicht gerecht.

9.2 Bewertung der Vorschläge

Im Folgenden werden die in Abschnitt 7.2 diskutierten Ansätze beurteilt. Dabei werden zum einen die Erkenntnisse aus den mikroökonomischen Überlegungen und zum anderen weitere

Kriterien wie Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.), Anreizwirkung (z. B. OPEX/CAPEX, Transformation etc.) und Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen berücksichtigt.

9.2.1 TOTEX- X_{GEN}

Die Ermittlung des X_{GEN} auf der Grundlage der TOTEX und dessen Anwendung auf die OPEX ist nur dann zulässig, wenn sich die Arbeitsproduktivität und die Kapitalproduktivität mit der gleichen Rate ändern (Hicks-Neutralität) und die Inputpreisveränderung der CAPEX der Inputpreisveränderung der OPEX entspricht. Noch unwahrscheinlicher ist es, dass eine relativ hohe Substituierbarkeit zwischen CAPEX und OPEX während der Regulierungsperiode gilt (vgl. Abschnitt 8).⁵⁷ Erst wenn diese Annahmen erfüllt sind, kann der TOTEX- X_{GEN} den Verlauf der effizienten Betriebskosten abbilden, ohne dass es zu Verzerrungen kommt. Diese Voraussetzungen sind in der Realität jedoch nicht gegeben. So haben sich etwa die Arbeitskosten (OPEX-relevant) und die Eigenkapitalzinsen (CAPEX-relevant) in der Vergangenheit deutlich unterschiedlich entwickelt. Dies ist empirisch gut belegt und führt zu einer systematisch verzerrten X_{GEN} -Vorgabeinsbesondere zu einer zu hohen Anforderung im OPEX-Bereich. Die theoretische und empirische Analyse widerlegt somit die Behauptung der BNetzA, die Kritikpunkte am TOTEX- X_{GEN} handle seien lediglich ein theoretisches Szenario. Vielmehr zeigen die Erkenntnisse, dass die Annahmen des TOTEX-Ansatzes realitätsfern und ökonomisch nicht haltbar sind.

Sowohl die Gutachter⁵⁸ als auch die BNetzA⁵⁹ verweisen an verschiedenen Stellen darauf, dass der TOTEX- X_{GEN} vorteilhaft ist, da er den gesamten technischen Fortschritt offengelegt. Dadurch sei eine bessere Optimierung der Gesamtkosten möglich und die Netzbetreiber könnten ihre Aktivitäten zielgerichteter organisieren. Diese Argumente verkennen jedoch den Zusammenhang zwischen der Ermittlung und Anwendung eines X_{GEN} und der betriebswirtschaftlichen Logik. So ist es auch nicht verwunderlich, dass für den aufgestellten Zusammenhang auf keine wissenschaftliche Literatur verwiesen wird. Der Nutzen für die Netzbetreiber im Kontext betriebswirtschaftlicher Entscheidungen ist schon deshalb nicht gegeben, da es sich beim geplanten, zukünftigen X_{GEN} auf Basis der Malmquist-Methode um eine Verrechnung von Inputpreis- und Produktivitätsveränderungen handelt. Zudem zeigen die massiven Überschätzungen des X_{GEN} -Stroms für die 3. Regulierungsperiode, dass die Berechnungen nicht die «wahre» Entwicklung abbilden kann. Es ergibt für Netzbetreiber keinen Sinn, betriebswirtschaftliche Entscheidungen auf solch falschen Prognosen abzustützen.

Die Komplexität des Vorschlages hängt von der gewählten Methode zur Bestimmung des X_{GEN} und von der Verfügbarkeit der Datengrundlage ab. Die Wahl der Methode bestimmt auch die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse.

Da die Regulierungsformel die CAPEX (jährlicher Abgleich) und die OPEX (Budgetprinzip) unterschiedlich behandelt, besteht für die Netzbetreiber potentiell ein Anreiz, Kosten von den OPEX zu den CAPEX zu verlagern. Würde sich dieser Anreiz in Form von Cost-Shifting manifestieren, hätte dies ineffizient hohe CAPEX zur Folge, die auch in die Berechnung des TOTEX- X_{GEN} einfließen würden. Diesem Effekt wirkt unter anderem die Anwendung des X_{IND} auf den TOTEX entgegen.

Im Kontext des Regulierungsrahmens fällt auf, dass die beiden Korrekturgrößen X_{IND} und X_{GEN} unterschiedlich behandelt werden. Zwar wird zur Bestimmung beider Größen auf die TOTEX

⁵⁷ Vgl. Chirinko (2008) oder Gerchert et al. (2022)

⁵⁸ WIK (2025), S. 65

⁵⁹ BNetzA (2025d, S. 72, RZ 297)

abgestellt wird, doch erfolgt die Korrektur nur beim X_{IND} auf die TOTEX, beim X_{GEN} hingegen auf die OPEX. Dies führt dazu, dass der Ansatz des X_{IND} in der Regulierungslogik einheitlich eingesetzt wird, wohingegen beim X_{GEN} die angesprochenen Verzerrungen zu erwarten sind.

Schließlich ist zu beachten, dass dieser Vorschlag keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden kann. Sollte dies erforderlich sein, muss im Regulierungsrahmen ein zusätzliches Element berücksichtigt werden (z. B. analog des aktuell in Deutschland diskutierten BASE-Ansatzes).

Tabelle 4 Beurteilung TOTEX- X_{GEN}

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Der Vorschlag ist nur in unplausiblen Grenzfällen anwendbar. Grundsätzlich darf der TOTEX- X_{GEN} nicht auf die OPEX angewendet werden.
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Komplexität und Transparenz hängt von der Wahl der Methoden und der vorhandenen Datengrundlage ab.
Anreizwirkung	Aufgrund der unterschiedlichen Behandlung von CAPEX und OPEX in der Regulierungsformel könnte ein Anreiz zu einem Cost-Shifting bestehen. Diesem Effekt wirken jedoch die Anwendung des X_{IND} auf den TOTEX entgegen.
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Inkonsistenz zwischen Ermittlung und Anwendung von X_{IND} und X_{GEN} und zusätzliches Element notwendig, um die Veränderung der Versorgungsaufgabe abzubilden.

