

Stellungnahme der Netze BW GmbH zur Konsultation „Ausgestaltung der Methoden sowie Vorstellung der Parameter für den Effizienzvergleich der deutschen Elektrizitätsverteilernetz- betreiber für die dritte Regulierungsperiode“

Stuttgart, 16. August 2018

Inhalt

Zusammenfassung	2
1 Einleitung.....	4
2 Rechtliche Voraussetzungen.....	4
3 Daten.....	6
3.1 Datenplausibilisierung durch die BNetzA.....	7
3.2 Heterogenität der Netzbetreiber	8
3.2.1 Beste Stückkosten gesondert analysieren	9
3.2.2 Große Abstände zwischen den Stückkosten beachten.....	11
4 Modellbildung	11
4.1 Statistische Kostentreiberanalyse.....	12
4.1.1 Exaktes Vorgehen bei der Kostentreiberanalyse nicht nachvollziehbar....	14
4.1.2 Keine optimale Anzahl von Parametern.....	14
4.1.3 Keine Kostentreiberanalyse auf Basis von linearen Modellen	17
4.1.4 Heteroskedastizität beachten.....	19
4.1.5 Häufig keine Rechtsschiefe der Residuen	19
4.1.6 Multikollinearität nicht überbewerten.....	20
4.1.7 Ausreißer bereits bei der Modellfindung beachten.....	22
4.2 Weiterentwicklung der Modelle	22
4.2.1 Modell der zweiten Regulierungsperiode (RP2 und RP2+).....	23
4.2.2 Modelle der „Bottom up“ Analyse (BU1 und BU1+).....	25
4.2.3 Modelle der „Top-Down-Analyse“ (TD2 und TD2+).....	27
4.2.4 Fazit zur Weiterentwicklung der Modelle	28
4.3 Auswahl des finalen Modells	29
4.3.1 Ingenieurwissenschaftliche Analysen nutzen.....	29
4.3.2 Regulatorische Anforderungen beachten.....	30
4.3.3 Keine zwingende Übereinstimmung von DEA- und SFA-Effizienzwerten ..	32
4.3.4 Keine Anwendung von Second-Stage Analysen zur Modellvalidierung	34
4.3.5 Unterschiedliche Parametrisierung in DEA und SFA zulassen	37

5	Ermittlung von Effizienzwerten	38
5.1	Verteilannahme für Ineffizienz	38
5.2	Ausreißeranalyse anpassen	39
5.2.1	Ausreißeranalyse in der DEA.....	39
5.2.2	Ausreißeranalyse in der SFA	45
6	Anhang	47
6.1	Szenarienbildung für Bottom-Up-Ansatz	47
6.2	Durchführung der Kostentreiberanalyse	49
6.3	Durchführung der Effizienzwertberechnung	50

Zusammenfassung

Das Referat „Anreizregulierung und Vergleichsverfahren“ der Bundesnetzagentur hat am 25. Juli 2018 die Konsultation zur Auswahl der Vergleichsparameter zum Effizienzvergleich der deutschen Stromverteilernetzbetreiber für die dritte Regulierungsperiode eingeleitet und die Netzbetreiber gebeten, bis zum 16. August 2018 Stellung zu nehmen.

Sowohl dem Beraterkonsortium als auch den Netzbetreibern wurde der derzeitige Datensatz kurzfristig zur Verfügung gestellt. Dementsprechend konnte das Beraterkonsortium zum Zeitpunkt der Konsultation auch keine finalen Modelle vorstellen. Die nachfolgende Stellungnahme bezieht sich daher auf das vorgeschlagene Vorgehen zur Modellfindung und Berechnung der Effizienzwerte. Eine endgültige Bewertung der Verfahrens und der Modelle ist erst dann möglich, wenn der Datensatz vollständig geprüft vorliegt und das Beraterkonsortium finale Modellkandidaten vorgelegt hat.

Zum jetzigen Stand sind bereits jetzt einige Auffälligkeiten erkennbar, die im Laufe des Verfahrens adäquat berücksichtigt werden müssen:

- **Daten:** Der bisherige Datensatz erscheint noch nicht final geprüft. Auffälligkeiten, die auf Fehler bei der Dateneingabe, unterschiedliche Interpretationen der Datenabfrage oder Heterogenität der Netzbetreiber hinweisen, sind klar erkennbar. Es erscheint ratsam, dass das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur, insbesondere das Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, eine Überprüfung der energiewirtschaftlich-technischen Zusammenhänge vornimmt und die Daten validiert. Ein finaler Datensatz sollte den Netzbetreibern zur Verfügung gestellt werden.
- **Kostentreiberanalyse:** Die Netze BW lehnt das bisherige Vorgehen zur Kostentreiberanalyse ab. Das Vorgehen, die Kostentreiberanalyse auf linearen Kostenmodellen durchzuführen, entspricht nicht dem Stand der Wissenschaft. Zudem wird eine Reihe unnötiger Restriktionen berücksichtigt. In Summe zeigt sich, dass das bisherige Verfahren zur Kostentreiberanalyse nicht in der Lage ist, eine geeignete Vorauswahl möglicher Modelle zu treffen. Die bisherigen Modelle aus der Kostentreiberanalyse (BU1 und TD2) sind somit klar abzulehnen.
- **Weiterentwicklung der Modelle:** Bei der Weiterentwicklung der aus der Kostentreiberanalyse resultierenden Modelle und dem Modell der zweiten Regulierungsperiode werden neben statistischen Kriterien auch konzeptionelle Kriterien herangezogen. Grundsätzlich begrüßt die Netze BW, dass bei der Auswahl von Modellen interdisziplinär vorgegangen wird und auch ingenieurwissenschaftliche und regulatorisch-ökonomische Kriterien berücksichtigt werden. Bislang ist jedoch nicht erkennbar, wie diese Kriterien angewendet werden. Auch diese Kriterien und Methoden sollten Bestandteil der Konsultation sein. Aus unserer Sicht unbedingt zu berücksichtigen sind Effektheterogenitäten in Bezug auf die dezentralen Erzeugung und die Tatsache,

dass Unternehmen unterschiedliche Spannungsebenen selbst bedienen und sich daher die benchmarkrelevanten Kosten in systematischer Weise unterscheiden (Kosten für vorgelagerte Netze sind nicht Teil der Benchmarkkosten). Auch sollte – analog zum Effizienzvergleich Gas – eine aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht geeignete funktionale Form für die Regressionsgleichung in der SFA abgeleitet werden. Darüber hinaus legt das Beraterkonsortium bei der Weiterentwicklung der Modelle das Kriterium an, dass SFA- und DEA-Effizienzwerte weitgehend übereinstimmen müssen. Dies ist für die Bestimmung von sachgerechten Effizienzwerten nicht zielführend, da durch diese Einschränkung Modelle bevorzugt werden, die schlechtere statistische Eigenschaften haben und zu niedrigeren Effizienzwerten führen. Auch verordnungsrechtlich ist eine möglichst hohe Übereinstimmung von SFA- und DEA-Effizienzwerten nicht gefordert. Vielmehr verkehrt dieses Vorgehen der Berater die Intention des Gesetzgebers, durch zwei verschiedene methodische Ansätze zur Effizienzwertermittlung den jeweiligen Schwächen der Methoden Rechnung zu tragen geradezu ins Gegenteil.

- **Ausreißeranalyse:** Vor der Berechnung von Effizienzwerten sind Ausreißer aus dem Datensatz zu entfernen. Das bisherige Vorgehen ist nicht in der Lage, offensichtlich auffällige Netzbetreiber zu identifizieren. Sowohl in der DEA als auch in der SFA muss das bisherige Vorgehen angepasst werden.
- **Modellvalidierung:** Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur verwendet Second-Stage-Analysen zur Validierung der Modelle. Diese Analysen sind generell für eine Modellvalidierung ungeeignet und können nicht angewendet werden. Stattdessen sollten Sensitivitätsanalysen angewendet werden.

Die Netze BW geht davon aus, dass sich der Datensatz noch ändert wird. Auch ist davon auszugehen, dass sich bei einer sorgfältig durchgeföhrten Kostentreiberanalyse deutlich andere Modellkandidaten ergeben. Eine weitere Konsultation, sobald der Datensatz final ist und die Kostentreiberanalyse abgeschlossen ist, erscheint daher sinnvoll.

1 Einleitung

Das Referat „Anreizregulierung und Vergleichsverfahren“ der Bundesnetzagentur hat am 25. Juli 2018 die Konsultation zur Auswahl der Vergleichsparameter zum Effizienzvergleich der deutschen Stromverteilernetzbetreiber für die dritte Regulierungsperiode eingeleitet und die Netzbetreiber gebeten, bis zum 16. August 2018 Stellung zu nehmen. Gerne nimmt die Netze BW diese Möglichkeit wahr.

Am 24. Juli 2018 hat die Bundesnetzagentur die bisherige Datengrundlage zur Durchführung des Effizienzvergleichs veröffentlicht, sodass es den Netzbetreibern erstmalig möglich ist, das Verfahren zur Ermittlung der Effizienzwerte konstruktiv zu begleiten. Dieser Datensatz ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht als vollständig anzusehen, denn zu einem war die Kostenprüfung für einige Netzbetreiber noch nicht final abgeschlossen und zum anderen konnte die Bundesnetzagentur aufgrund von Beschwerden gegen die Datenveröffentlichung den Datensatz nicht vollständig veröffentlichen. Auch finden sich im Datensatz noch einige Auffälligkeiten, die ggf. auf Fehler bei der Dateneingabe zurückzuführen sind. Die Netze BW geht daher davon aus, dass sich durch eine erneute Prüfung der Daten noch weitere Änderungen ergeben werden. Die Netze BW möchte die Bundesnetzagentur bitten, einen soweit wie möglich vollständigen und finalen Datensatz zu veröffentlichen, sobald dieser vorliegt.

Zudem blieb den Netzbetreibern zwischen dem Zeitpunkt der Datenveröffentlichung bzw. dem Zeitpunkt des Konsultationsworkshops und der Abgabefrist für die Stellungnahme nur drei Wochen Zeit, um sich intensiv mit den Daten und den Modellvorschlägen des Beraterkonsortiums der Bundesnetzagentur auseinander zu setzen. Insofern sind die in der vorliegenden Stellungnahme vorgebrachten Kommentare und Anmerkungen sowohl hinsichtlich der Datengrundlage als auch zum Vorgehen des Beraterkonsortiums bei der Modellbildung nicht als vollständig und abschließend anzusehen. Die Netze BW behält es sich ausdrücklich vor, zu einem späteren Zeitpunkt zum Effizienzvergleich noch einmal Stellung zu nehmen.