9.2.2 OPEX- X_{GEN}

Die Bestimmung des X_{GEN} auf Basis von OPEX-Daten und dessen Anwendung auf die OPEX führt nur dann nicht zu einer verzerrten Ermittlung, wenn keine Mengenveränderungen vorliegen, was für die Netzwirtschaft nicht realistisch ist. Insofern muss dieser Ansatz durch ein entsprechendes zusätzliches Instrument in der Regulierungsformel ergänzt werden, um die Veränderung der Versorgungsaufgabe zu berücksichtigen.

Die beim TOTEX- X_{GEN} aufgeführten weiteren Annahmen sind für den OPEX- X_{GEN} nichtrelevant.

Analog zum TOTEX- X_{GEN} hängt die Komplexität des Vorschlages von der gewählten Methode zur Bestimmung des X_{GEN} sowie von der Verfügbarkeit der Datengrundlage ab. Die Wahl der Methode beeinflusst auch die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse. Bei der Bestimmung und Anwendung des OPEX- X_{GEN} werden in beiden Fällen die OPEX als Grundlage verwendet. Dadurch fließen die CAPEX, die aufgrund des Kapitalkostenabgleichs tendenziell regulatorisch bevorteilt werden, nicht in die Berechnung ein. Dies dürfte dazu führen, dass beim OPEX- X_{GEN} im Vergleich zum TOTEX- X_{GEN} , eher der korrekte (und höhere) technologische Fortschritt gemessen wird.

Sowohl WIK⁶⁰ als auch die BNetzA⁶¹ thematisieren einen Substitutionseffekt. Darunter verstehen sie eine systematische Verlagerung der Kosten von den OPEX zu den CAPEX (oder umgekehrt).

Betrifft der Substitutionseffekt eine Verlagerung der OPEX zu den CAPEX, so unterstellt die BNetzA beim OPEX- X_{GEN} , dass die Netzbetreiber Anreize hätten, kapitalintensive Maßnahmen

⁶⁰ WIK (2025), S. 62/65

⁶¹ BNetzA (2025d), S. 72

OPEX-Optionen vorzuziehen. Dies liegt daran, dass die CAPEX über den jährlichen Kapitalkostenabgleich «durchgereicht» werden und die OPEX der VPI-Xgen-Anpassung unterliegen (Budgetprinzip). Zudem kann sich die BNetzA vorstellen, dass die Netzbetreiber die Vorgabe aktiv beeinflussen können, wenn eine genügend große Zahl von ihnen ein gleiches Verhaltensmuster aufweist. Zu diesen Punkten ist Folgendes festzuhalten: Sollte ein Anreiz zu vermehrt kapitallastigen Optionen vorliegen, ist dies grundsätzlich der Tatsache geschuldet, dass im aktuellen Regulierungssystem die Kapitalkosten einem Kapitalkostenabgleich und die OPEX einem Budgetansatz unterliegen. Diese Umstellung ist gerade vor dem Hintergrund der anstehenden Transformation mit den damit verbundenen hohen Investitionsvorhaben zielführend und wird auch von der BNetzA nicht infrage gestellt. Dazu kommt, dass auch im neuen Regulierungssystem vorgesehen ist, den individuellen Effizienzwert auf die CAPEX anzuwenden, wenngleich eine Senkung der CAPEX in der Realität nicht möglich ist. Bereits dieser Abschlag reduziert ein mögliches ineffizientes Verhalten in Bezug auf die CAPEX/OPEX-Aufteilung.

Wenn unter dem Substitutionseffekt die Verlagerung von CAPEX zu OPEX verstanden wird, unterstellt die BNetzA den Netzbetreibern, durch eine entsprechende Verlagerung der Kosten, den OPEX-Xgen «künstlich» nach unten zu drücken. Dies wäre möglich, wenn sich eine Vielzahl von Netzbetreiber so verhalten würde (kollusives Verhalten). Dies könnte auch in einem (relativen) Effizienzvergleich auch nicht mehr identifiziert werden. Auch diesem Vorwurf der BNetzA von einem «kollusiven» Verhalten der Netzbetreiber kann nicht gefolgt werden.

Wenn sich die Netzbetreiber auf ein ineffizientes CAPEX-OPEX-Verhältnis einigen würden, um damit den X_{GEN} zu ihrem Vorteil zu beeinflussen, hätte dies Auswirkungen auf die Anreize im individuellen Effizienzvergleich. Ausgehend von diesem kollusiven Verhalten hätte der einzelne Netzbetreiber nämlich Anreiz, von dem für ihn effizienten CAPEX-OPEX-Verhältnis abzuweichen. Dadurch könnte er seinen individuellen Effizienzwert erhöhen, ohne dabei den X_{GEN} -Wert wesentlich zu beeinflussen. Der individuelle Einfluss des Verhaltens eines Netzbetreibers auf den X_{GEN} ist weitaus geringer als sein Einfluss auf seinen X_{IND} . Eine Absprache unter den Netzbetreibern zur Beeinflussung des X_{GEN} wäre deshalb instabil. Zudem fehlt ein praktikabler Kontrollmechanismus zur Überwachung und Durchsetzung einer solchen Absprache, da sich ineffiziente von effizienten Kosten nicht verlässlich unterscheiden lassen. Ein koordiniertes Vorgehen ist daher weder rational noch praktisch umsetzbar.

Der OPEX- X_{GEN} wird als Differenz zwischen der VPI-Entwicklung und den auf OPEX-Basis bestimmten netzwirtschaftlichen Termen berechnet. Dies ist eine formale Inkonsistenz, die sich aus der Abstützung auf die Residualmethode ergibt. Dies entspricht nach unserem Verständnis dem von WIK und BNetzA angesprochenem «Mismatch» bzw. «Passgenauigkeit».⁶² Da jedoch in der EOG-Formel ebenfalls die jährliche Veränderung des VPI einfließt, kürzt sich diese Verzerrung raus. Insbesondere kommt es dann zu keiner Verzerrung, wenn sich die Unterschiede zwischen der VPI-Entwicklung und der Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen OPEX-Terme (Inputpreisentwicklung abzüglich technologischen Fortschritts) nicht verändern.

Die von den Netzbetreibern produzierten Outputs ändern sich nicht, wenn nur ein Teil der Gesamtkosten betrachtet. Dies ist insbesondere mikroökonomisch offensichtlich, da dieselben Outputs sowohl die TOTEX, OPEX und CAPEX bestimmen. Für die Umsetzung des OPEX- X_{GEN} können deshalb grundsätzlich dieselben Outputparameter verwendet werden, die auch für die Bestimmung des X_{IND} und der aktuell in Deutschland diskutierten Anpassung der Betriebskosten (BASE) verwendet werden. Dadurch kann auch eine Inkonsistenz zwischen der X_{GEN} - und X_{IND} -

⁶² WIK (2025), S.65, BNetzA (2025d), S. 72

Vorgabe verhindert werden. Dies wird auch durch die Gutachter bestätigt. Basierend auf entsprechenden Kostentreiberanalysen wurde die Eignung der Modellparameter des vierten Effizienzvergleichs für die Strom- und Gasverteilnetzbetreiber getestet, wenn anstelle der TOTEX die OPEX berücksichtigt werden⁶³. Deren Eignung bejahen die Gutachter grundsätzlich.

Schließlich ist zu beachten, dass dieser Vorschlag keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden kann. Ist dies notwendig, muss im Regulierungsrahmen ein zusätzliches Element berücksichtigt werden (z. B. analog des aktuell in Deutschland diskutierten BASE-Ansatzes). Von der grundsätzlichen Wirkung kann der OPEX- X_{GEN} auch durch den Vorschlag eines historischen X_{GEN} ersetzt werden.

Tabelle 5 Beurteilung OPEX- X_{GEN}

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Der Vorschlag führt zu keiner verzerrten Ermittlung des X_{GEN}
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Komplexität und Transparenz hängt von der Wahl der Methoden und der vorhandenen Datengrundlage ab.
Anreizwirkung	Der mögliche Anreiz, OPEX in CAPEX zu verlagern, führt nicht zu einer Verzerrung des gemessenen X_{GEN} , da dieser ausschließlich auf die OPEX abstützt. Das von WIK und der BNetzA unterstellte kollusive Verhalten ist nicht plausibel, besteht doch aufgrund der nicht Überprüfbarkeit und der großen Anzahl an Netzbetreibern eine Tendenz zu einem abweichenden Verhalten. Des Weiteren ist nicht zu erwarten, dass die Netzbetreiber ihre Geschäftsaktivitäten ändern, ob die Vorgabe (VPI- X_{GEN}) die gesamte Produktivität oder nur eine Teilproduktivität beinhaltet.
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Ermittlung und Anwendung innerhalb X_{GEN} und X_{IND} sind konsistent. Zur Ermittlung der beiden Größen sind die gleichen Outputparameter zu verwenden. X_{IND} führt zu einem Effizienzdruck bei den CAPEX, X_{GEN} nur bei den OPEX. Es ist ein zusätzliches Element notwendig, um die Veränderung der Versorgungsaufgabe abzubilden.

9.2.3 Modifizierter- X_{GEN}

Beim modifizierten X_{GEN} erfolgt sowohl die Bestimmung als auch die Anwendung auf den TOTEX. Insofern ist dieser Ansatz mit dem mikroökonomischen Modell konsistent. Durch den simultanen Kapitalkostenabgleich ergibt sich jedoch eine Inkonsistenz durch eine doppelte Produktivitätsvorgabe.

Problematisch ist, dass die CAPEX dem Budgetprinzip unterworfen sind. Hierzu müssen sie mit einem Deflator korrigiert werden. Die Identifikation eines geeigneten Deflators ist jedoch eine große Herausforderung. Dabei gibt es keinen Grund, den VPI als Deflator einzusetzen, da dieser bereits für die Outputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft verwendet wird, die offensichtlich kein Indikator für die CAPEX-Preisentwicklung von Netzbetreibern ist.

Bei der Umsetzung sind die gleichen Punkte zu berücksichtigen, die bereits beim TOTEX- X_{GEN} und dem OPEX- X_{GEN} relevant waren. Die Komplexität des Vorschlages hängt von der gewählten Methode zur Bestimmung des X_{GEN} und von der Verfügbarkeit der Datengrundlage ab. Die Wahl der Methode bestimmt auch die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse.

⁶³ WIK (2025), S. 44 ff

Im Kontext des Regulierungssystems ist dieser Vorschlag aufgrund der Beabschlagung mit dem Term $(VPI-X_{GEN})$ im Vergleich zu den vorgängig besprochenen Ansätzen des TOTEX- X_{GEN} und des OPEX- X_{GEN} mit negativen Investitionsanreizen verbunden.

Schließlich ist zu beachten, dass dieser Vorschlag keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden kann. Sollte dies notwendig sein, muss im Regulierungsrahmen ein zusätzliches Element berücksichtigt werden (z. B. analog des aktuelle in Deutschland diskutierten BASE-Ansatzes).

Tabelle 6 Beurteilung Modifizierter- X_{GEN}

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Der Vorschlag führt zu keiner verzerrten Ermittlung des X_{GEN} . Die große Schwierigkeit besteht in der korrekten Ermittlung des CAPEX-Deflators.
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Komplexität und Transparenz hängt von der Wahl der Methoden und der vorhandenen Datengrundlage ab.
Anreizwirkung	Bei der Ermittlung führt die Beabschlagung der CAPEX um $(VPI-X_{GEN})$ zu negativen Investitionsanreizen.
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Ermittlung und Anwendung innerhalb X_{GEN} und X_{IND} sind konsistent. X_{GEN} und X_{IND} führen zu einem Effizienzdruck bei den CAPEX, mit negativen Auswirkungen auf Investitionen und Versorgungssicherheit Es ist ein zusätzliches Element notwendig, um die Veränderung der Versorgungsaufgabe abzubilden.

9.2.4 Realer TOTEX- X_{GEN}

Die Bestimmung der Produktivität anhand der realen TOTEX und ihre Anwendung auf die nominalen OPEX unter Verrechnung mit dem VPI führt nur dann nicht zu Verzerrungen, wenn sich die Arbeitsproduktivität und die Kapitalproduktivität mit der gleichen Rate ändern (Hicks-Neutralität), wie es beim TOTEX- X_{GEN} der Fall ist.