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur konnte bislang noch kein endgültiges Modell vorlegen. Dementsprechend kann die Netze BW auch keine sinnvollen Modellderweiterungen vorschlagen, sondern bezieht sich in den weiteren Ausführungen auf das vorgeschlagene Vorgehen zur Modellfindung und Berechnung der Effizienzwerte. Eine weitere Branchenkonsultation, sobald die Überlegungen des Beraterkonsortiums weiter vorangeschritten sind, erachtet die Netze BW für notwendig und sinnvoll.

2 Rechtliche Voraussetzungen

Gesetzlich ist das Benchmarkingverfahren in §21a Satz 5 EnWG verankert: So müssen die Effizienzvorgaben so gestaltet und über die Regulierungsperiode verteilt sein, dass

sie erreicht oder übertroffen werden können. Dabei dürfen geringfügige Änderungen einzelner Parameter der zugrunde gelegten Methode nicht zu einer, insbesondere im Vergleich zur Bedeutung, überproportionalen Änderung der Vorgaben führen. Objektive strukturelle Unterschiede sowie die bestehende Effizienz müssen bei der Festlegung von Effizienzvorgaben berücksichtigt werden.

Detaillierte Vorgaben zur Ausgestaltung des Verfahrens finden sich in den §§12 bis 15, sowie in Anhang 3 zu § 12 der Anreizregulierungsverordnung (ARegV). Demnach muss die Bundesnetzagentur vor Beginn der Regulierungsperiode einen bundesweiten Effizienzvergleich für die Betreiber von Elektrizitäts- und Gasverteilernetzen durchführen (vgl. § 12 ARegV). Die anzuwendenden Methoden sind die Dateneinhüllungsanalyse (Data Envelopment Analysis – DEA) und die stochastische Effizienzgrenzenanalyse (Stochastic Frontier Analysis – SFA, vgl. Anlage 3 zu § 12 ARegV). Zudem werden zwei verschiedene Kostendefinitionen verwendet: Gesamtkosten nach den Maßgaben zur Bestimmung des Ausgangsniveaus abzüglich der dauerhaft nicht beeinflussbaren Kostenanteile (TOTEX) und standardisierte Gesamtkosten (sTOTEX), wobei bei den standardisierten Gesamtkosten die Kapitalkosten mit denjenigen ersetzt werden, die aus der Vergleichbarkeitsrechnung gemäß § 14 ARegV resultieren. Somit ergeben sich vier unterschiedliche Effizienzwerte. Der finale Effizienzwert bestimmt sich aus einer Bestabrechnung dieser vier Effizienzwerte, wobei eine Mindesteffizienz von 60% angesetzt wird (vgl. § 12 ARegV).

Dreh- und Angelpunkt des Effizienzvergleichs ist es, die unterschiedlichen Netzbetreiber „vergleichbar“ zu machen. Dies wird vor allem durch die Auswahl von geeigneten Vergleichsparametern gewährleistet. Vorschriften zur Auswahl von Vergleichsparametern finden sich in §13 ARegV: Hiernach sind Vergleichsparameter Parameter zur Bestimmung der Versorgungsaufgabe und der Gebietseigenschaften, insbesondere die geografischen, geologischen oder topografischen Merkmale und strukturellen Besonderheiten der Versorgungsaufgabe auf Grund des demografischen Wandels des versorgten Gebietes. Die Parameter müssen geeignet sein, die Belastbarkeit des Effizienzvergleichs zu stützen. Bei der Bestimmung von Parametern können flächenbezogene Durchschnittswerte gebildet werden oder auf verschiedene Netzebenen bezogen werden. Die Auswahl der Vergleichsparameter hat mit qualitativen, analytischen oder statistischen Methoden zu erfolgen, die dem Stand der Wissenschaft entsprechen. Durch die Auswahl der Vergleichsparameter soll die strukturelle Vergleichbarkeit der Netzbetreiber möglichst weitgehend gewährleistet sein.

Durch die ARegV-Novelle von 2016 ist die gesetzliche Verpflichtung, bestimmte Parameter zu verwenden, aus der Verordnung entfallen. Dennoch listet die ARegV eine Reihe möglicher Vergleichsparameter auf (Vermutungsregelung). Diese sind die Anzahl der Anschlusspunkte oder der Zählpunkten, die Fläche des versorgten Gebietes, die Lei-

tungslängen, die Jahresarbeit, die zeitgleiche Jahreshöchstlast, Anzahl und Leistung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Wind- und solarer Strahlungsenergie und Maßnahmen, die der volkswirtschaftlich effizienten Einbindung von dezentralen Erzeugungsanlagen dienen. Zudem wurde in §13 ARegV eine neue Vorschrift aufgenommen, nach der die Heterogenität der Aufgaben der Netzbetreiber durch die Auswahl der Vergleichsparameter weitgehend abgebildet werden muss.

Dennoch wird es Netzbetreiber geben, deren Versorgungsaufgabe nicht vergleichbar ist und auch mittels der Verwendung von Strukturparametern nicht vergleichbar gemacht werden kann. Um zu verhindern, dass diese Unternehmen die Effizienzwerte aller Netzbetreiber beeinflussen, sind diese Unternehmen aus dem Datensatz vor Berechnung der Effizienzwerte zu entfernen. Vorschriften zur Durchführung der Ausreißeranalyse finden sich in Anlage 3 zu § 12 ARegV.