Da bei der Berechnung des X_{GEN} auf den realen TOTEX abgestellt wird, beinhaltet dieser im Gegensatz zu den übrigen Vorschlägen, die auf den nominalen Kosten basieren, nicht automatisch die Inputpreisentwicklung, die ansonsten Teil der TOTEX ist. Es muss somit zusätzlich ein geeigneter Index für die Inputpreisentwicklung der TOTEX der Netzwirtschaft ermittelt werden. Dieser Umweg ist unnötig kompliziert und fehleranfällig, da sich die Inputpreisentwicklung auch unter Verwendung der nominalen TOTEX berücksichtigen lässt.

Unabhängig davon bleibt das bereits beim TOTEX- X_{GEN} erwähnte Problem bestehen, dass die Inputpreisentwicklung der CAPEX nicht derjenigen der OPEX entspricht und somit nicht auf die OPEX übertragbar ist.

Wie beim modifizierten X_{GEN} besteht die Herausforderung darin, einen geeigneten Deflator für die TOTEX zu bestimmen. Ein Abstellen auf den VPI ist nicht zielführend, da dieser die Outputpreise der Gesamtwirtschaft abbildet und somit nicht gleichzeitig auch die Inputpreisentwicklung der OPEX und CAPEX in der Netzwirtschaft repräsentieren kann. Möglicherweise könnte man einen spezifischen Preisindex für die regulierte Netzwirtschaft verwenden, beispielsweise einen Netzbetreiber-Preisindex, wie er in Österreich eingesetzt wird.

Im Kontext des Regulierungsrahmens fällt auf, dass die beiden Korrekturgrößen X_{IND} und X_{GEN} unterschiedlich behandelt werden. Bereits bei der Bestimmung werden unterschiedliche Bezugsgrößen verwendet (reale TOTEX beim X_{GEN} und nominale TOTEX beim X_{IND}). Zudem erfolgt

die Korrektur nur beim X_{IND} auf den TOTEX und beim X_{GEN} auf den OPEX. Dies führt dazu, dass der Ansatz des X_{IND} in der Regulierungslogik einheitlich eingesetzt wird, wohingegen beim X_{GEN} die bereits beim TOTEX- X_{GEN} angesprochenen Verzerrungen zu erwarten sind. Wichtig ist hierbei auch, dass die Ermittlung der Rate des technologischen Fortschritts mittels Malmquist-Index auf Basis von deflationierten TOTEX tendenziell einen zu hohen Wert ausweist, wenn man nicht gleichzeitig für ebenfalls deflationierte Inputpreise in der Kostenfunktion kontrolliert – wie sich in Schätzungen für die österreichischen Gas- und Stromverteilnetzbetreiber gezeigt hat.

Bei der Umsetzung gilt sind die gleichen Punkte wie bei den vorherigen Varianten zu berücksichtigen. Die Komplexität des Vorschlages hängt von der gewählten Methode zur Bestimmung des X_{GEN} sowie von der Verfügbarkeit der Datengrundlage ab. Die Wahl der Methode beeinflusst auch die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse.

Schließlich ist zu beachten, dass dieser Vorschlag keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden kann. Sollte dies notwendig sein, ist im Regulierungsrahmen ein zusätzliches Element zu berücksichtigen (z. B. analog des aktuell in Deutschland diskutierten BASE-Ansatzes).

Tabelle 7 Beurteilung Realer TOTEX- X_{GEN}

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Zusätzlich zu den bereits beim nominalen TOTEX- X_{GEN} erwähnten Problemen, muss beim realen TOTEX- X_{GEN} auch noch auf unnötig umständliche Weise die Preisentwicklung der OPEX ermittelt werden.
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Komplexität und Transparenz hängt von der Wahl der Methoden und der vorhandenen Datengrundlage ab.
Anreizwirkung	Bei der Ermittlung führt der CAPEX-Abgleich und die TOTEX-Grundlage zu einem niedrigeren gemessenen X_{GEN} im Vergleich zur OPEX-basierenden Ermittlung. Diesem Effekt wirken jedoch die rückläufigen CAPEX-Preise (Zinsen) entgegen
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Inkonsistenz zwischen Ermittlung und Anwendung von X_{IND} und X_{GEN} und zusätzliches Element notwendig, um die Veränderung der Versorgungsaufgabe abzubilden.

9.2.5 OPEX-Inflator

Die methodischen Herausforderungen sind gering, da kein X_{GEN} ermittelt werden muss. Schwierig dürfte hingegen die Definition der entsprechender Preisindizes sein. Der Vorschlag zeichnet sich zudem durch eine geringe Komplexität und eine hohe Transparenz aus.

Wie bei allen bisher betrachteten Ansätzen ist zu beachten, dass dieser Vorschlag keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden kann. Ist dies notwendig, muss im Regulierungsrahmen ein zusätzliches Element zu berücksichtigen werden (z. B. analog des aktuell in Deutschland diskutierten BASE-Ansatzes).

Zudem besteht die Gefahr, dass mit dem Vorschlag zusätzliche Unsicherheit in die Regulierungsvorgabe aufgenommen wird, da zu vermuten ist, dass die Wahl der relevanten Preisindizes fehlerbehaftet sein wird.

Im Kontext der Beurteilung des OPEX-Inflators haben die Gutachter der BNetzA Korrelationsanalysen durchgeführt.⁶⁴ Dabei haben sie ausgewählte Indizes aus dem Törnqvist-Tool sowie

⁶⁴ WIK (2025), S. 52ff.

den VPI verwendet und untersucht, wie gut diese die tatsächlichen OPEX-Preisentwicklungen der Netzbetreiber abbilden. Die Beurteilung erfolgt auf Basis von Korrelationskoeffizienten nach Pearson und Spearman.

Für die Analysen wurde zunächst die OPEX der Netzbetreiber aus den TOTEX bestimmt, die die Grundlage für den Effizienzvergleich darstellen. Betrachtet wurden zudem zwei Zeitperioden. Einerseits eine kurze Periode mit dem Zeitintervall von 2017 bis 2021 und andererseits ein langes Zeitintervall mit dem Zeitintervall von 2006 bis 2022. Die Entwicklung der OPEX wird dabei durch drei Faktoren bestimmt.