Obgleich die ARegV bereits relativ detaillierte Vorgaben zur Durchführung des Effizienzvergleichs macht, hat der Verordnungsgeber der Bundesnetzagentur dennoch einen weitreichenden Spielraum zur Ausfüllung dieser Vorgaben gelassen. Dies wurde erst kürzlich durch eine Entscheidung des Bundesgerichtshofs (EnVR 42/16) erneut bestätigt. Dieser Spielraum hat jedoch keinen Selbstzweck, sondern dient ausschließlich der Erfüllung der gesetzlichen Aufgaben aus §21a EnWG in Verbindung mit §§12 bis 15 ARegV. Gemäß dem Urteil des Bundesgerichtshofes hat die Bundesnetzagentur einen methodischen Spielraum, wie sie die Vergleichbarkeit von Netzbetreibern sicherstellt (RN 35). Wenn Hinweise bestehen, dass die strukturelle Vergleichbarkeit mit den in der Verordnung genannten Methoden (zum Beispiel zur Ausreißeridentifizierung, RN 38 BGH Beschluss) nicht gewährleistet ist, ist die Bundesnetzagentur nach dem Beschluss des Bundesgerichtshofes verpflichtet ihren Spielraum zu nutzen und weitere Anpassungen in den Berechnungsschritten vorzunehmen (RN 55).

3 Daten

Die Bundesnetzagentur hat die entsprechenden netzbetreiberindividuellen Aufwands- und Vergleichsparameter, die für die Kostentreiberanalyse im Rahmen des Effizienzvergleichs der Betreiber von Stromverteilernetzen verwendet werden sollen, am 24. Juli 2018 veröffentlicht und die Unternehmen gebeten, diese zu überprüfen. Die Netze BW bestätigt hiermit, dass die Werte der Vergleichsparameter für die Netze BW mit den von uns gemachten und im Rahmen der Strukturdatenabfrage an die Bundesnetzagentur übermittelten Angaben übereinstimmen.

Darüber hinaus erlaubt uns die Datenveröffentlichung, die Daten auch für andere Netzbetreiber zu sichten. Hierbei ergeben sich einige Auffälligkeiten, die auf Fehler bei der

Dateneingabe, unterschiedliche Interpretationen der Datenabfrage oder Heterogenität der Netzbetreiber hinweisen.

Die Netzbetreiber hatten relativ wenig Zeit sich mit den Daten auseinanderzusetzen. Auch ist es als Außenstehender nicht immer klar, warum Unternehmen auffällige Werte haben und ob diese plausibel sind. Die Netze BW befürwortet daher, dass das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur, insbesondere das Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, eine Überprüfung der energiewirtschaftlich-technischen Zusammenhänge und Daten vornimmt. Explizit behält es sich die Netze BW vor, auch im Nachgang zu der vorliegenden Stellungnahme weitere Datenauffälligkeiten an die Behörde zu übermitteln.

3.1 Datenplausibilisierung durch die BNetzA

Die Bundesnetzagentur hat während der Konsultation dargelegt, welche Datenplausibilisierungen bislang stattgefunden haben. Hierbei handelt es sich um eine Vollständigkeitsprüfung, verschiedene Logikprüfungen und Vergleiche mit in der Vergangenheit oder zu anderen Vorgängen abgegebenen Daten. Dies führte zu einer hohen Menge an ausgetauschten Emails zu individuellen Nachfragen der Behörde.

Zusätzlich zu diesen bereits durchgeföhrten Datenplausibilisierungen sollte eine Überprüfung der energiewirtschaftlich-technischen Zusammenhänge stattfinden. Hierbei sind die gelieferten Daten ins Verhältnis miteinander zu setzen (Kennzahlenanalyse), um Auffälligkeiten in den Daten zu erkennen und um Informationen über die Notwendigkeit einer vertieften Analyse und Überprüfung einzelner Datenpunkte von Netzbetreiber zu erhalten. Über die bereits während des Konsultationsworkshops diskutierten Daten zur Einspeiseleistungen hinaus sind weitere Auffälligkeiten erkennbar. Bei der Durchsicht der Daten sind der Netze BW folgende Unplausibilitäten aufgefallen:

Beispielsweise geben zwei Netzbetreiber eine identische Anzahl von Zählpunkten mit Leerstand im eigenen Netzgebiet, NS (Nr. 103) und Anzahl der Zählpunkte im eigenen Netzgebiet (ohne Pauschalanlagen); bereinigt um Investitionsmaßnahmen, NS (Nr. 131) an. Hierbei handelt es sich jeweils um mehrere Tausend Zählpunkte. Eine exakte Übereinstimmung der beiden Angaben erscheint allein aus dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit unplausibel und deutet eher auf einen Fehler bei der Dateneingabe hin.

Auffällig ist auch, dass einige Netzbetreiber extrem lange Hausanschlussleitungen im Vergleich zur Anzahl von Anschlusspunkten in der Niederspannung ausweisen. Dieses Verhältnis approximiert die durchschnittliche Hausanschlusslänge. Selbstverständlich sind hier unterschiedliche Angaben zu erwarten. Beispielsweise sollten städtische Netzbetreiber im Durchschnitt kürzere Hausanschlussleitungen ausweisen als ländliche Netzbetreiber. Erscheint es aber plausibel, dass in der Rhön eine Hausanschlussleitung im Durchschnitt über 40m lang ist?

Auffällig sind auch die Anzahl der Zählpunkte (NS) im Vergleich zur Bevölkerung im betrachteten Netzgebiet. Während in manchen Netzgebieten auf jeden Einwohner mehr als ein Zählpunkt fällt, fällt in anderen Netzgebieten ein Zählpunkt auf fünf Einwohner. Ist dies tatsächlich auf eine unterschiedliche Haushaltsgröße in den Netzgebieten zurückzuführen?

Zudem zeigen die zur Verfügung gestellten Daten, dass unsere bereits in der Vergangenheit geäußerte Skepsis bezüglich der Anschlusspunkte für Straßenbeleuchtung berechtigt ist. Es gibt Unternehmen, bei denen über 60% aller Anschlusspunkte (Nr. 8) aus Anschlusspunkten für Straßenbeleuchtung (Nr. 21) bestehen. In manchen Netzgebieten ist es überdurchschnittlich hell mit einer direkt angeschlossen Straßenlampe auf sechs Einwohner.

Auch die Messkonzepte für direkt angeschlossene Straßenbeleuchtung scheinen sich sehr zu unterscheiden. Vergleicht man die Anschlusspunkte für Straßenbeleuchtung mit der Anzahl vom Zählpunkten, die pauschal abgerechnet werden, so zeigt sich, dass einige Netzbetreiber jede einzelne Straßenlaterne als Messpunkt klassifizieren, andere eine größere Anzahl von Straßenlampen zu einem virtuellen Zählpunkt bündeln. Der gleiche Sachverhalt wird von den verschiedenen Netzbetreibern offensichtlich unterschiedlich gehandhabt und es stellt sich die Frage, wie die Bundesnetzagentur diese Unterschiede im Effizienzvergleich berücksichtigen wird.

Generell sollten die Angaben zu Pauschalanlagen kritisch hinterfragt werden. Es gibt eine Reihe von Netzbetreibern mit einem extrem hohen Verhältnis von Pauschalanlagen zu den gesamten Zählpunkten, ohne dass überhaupt Straßenlaternen direkt am eigenen Netz der öffentlichen Versorgung angebunden sind. Um welche Pauschalanlagen handelt es sich hierbei und warum kommen diese Anlagen nur vereinzelt in manchen Netzgebieten vor?

3.2 Heterogenität der Netzbetreiber

Die zur Verfügung gestellten Informationen belegen eins sehr eindeutig: Der Datensatz ist durch eine extreme Heterogenität gekennzeichnet.

Zum einen sind die Größenunterschiede zwischen den Netzbetreibern enorm. So hat der größte Netzbetreiber im Datensatz nahezu 5000mal höhere Kosten als der kleinste Netzbetreiber. Diese Größenunterschiede müssen auf allen Stufen des Effizienzvergleichs immer berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 4.1.4).

Auch in Hinblick auf die vom jeweiligen Netzbetreiber selbst betriebenen Netzebenen gibt es große Unterschiede. So betreiben vier Netzbetreiber alle 4 Ebenen (inklusive Höchstspannung), andere betreiben mehr oder weniger ausschließlich ein Hochspannungsnetz und wieder andere sind nur auf der Niederspannung aktiv. Damit unterscheiden sich auch die Kosten, die im Benchmark berücksichtigt werden. Es fallen auch bei

Netzbetreibern, die nur auf niedrigen Spannungsebenen tätig sind, Kosten für höhere Spannungsebenen an. Diese sind aber als vorgelagerte Netzkosten gerade nicht Teil des Benchmarks. Auch dies muss adäquat berücksichtigt werden, denn ansonsten sind Verzerrungen im Effizienzvergleich zu erwarten (vgl. Abschnitt 4.3.2).

Eine starke Heterogenität ist ebenfalls in Bezug auf die dezentrale Erzeugung klar erkennbar. Während die Netzbetreiber im Norden eher mit Windenergie in höheren Spannungsebenen konfrontiert sind, sind die Netzbetreiber im Süden mit der Netzintegration einer Vielzahl von PV-Anlagen im Niederspannungsnetz beschäftigt. Dezentrale Erzeugung ist zudem eher ein ländliches als ein städtisches Phänomen. Im Effizienzvergleich müssen diese Unterschiede sachgerecht berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 4.3.1).

Auch zeigt sich, dass eine Reihe von Netzbetreibern Besonderheiten aufweisen und sich in ihrer Versorgungsaufgabe extrem von konventionellen Netzbetreibern unterscheiden. Eine Reihe von Netzbetreibern weisen in ihrem Netzgebiet eine Bevölkerungszahl von 0 aus (VW Kraftwerk GmbH, VSE Verteilnetz GmbH, DB Energie GmbH, InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG, Evonik Degussa GmbH, Vorarlberger Energienetze GmbH). Hierbei handelt es sich um Industrienetzbetreiber sowie Netzbetreiber mit Netz ausschließlich in der Hochspannung bzw. Hoch- und Mittelspannung (VSE Verteilnetz GmbH, Vorarlberger Energienetze GmbH). Diese Netzbetreiber haben dementsprechend auch eine sehr geringe bis keine versorgte Fläche in der Niederspannung und sehr wenige Zählpunkte im Vergleich zur Netzlänge und zur Ausspeisung. Zudem erfolgt hier keine oder eine nur sehr geringe Einspeisung aus dezentralen, regenerativen Energiequellen. Es ist fraglich, ob letztendlich ein Modell gefunden werden kann, das alle diese Besonderheiten adäquat abbilden kann. In jeder realistischen und wissenschaftlich sachgerechten Betrachtung muss erwartet werden, dass solche Netzbetreiber als Ausreißer identifiziert und vor der Berechnung der Effizienzwerte aus dem Datensatz entfernt werden (vgl. Abschnitt 5.2).