1. Preisentwicklung
2. Mengenentwicklung
3. Produktivitätsveränderungen

Da die Vergleichsgröße der verschiedenen Indizes der «korrekte» OPEX-Preisindex sein muss, gilt es, die OPEX entsprechend um die Mengen- und Produktivitätsentwicklung zu korrigieren. Diese notwendigen Korrekturen hat WIK entweder nicht (Produktivitätsentwicklung) oder nicht repräsentativ (Mengenentwicklung) vorgenommen. Bei der Korrektur der Mengenentwicklung wurde auf eine nicht repräsentative Stichprobe von lediglich zehn Netzbetreibern zurückgegriffen. Das Auswahlkriterium für die Netzbetreiber lag in der Veränderung der Versorgungsaufgabe, gemessen an den verschiedenen Outputparametern. Eine solche «Mengenkorrektur» ist ungenügend und die Zahl von zehn Netzbetreibern ist nicht repräsentativ, wenn anschließend deren «OPEX-Preis» mit ausgewählten Törnqvist-Preisindizes des gesamten Sektors verglichen werden soll. Schon aus diesem Grund sind die Analysen nicht geeignet, einen Vergleich der Entwicklung zwischen einzelnen Preisindizes und der «korrekten» OPEX-Preisentwicklung durchzuführen.

Zudem erschließt es sich uns nicht, wie mit dieser Analyse untersucht werden kann, ob der OPEX-Inflator (oder $X_{GEN} = 0$) als Produktivitätsfaktor geeignet sind. Die Analyse von WIK unterstellt de facto, dass die Preisindizes aus dem Törnqvist-Tool mit der korrekten OPEX-Preisentwicklung verglichen werden. Das Ergebnis dieser Korrelationsanalyse ist somit nicht, dass der OPEX-Inflator eine ungeeignete Alternative ist, sondern, dass anstelle einzelner Törnqvist-Indizes direkt auf die gemäß WIK «korrekte» OPEX-Preisentwicklung zurückgegriffen werden sollte. Die Korrelationsanalyse liefert jedoch keine Hinweise darüber, ob der OPEX-Inflator (oder $X_{GEN} = 0$) als Produktionsfaktoren geeignete Alternativen sind.

Tabelle 8 Beurteilung OPEX Inflator

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Der Vorschlag entspricht nicht der aus der mikroökonomischen Theorie bekannten Vorgabe (VPI- X_{GEN}).
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Die Komplexität des Vorschlages ist gering und die Transparenz hoch. Die Herausforderung ist die Identifikation der relevanten Outputpreis-Inflatoren.
Anreizwirkung	Aufgrund eines Verzichts auf die Bestimmung einer X_{GEN} erfolgt der Abbaupfad über den X_{IND} . Eine Anpassung an die Produktivität erfolgt erst zu Beginn der neuen Regulierungsperiode.
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Zusätzlich ist ein Element notwendig, um die Veränderung der Versorgungsaufgabe abzubilden.

9.2.6 Historischer OPEX- X_{GEN}

Der Vorschlag berücksichtigt grundsätzlich alle relevanten Elemente einer Anpassung unter Berücksichtigung der Preisentwicklung abzüglich der Veränderung des technologischen Fortschritts. Durch die Berücksichtigung der vergangenen OPEX sind sowohl die Inputpreise, die Mengenveränderungen sowie der technologische Fortschritt enthalten. Der Vorschlag verzichtet dabei auf die Differenzbildung zur Gesamtwirtschaft und setzt direkt auf der Entwicklung in der Netzwirtschaft auf. Da sich der Ansatz auf die OPEX stützt, ist auch die Veränderung der vergangenen Versorgungsaufgabe berücksichtigt. Insofern kommt diesem Ansatz insbesondere dann Bedeutung zu, wenn kein zusätzliches Instrument zur Abbildung der Veränderung der Versorgungsaufgabe (z. B. BASE-Ansatz) vorgesehen ist.

Die methodischen Herausforderungen sind grundsätzlich gering, da lediglich der VPI und die vergangenen OPEX benötigt werden. Beinhalten die Veränderungen der vergangenen OPEX einen hohen Anteil an Aufholeffekten ineffizienter Unternehmen, könnte der Vorschlag zu einer zu hohen Vorgabe führen. Wenn der Aufholeffekt nicht mehr so bedeutend ist, relativiert sich dieses Verzerrungspotential.

Die von der BNetzA aufgeführten Probleme eines potenziellen kollusiven Verhaltens der Netzbetreiber sind sehr unplausibel. Zum einen besteht bei der Vielzahl an Netzbetreibern ein großer Anreiz, von einem vereinbarten Verhalten abzuweichen – falls ein solches überhaupt zustande kommen sollte. Zudem wird eine Absprache nur schwer durchzusetzen sein, da Abweichungen vom kollektiv vereinbarten Verhalten kaum identifizierbar sind.

Der historische OPEX- X_{GEN} basiert auf einer für die einzelnen Netzbetreiber exogene Variable: den durchschnittlichen OPEX des gesamten Sektors. Obwohl die OPEX jedes einzelnen Netzbetreibers in den Durchschnitt einfließen, besteht keine Gefahr, dass die Netzbetreiber lediglich ihre individuellen Kostenentwicklungen fortschreiben können.

Tabelle 9 Beurteilung historischer OPEX- X_{GEN}

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Der Vorschlag ist konsistent mit der mikroökonomischen Theorie, verzichtet aber auf die Differenzbildung zur Gesamtwirtschaft.
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Die Komplexität des Vorschlages ist gering und die Transparenz hoch.
Anreizwirkung	Die potenzielle Verlagerung von OPEX zu CAPEX aufgrund des CAPEX-Abgleichs wird durch die Berücksichtigung der vergangenen OPEX reduziert. Eine zu hohe Vorgabe könnte auftreten, wenn der in den vergangenen OPEX ein großer Aufholeffekte ineffizienter Unternehmen enthalten ist.
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Grundsätzlich konsistent mit dem aktuellen Regulierungsrahmen. Dem Ansatz kommt vor allem dann Bedeutung zu, wenn kein anderes Instrument zur Berücksichtigung der Veränderung der Versorgungsaufgabe vorgesehen wird.

9.2.7 $X_{GEN} = 0$

Der Ansatz ist methodisch konsistent mit der mikroökonomischen Theorie, sofern die Annahme zutrifft, dass die Outputpreisentwicklung der Netzwirtschaft mit derjenigen der Gesamtwirtschaft gleichzusetzen ist. Dies wäre aber als zufälliger Sonderfall zu werten.

Selbst wenn diese Annahme nicht zutrifft, könnte ein X_{GEN} von null eine sinnvolle Vorgabe darstellen. Falls große Unsicherheiten bezüglich der Bestimmung des X_{GEN} auf Basis historischer Daten bestehen oder große Schwankungen in den gemessenen Werten zu erwarten sind, kann auf eine empirische Ermittlung des X_{GEN} verzichtet werden. Die möglicherweise nicht korrekte Vorgabe eines X_{GEN} von null ist in diesem Fall weniger problematisch, als die Netzbetreiber einem unsicheren und volatilen empirisch ermittelten Wert auszuliefern.

Solche Unsicherheiten bestehen beispielsweise dann, wenn die Berechnungen aufgrund einer ungenügenden Datenlage nicht mit der notwendigen Robustheit durchgeführt werden können. Auch statistisch nicht signifikante, aber sehr hohe Koeffizienten in parametrischen Schätzungen können darauf hinweisen, dass die Bestimmung des X_{GEN} mit großen Unsicherheiten verbunden ist. Unsicherheiten ergeben sich auch vor der anstehenden Transformation und dem damit verbundenen Investitionsbedarfs. Ein X_{GEN} von null schafft hier Abhilfe.

Die $X_{GEN}=0$ -Variante trifft also nicht die Annahme, dass der VPI die Kostenentwicklung korrekt abbilde, sondern dass die Outputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft eine genügend gute Annäherung an die zulässige Outputpreisentwicklung der Netzwirtschaft darstellt. Somit läuft auch die Korrelationsanalyse von WIK⁶⁵ ins Leere.

Die methodischen Herausforderungen des Vorschlages sind gering, da lediglich der VPI benötigt wird. Auch die Komplexität ist sehr gering, während die Transparenz sehr hoch ist.

Wie bei allen bisher betrachteten Ansätzen mit – Ausnahme des historischen X_{GEN} – ist zu beachten, dass dieser Vorschlag keine Veränderungen der Versorgungsaufgabe abbilden kann. Sollte dies erforderlich sein, muss im Regulierungsrahmen ein zusätzliches Element berücksichtigt werden (z. B. analog des aktuell in Deutschland diskutierten BASE-Ansatzes).

Tabelle 10 Beurteilung $X_{GEN} = 0$

Kriterien	Beurteilung
Mikroökonomische Bestimmung	Der Vorschlag ist konsistent mit der mikroökonomischen Theorie, sofern die Annahmen, dass die Outputpreise der Gesamtwirtschaft den Outputpreisen der Netzwirtschaft entsprechen, zutrifft.
Komplexität (z. B. Datenbedarf, Nachvollziehbarkeit, Transparenz etc.)	Die Komplexität des Vorschlages ist gering und die Transparenz hoch.
Anreizwirkung	Der Ansatz beeinflusst die potenzielle Verlagerung von OPEX zu CAPEX aufgrund des CAPEX-Abgleichs nicht.
Konsistenz mit dem Regulierungsrahmen	Grundsätzlich konsistent mit dem aktuellen Regulierungsrahmen.

⁶⁵ WIK (2025), S. 52ff.

10 Empfehlungen

Basierend auf den vorangegangenen Analysen können zu den folgenden Sachverhalten Empfehlungen abgeleitet werden:

- Empfehlungen zur Methodenwahl
- Empfehlungen zum Stützintervall
- Empfehlungen zur Prognoseerstellung
- Empfehlungen zur Beseitigung des Zeitverzugs
- Empfehlungen zur konkreten Festlegung des X_{GEN} in der deutschen Anreizregulierung

Empfehlungen zur Methodenwahl

Wird ein Ansatz angewendet, der die Produktivitätsentwicklung auf Basis von Daten der Vergangenheit misst, gilt es bei der Methodenwahl folgendes zu beachten:

- Die Unsicherheit bei der Messung von Produktivität ist besonders hoch, da es sich um eine unbeobachtbare Größe handelt.
- Aufgrund der Unsicherheit ist die Anwendung einer Methodenvielfalt zwingend. Methodenvielfalt bedeutet nicht, dass von einer Methode viele Rechnungen durchgeführt werden, deren Ergebnisse als Durchschnitt zusammengefasst werden (wie derzeit bei den Malmquist-Berechnungen).
- Methodenvielfalt bedeutet die Anwendung verschiedener Methoden. In Frage kommen:
 - Parametrische Methoden wie die SFA oder die OLS mit Zeittrend, da damit flexibler auf die unterschiedliche Entwicklung der Produktivität über die Zeit reagiert werden kann.
 - Indexmethoden wie der Malmquist, falls der Aufholeffekt bei den Netzbetreibern bedeutend ist oder Törnqvist, wenn der Aufholeffekt im Vergleich zum Frontier-Shift nicht so bedeutend ist.

Empfehlungen zum Stützintervall

Bei der Anwendung eines Ansatzes, der die Produktionsentwicklung auf Basis von Daten der Vergangenheit die Produktivitätsentwicklung misst, ist bei der Wahl des Stützintervalls folgendes zu beachten:

- Die verwendeten Daten im Stützintervall müssen von hoher Qualität sein und sich für die Ermittlung der Produktivität eignen.
- Vergangene Einmaleffekte und sich ändernde Produktivitätsentwicklungen über die Zeit sind bei der Wahl des Stützintervalls zu berücksichtigen.
- Treten solche Effekte auf, muss von der Forderung eines längstmöglichen Stützintervalls mit gleichgewichteten Jahreswerten zwingend abgewichen werden.

- Treten solche Effekte auf, ist je nach Art der Effekte und der sich ändernden Produktivitätsentwicklung mit methodischen Anpassungen (z. B. Berücksichtigung von Nichtlinearitäten), einer unterschiedlichen Gewichtung der Jahre im Stützintervall oder einer Verkürzung des Stützintervalls zu reagieren.
- Sind die Daten der Vergangenheit aufgrund nicht mit der erwarteten Entwicklung in der Zukunft vergleichbar, ist auf ein Abstellen auf historische Daten zu verzichten.