3.2.1 Beste Stückkosten gesondert analysieren

Eine weitere Möglichkeit zum Auffinden von Besonderheiten ist die Darstellung von Stückkosten je Vergleichsparameter (TOTEX bzw. sTOTEX je Vergleichsparameter). Durch die Aufstellung einer Rangliste kann so je Parameter der Netzbetreiber mit den geringsten Stückkosten ermittelt werden. Neben einer allgemeinen energiewirtschaftlich-technischen Überprüfung aller Daten (vgl. Abschnitt 3.1) sollten die Angaben für diese Unternehmen gesondert geprüft werden um sicherzustellen, dass es sich nicht um Eingangsfehler handelt. Sind die Angaben fehlerfrei, sollte geprüft werden, ob die geringen Stückkosten durch strukturelle Unterschiede in der Versorgungsaufgabe zustande kommen.

Die Stückkosten für die 17 Vergleichsparameter, die für die drei bisher ausgearbeiteten Modelle RP2+, BU1+, TD2+ in Betracht gezogen werden, wurden berechnet und die

Rangfolge festgelegt. Eine Liste aller Netzbetreiber, die bei mindestens einem dieser Parameter auf Rang 1 liegen, befindet sich in Tabelle 1. Es fällt auf, dass die Industrienetzbetreiber, sowie ein Netzbetreiber, der nur die Hochspannungsebene bedient, auch in Hinblick auf die Stückkosten auffällig sind und bei einigen Parametern die besten Stückkosten aufweisen. Zudem haben kleinere Stadtwerke häufig sehr geringe Stückkosten, was ggf. darauf zurückzuführen ist, dass Kosten für höhere Netzebenen zwar anfallen, aber als vorgelagerte Netzkosten gerade nicht Teil der Benchmarkkosten sind (vgl. Abschnitt 4.3.2).

Auffällig ist zudem, dass manche Netzbetreibern lediglich in einem einzigen Parameter besonders geringe Stückkosten aufweist. Netzbetreibern mit solchen Alleinstellungsmerkmalen kommen insbesondere in der DEA eine große Bedeutung zu. Als Peerunternehmen beeinflussen sie die Effizienzwerte aller Netzbetreiber. Sie sollten daher gesondert analysiert werden.

Tabelle 1: Netzbetreiber mit den besten Stückkosten

	Stückkosten TOTEX		Stückkosten sTOTEX	
Name Netzbetreiber	Anz. Rang 1	Parameter mit Rang 1	Anz. Rang 1	Parameter mit Rang 1
VW Kraftwerk GmbH	0		1	yEnergy.delivered.sum (z-score: -2,8)
Stadtwerke Marburg GmbH	1	yPeakload.corr.ms_ns (z-score: -2,5)	1	yPeakload.corr.ms_ns (z-score: -2,7)
Stadtwerke Ochtrup	1	yInjectionPoints.renewables.solar.ms (z-score: -0,7)	1	yInjectionPoints.renewables.solar.ms (z-score: -0,6)
Stadtwerke Schneverdingen-Neuenkirchen	1	yNetlengthms (z-score: -0,7)	1	yNetlengthms (z-score: -0,7)
Schleswig-Holstein Netz AG	1	yInstalledPower.renewables.tot (z-score: -0,9)	1	yInstalledPower.renewables.tot (z-score: -0,9)
DB Energie GmbH	1	yLines.circuit.hshoes (z-score: -0,3)	1	yLines.circuit.hshoes (z-score: -0,3)
Evonik Degussa GmbH	1	yCables.circuit.hshoe (z-score: -0,4)	1	yCables.circuit.hshoes (z-score: -0,4)
Bayernwerk Netz GmbH	1	yInstalledPower.NE4to7 (z-score: -1,0)	1	yInstalledPower.NE4to7 (z-score: -1,0)
GWS Netz GmbH	3	yConnections.incl.inj&strtl.RP2.sum (z-score: -0,2) yLines.circuit.tot (z-score: -0,3) yLines.circuit.incl.streetlight.tot (z-score: -0,3)	1	yConnections.incl.inj&strtl.RP2.sum (z-score: -0,2)
GWE-energis Netzgesellschaft mbH & Co. KG	0		2	yLines.circuit.tot (z-score: -0,3) yLines.circuit.incl.streetlight.tot (z-score: -0,3)
EWE Netz GmbH	2	yNet.length.ns (z-score: -1,7) yCables.circuit.tot (z-score: -0,1)	2	yNet.length.ns (z-score: -1,6), yCables.circuit.tot (z-score: -0,1)
Stadtwerke Greifswald GmbH	2	yMeters.read.tot (z-score: -0,11) yMeters.active.tot (z-score: -0,11)	2	yMeters.read.tot (z-score: -0,11) yMeters.active.tot (z-score: -0,11)
Vorarlberger Energie netze GmbH	3	yEnergy.delivered.sum (z-score: -2,7)	2	yPeakload.abs.sim.max (z-score: -0,6)

		yPeakload.abs.sim.max (z-score: -0,6) yPeakload.corr.hs_ms (z-score: -0,7)		yPeakload.corr.hs_ms (z-score: -0,7)
--	--	---	--	---