Empfehlungen zur Prognoseerstellung

Wird ein Ansatz angewendet, bei dem die Produktionsentwicklung mit Daten der Vergangenheit gemessen und darauf aufbauende Prognosen für die Vorgabe erstellt werden, sind im Vorfeld folgende Analyseschritte durchzuführen:

1. Es ist eine Ex-post-Analyse der vergangenen Prognose durchzuführen und das vormalige Prognoseergebnis ist mit der effektiven Entwicklung abzugleichen.
2. Es ist eine Analyse des vorgesehenen Stützintervalls auf mögliche Trendbrüche durchzuführen.
3. Es ist eine Analyse der Produktivitätsentwicklung auf mögliche Nicht-Linearitäten im Stützintervall durchzuführen.
4. Die Ergebnisse der drei Vorbereitungsschritte sind in die Erarbeitung der neuen Festlegung zu berücksichtigen. Je nach Ergebnissen sind Anpassungen bei folgenden Umsetzungsschritten vorzunehmen:
 - Bei der geplanten Berechnungsmethode.
 - Bei der Dauer des Stützintervalls.
 - Bei der Gewichtung der Jahre im Stützintervall.
 - Bei der Überführung der Ergebnisse in konkrete Vorgaben.
5. Das Vorgehen und die Ergebnisse der vier Schritte sind transparent auszuweisen.

Empfehlungen zur Beseitigung des Zeitverzugs

Aus ökonomischer Sicht ist der beibehaltene Zweijahresverzug bei der Kostenanpassung über den VPI und X_{GEN} nicht sachgerecht, da er systematisch zu einer Unterdeckung der tatsächlichen Betriebskosten der Netzbetreiber führt. Die Argumentation der BNetzA überzeugt nicht, für VPI und X_{GEN} aktuelle Daten und Prognosen vorliegen und viele Kostensteigerungen für die Netzbetreiber dem VPI vorauslaufen. Eine Umstellung auf eine zeitnähere Anpassung wäre konsistenter mit der Realität der Kostenentwicklung und würde Verzerrungen vermeiden, ohne – wie von der BNetzA befürchtet – zu systematischen Anreizproblemen zu führen. Daher sollte aus Effizienz- und Kohärenzgründen dringend eine zeitgerechtere Berücksichtigung der tatsächlichen Kostenentwicklung in der Regulierungsformel erfolgen und der t-2-Zeitverzug beseitigt werden.

Empfehlungen zur konkreten Festlegung des X_{GEN} in der deutschen Anreizregulierung

Aufgrund der diskutierten und beurteilten Vorschläge können die folgenden Empfehlungen für die Bestimmung des X_{GEN} abgeleitet werden.

Keine Berücksichtigung von TOTEX- X_{GEN} , Modifiziertem TOTEX- X_{GEN} , Realem TOTEX- X_{GEN} und OPEX-Inflator.

Ansätze wie der TOTEX- X_{GEN} , der modifizierte TOTEX- X_{GEN} oder der reale TOTEX- X_{GEN} sind nicht mit der mikroökonomischen Theorie konsistent und führen zu einer verzerrten Ermittlung des X_{GEN} . Der OPEX-Inflator ist mit dem aktuellen Regulierungssystem nicht kompatibel.

Einsatz von OPEX- X_{GEN} , Historischem OPEX- X_{GEN} sowie der Vorschlag $X_{GEN} = 0$ in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen.

Mit der mikroökonomischen Theorie und dem aktuellen Regulierungssystem vereinbar sind der OPEX- X_{GEN} , der historische OPEX- X_{GEN} sowie der Vorschlag $X_{GEN} = 0$, da sie konsistent zwischen Bestimmung und Anwendung sind und dem TOTEX- X_{GEN} methodisch überlegen sind. Die Wahl des Vorschlags hängt von verschiedenen Rahmenbedingungen ab:

- **OPEX- X_{GEN} :** Die vergangenen Daten sind belastbar und die Entwicklung der Vergangenheit ist mit der zukünftigen Entwicklung vergleichbar.
Unter diesen Rahmenbedingungen kann auf die Ermittlung eines X_{GEN} auf Basis der OPEX und der damit möglich Vergleich mit der Gesamtwirtschaft ein zielführendes Vorgehen darstellen. In diesem Fall muss zusätzlich eine Anpassung an die Versorgungsaufgaben in der Regulierungsformel berücksichtigt werden.
- **Historischer OPEX- X_{GEN} :** Die Netzwirtschaft steht vor ganz anderen Herausforderungen als die Gesamtwirtschaft. Die Veränderung der Versorgungsaufgabe ist ein zentraler Aspekt. Zudem sind die Aufholeffekte ineffizienter Unternehmen immer weniger bedeutsam und ein zusätzliches Instrument zur Abbildung der Veränderung der Versorgungsaufgabe ist nicht vorgesehen.
Bei solchen Rahmenbedingungen kann ein Abstützen auf die Entwicklung der Netzwirtschaft ohne den Vergleich mit der Gesamtwirtschaft und unter automatischer Berücksichtigung der Veränderung der Versorgungsaufgabe ein zielführendes Vorgehen darstellen.
- **$X_{GEN} = 0$:** Die vergangenen Daten sind nicht belastbar, die Ergebnisse der Berechnungen zeichnen sich durch eine hohe Volatilität und Unsicherheit aus oder es bestehen Unsicherheiten über die zukünftige Entwicklung, für die das Abstützen auf vergangenen Werten eine schlechte Grundlage darstellt.
Bei solchen Rahmenbedingungen kann eine Annahme eines $X_{GEN} = 0$ den großen Unsicherheiten am besten Rechnung tragen.

11 Quellen

- Anreizregulierungsverordnung (ARegV), Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze (Anreizregulierungsverordnung - ARegV), zuletzt geändert durch Artikel 15 G. v. 22.12.2023 BGBl. 2023 I Nr. 405.
- Armstrong, J. S., Green, K. C., & Graefe, A. (2018). Forecasting methods and principles: Evidence-based checklists. <https://faculty.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2018/01/JSA-ForecastingMethods-225-Last-Wk-Paper-1312018.pdf>
- Bai, J., & Perron, P. (1998). Estimating and testing linear models with multiple structural changes. *Econometrica*, 47-78.
- Bank of England (2024). The Bernanke review: Forecasting and monetary policy at the Bank of England. <https://www.bankofengland.co.uk/report/2024/the-bernanke-review>
- Bank of England (2015). Evaluating Forecast Performance, November 2015. <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/independent-evaluation-of-fice/2015/evaluating-forecast-performance-november-2015.pdf>
- Bernanke, B. S. (2024). Forecasting for monetary policy making and communication at the Bank of England: A review. Independent Evaluation Office Report, April 12. Bank of England.
- Bernstein, J.I. Sappington, D.E.M. (1999) Setting the X Factor in Price-Cap Regulation Plans. *Journal of Regulatory Economics*, 16(1), 5–25.
- BNetzA (2024). Eckpunkte zur zukünftigen Ausgestaltung des Produktivitätsfaktors. Große Beschlusskammer. GBK-24-02-3#4. Bonn.
- BNetzA (2025a). Festlegung eines Regulierungsrahmens und der Methode der Anreizregulierung für Elektrizitäts- und Gasverteilernetzbetreiber sowie Fernleitungsnetzbetreiber (RAMEN), Sachstand zu Tenor und Erwägungen, Bonn, Januar 2025.
- BNetzA (2025b). Festlegung eines Regulierungsrahmens und der Methode der Anreizregulierung für Elektrizitätsverteilernetzbetreiber (RAMEN Strom).
- BNetzA (2025c). Festlegung eines Regulierungsrahmens und der Methode der Anreizregulierung für Gasverteiler- und Fernleitungsnetzbetreiber (RAMEN Gas) vom 18. Juni 2025.
- BNetzA (2025d). Methodenfestlegung X_{GEN} . Festlegungsentwurf der großen Beschlusskammer vom 30. Juni 2025.
- Casarin, A. (2014). Productivity throughout regulatory cycles in gas utilities. *Journal of Regulatory Economics*, 45, 115–137.
- Chirinko, R.S. (2008). σ : The long and short of it. *Journal of Macroeconomics*, 30(2), 671–686. doi:[10.1016/j.jmacro.2007.10.010](https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2007.10.010).
- Chow, G. C. (1960). Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 591-605.
- Cunningham, M., Giovani, A., Hirschberg, J. (2023). Benchmarking Study of the Western Australian gas distribution system. Attachment 09.003 Benchmarking Report ATCO PLAN 2025-29.
- Dimitropoulos, D., Yantchew, A. (2017). Is Productivity Growth in Electricity Distribution Negative? An Empirical Analysis Using Ontario Data. *The Energy Journal*, 38(2), 175–200.
- E.ON (2024). Vortrag vom 2.9.2024.

- ECB (2016). A guide to the Eurosystem/ECB staff macroeconomic projection exercises. European Central Bank. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/staffprojections-guide201607.en.pdf>
- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, in Kraft getreten am 13.07.2005, zuletzt geändert durch Gesetz vom 23.12.2024 (BGBl. I S. 448) m.W.v. 31.12.2024.
- Frontier Economics (2022). Sektoraler Produktivitätsfaktor: Empfehlungen zur Weiterentwicklung für 4. Regulierungsperiode und Energiewende. Studie im Auftrag von E.ON. https://www.frontier-economics.com/media/pb0fy5fg/frontier-economics_eon_xgen_studie.pdf
- Gerchert S., Havranek T., Irsova Z., Kolcunova D. (2022). Measuring capital-labor substitution: The importance of method choices and publication bias. In *Review of Economic Dynamics*, Volume 45, July 2022, Pages 55-82.
- Gugler, K. & Liebensteiner, M. (2019). Productivity growth and incentive regulation in Austria's gas distribution. *Energy Policy*, 134, 110952.
- Hicks, J.R. (1935). Annual survey of economic theory: The theory of monopoly. *Econometrica*, 3(1), 1–20.
- Hodrick, R. J., & Prescott, E. C. (1997). Postwar US business cycles: An empirical investigation. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 1-16.
- IMF (2025). IMF Executive Board Discusses the Ex-Post Evaluation of Argentina's Exceptional Access Under the 2022 Extended Fund Facility (Pressemitteilung Nr. 25/001). International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/News/Articles/2025/01/10/pr25001-argentina-imf-executive-board-discusses-the-ex-post-evaluation>
- Joskow, P.L. (2014). Incentive Regulation in Theory and Practice: Electricity Distribution and Transmission Networks. In: *Economic Regulation and Its Reform: What Have We Learned*. Rose, N.L. (Ed.). University of Chicago Press.
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems.
- Koop, G., Osiewalski, J., & Steel, M. F. J. (1997). Bayesian Efficiency Analysis Through Individual Effects: Hospital Cost Frontiers. *Journal of Econometrics*, 76(1–2), 77–105. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(96\)01807-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(96)01807-6)
- Maniadakis, N., & Thanassoulis, E. (2004). A cost Malmquist productivity index. *European Journal of Operational Research*, 154(2), 396–409.
- NetzeBW (2024). Expertenaustausch Xgen. Vortrag von Sabine Streb. 2. September 2024.
- OECD (2016). Reference guide on ex-post evaluation of competition agencies' enforcement decisions. Paris: OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/reference-guide-on-ex-post-evaluation-of-competition-agencies-enforcement-decisions_262476ff-en.html
- Pfrommer T. & Kanberger E. (2023). Wie zwei konzeptionelle Fehler des Xgen eine Unterdeckung der Erlösbergrenzen von Strom- und Gasverteilnetzbetreiber verursachen. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 73. Jg. Heft 4.
- Polynomics und Jacobs University (2019). XGEN-Vorgabe für Gasnetzbetreiber - Analyse und Beurteilung der BNetzA-Festlegung. Gutachten von Polynomics und Jacobs University im Auftrag von Becker Büttner Held (BBH).

- Robert, C. P., & Casella, G. (2004). Monte Carlo Statistical Methods (2nd ed.). Springer.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. (2022). Jahresgutachten 2022/23: Energiekrise solidarisch bewältigen, neue Realität gestalten (Kasten 7, S. 99). Wiesbaden: Sachverständigenrat. https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg202223/JG202223_Gesamtausgabe.pdf.
- van den Broeck, J., Koop, G., Osiewalski, J., & Steel, M. F. J. (1994). Stochastic Frontier Models: A Bayesian Perspective. *Journal of Econometrics*, 61(2), 273–303.
- Vogelsang, I. (2002). Incentive Regulation and Competition in Public Utility Markets. *Journal of Regulatory Economics*, 22(1), 5–27.
- WIK (2025). Zukünftige Ausgestaltung des generellen Produktivitätsfaktors. Bad Honef.

Polynomics AG
Baslerstrasse 44
CH-4600 Olten

www.polynomics.ch
polynomics@polynomics.ch

Telefon +41 62 205 15 70