3.2.2 Große Abstände zwischen den Stückkosten beachten

Neben einer Analyse der besten Stückkosten sollte auch die Abstände der Stückkosten überprüft werden, denn dies kann Hinweise auf dominante Netzbetreiber oder ggf. sogar Datenfehler liefern. Um zu prüfen, wie groß der Abstand der jeweiligen Netzbetreiber auf die durchschnittlichen Stückkosten ist, werden die Stückkosten mit dem Mittelwert und der Standardabweichung normalisiert (sogenannte z-scores). Ein z-score von -1 bedeutet zum Beispiel, dass ein Unternehmen Stückkosten ausweist, welche eine Standardabweichung geringer sind als der Durchschnitt aller Unternehmen. Sehr hohe negative z-scores bedeuten, dass ein Unternehmen selbst unter Berücksichtigung der Streuung sehr geringe Stückkosten aufweist und ggf. als zu dominant aus dem Datensatz ausgeschlossen werden muss (vgl. Abschnitt 5.2). Die z-scores der Netzbetreiber mit den besten Stückkosten sind ebenfalls in Tabelle 1 dargestellt.

Z-scores mit hohen negativen Werten finden sich beispielsweise bei der Summe der Ausspeisung über alle Spannungsebenen (yEnergy.delivered.sum). Hier weisen die Vorarlberger Energienetze GmbH (TOTEX) und die VW Kraftwerk GmbH (sTOTEX) die niedrigsten Stückkosten auf. Diese Stückkosten sind selbst unter Berücksichtigung der Streuung sehr gering im Vergleich zum Durchschnitt aller Unternehmen. Gegeben der Tatsache, dass es sich bei diesen zwei Unternehmen um einen Industrienetzbetreiber und einen Netzbetreiber handelt, der nur die Hochspannungsebene bedient, stellt sich hier die Frage der strukturellen Vergleichbarkeit in ganz grundsätzlicher Weise.

Die Stadtwerke Marburg GmbH weisen die niedrigsten Stückkosten für den Parameter Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen im Bereich MS_NS (yPeakload.corr.ms_ns) auf. Ein z-score von -2,5 bzw. -2,7 deutet darauf hin, dass diese Stückkosten selbst unter Berücksichtigung der Streuung im Vergleich zum Durchschnitt aller Unternehmen sehr gering sind. Gegeben der Tatsache, dass es sich bei der Höchstlast häufig um einen berechneten Wert und nicht um einen gemessenen Wert handelt, sollte hier überprüft werden, ob die Angaben energiewirtschaftlich plausibel und fehlerfrei sind.

4 Modellbildung

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur plant, die Modellbildung auf drei Stufen durchzuführen: In der ersten Stufe sollen auf Basis von statistischen Regressionsmodellen mögliche Modellkandidaten gefunden werden. Ziel ist es dabei, Modellkandidaten zu

finden, die die zugrundeliegende Datenstruktur gut erklären. Diese Modellkandidaten sollen auf der zweiten Stufe weiterentwickelt werden. Diese Weiterentwicklungen sollen dann in einem dritten Schritt anhand ingenieurwissenschaftlicher und konzeptioneller Überlegungen beurteilt werden. Auf Basis dieser drei Arbeitsschritte soll eine einzige Kombination von Vergleichsparametern gefunden werden, die dann sowohl in der SFA als auch in der DEA angewendet wird um die Effizienzvorgaben zu bestimmen.

Grundsätzlich ist eine umfassende Analyse auf Basis unterschiedlicher Gesichtspunkten (statistisch, ökonomisch/regulatorisch und ingenieurwissenschaftlich) zu begrüßen. Eine Fokussierung auf statistische Methoden alleine birgt ein hohes Risiko, dass relevante Vergleichsparameter ausgelassen werden, da jeder statistische Test mit erheblichen beta-Fehlern verbunden ist. Unter dem beta-Fehler versteht man die Wahrscheinlichkeit, dass ein möglicher Vergleichsparameter auf Basis von Signifikanztests insignifikant erscheint (und damit nicht in das Modell aufgenommen wird), obgleich er in Wahrheit ein relevanter Vergleichsparameter ist.

Generell scheint sich das Beraterkonsortium jedoch selbst das Ziel auferlegt zu haben, ein möglichst „kompaktes“ Modell mit wenigen Vergleichsparametern und wenigen Ausreißern zu finden. Unseren detaillierten Kritikpunkten am geplanten Vorgehen der Berater bezüglich der Modellfindung bereits jetzt vorausgeschickt: Bei dieser Wunschvorstellung der Berater handelt es sich bei der gegebenen Heterogenität des Datensatzes um einen klassischen Zielkonflikt. Der Datensatz umfasst beispielweise ausländische Netzbetreiber mit 50km Hochspannungskabel, Industrienetze mit wenigen (stellenweise nur einem einzigen) Kunden bis hin zu großen Flächennetzbetreibern wie die Netze BW, die nahezu ein ganzes Bundesland auf nahezu allen Netzebenen versorgen (vgl. Abschnitt 3.2). Diese Heterogenität ist auch im internationalen Regulierungskontext einmalig und muss durch geeignete Vergleichsparameter hinreichend abgebildet werden – was gegen „kompakte“ Modelle spricht. Ansonsten muss hingenommen werden, dass eine größere Anzahl von Netzbetreibern auf Basis weniger Vergleichsparameter nicht vergleichbar gemacht werden kann und diese als Ausreißer vor der Schätzung der Effizienzwerte zu entfernen sind.

4.1 Statistische Kostentreiberanalyse

Bei der statistischen Kostentreiberanalyse wird mit Hilfe von Regressionsmethoden versucht, geeignete Modellkandidaten zu finden. Es sollen dabei zwei verschiedene Methoden angewendet werden: zum einen ein „Top-Down-Ansatz“ unter Anwendung „sequentieller hierarchischer Regressionen“ und zum anderen ein „Bottom-Up-Ansatz“ unter Anwendung unterschiedlicher Modelle, die jeweils eine Teilmenge von möglichen Vergleichsparametern umfassen („Best-Subset-Regression“). Diese Methoden sollen auf Basis linearer OLS-Regressionen auf Niveaulevel angewendet werden.

Die Auswahl der Vergleichsparameter hat mit qualitativen, analytischen oder statistischen Methoden zu erfolgen, die dem Stand der Wissenschaft entsprechen (§13 ARegV). Das grundsätzliche Problem bei der Modellauswahl liegt darin, dass die Anzahl möglicher Vergleichsparameter weitaus höher ist als die Anzahl der Beobachtungen. Hierarchische und „Best-Subset-Regressionen“ sind zwei mögliche Ansätze, die in der wissenschaftlichen Literatur für die Analyse von hochdimensionalen Daten angewendet werden. In der Literatur sind jedoch auch die Probleme der beiden Methoden hinreichend bekannt, wie zum Beispiel Pfadabhängigkeiten (insbesondere bei hierarchischen Regressionen).¹ Über diese beiden Methoden hinaus, finden sich in der Literatur auch andere regressionsbasierte Methoden zur Auswahl von Kostentreibern (zum Beispiel „Least-Absolute-Shrinkage-Selector-Operator“).² Daher sollte das Beraterkonsortium überprüfen, ob nicht noch weitere in der Wissenschaft bekannte Methoden angewendet werden müssen, um eine Vorauswahl von Modellkandidaten vorzunehmen.

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur verweist darauf, dass durch das von ihnen gewählte Vorgehen sowohl die Modellauswahl für die SFA als auch für die DEA optimiert wäre, da keine der beiden Methoden zur Kostentreiberanalyse angewendet werde. Dieser Aussage kann aus Sicht der Netze BW nicht gefolgt werden; sie entspricht schlicht nicht der Realität. Die SFA und DEA unterscheiden sich in zwei fundamentalen Aspekten: Zum einen ist die SFA eine regressionsbasierte Methode, die genauso wie eine OLS-Regression mit Modell- oder Datenfehlern zumindest zu einem gewissen Ausmaß umgehen kann. Die DEA dagegen ist, zumindest in der von den Beratern angewendeten Form, eine deterministische Methode, die keine Daten- oder Modellfehler verzeiht. Zweitens unterstellt die SFA genau wie die OLS eine einheitliche Kostenwirkung von Kostentreibern für alle Netzbetreiber (Schätzkoeffizienten = Gewichte) solange keine Interaktionsterme oder Polynome berücksichtigt werden. Die DEA basiert gerade nicht auf dieser Restriktion. Jedes Unternehmen erhält eine individuelle Gewichtung für jeden Kostentreiber abhängig von der individuellen Relevanz des Parameters für die Kosten des Netzbetreibers. Daher kann die DEA Effektheterogenitäten abbilden, während die SFA eine durchschnittliche und einheitliche Kostenwirkung des jeweiligen Parameters für alle Netzbetreiber modelliert. Von Effektheterogenität spricht man, wenn die Kostenwirksamkeit für unterschiedliche Netzbetreiber unterschiedlich ausfällt, beispielsweise wenn bezüglich der dezentralen Einspeisung nur bei einigen Netzbetreibern eine größere Kostenwirkung zu erwarten ist (vgl. Abschnitt 4.3.1) Eine regressionsbasierte Ableitung von möglichen Modellkandidaten optimiert damit – wenn überhaupt – lediglich die SFA, nicht jedoch die DEA.

¹ Vgl. Z.B. Belloni, A., V. Chernozhukov und C. Hansen, 2014, Inference on Treatment Effects after Selection among High-Dimensional Controls, *Review of Economic Studies*, Vol. 81, No. 2, 608-650.

² Vgl. z.B. Bühlmann, Peter & van de Geer, Sara (2008), *Statistics for High-Dimensional Data*

4.1.1 Exaktes Vorgehen bei der Kostentreiberanalyse nicht nachvollziehbar

Aus den bislang veröffentlichten Unterlagen ist es nicht möglich, das Vorgehen der Kostentreiberanalyse zu replizieren. Für beide Methoden ist unklar, welche Variablen genau berücksichtigt wurden. Für den „Top-Down-Ansatz“ fehlt der gewählte Pfad zum Einbezug der Variablen. Beim „Bottom-Up-Ansatz“ fehlt eine Beschreibung zur Auswahl von Modellen gänzlich: Bei 56 Variablen und einer Modellgröße von bis zu 8 Parametern sollten doch wesentlich mehr als 415 bzw. 472 mögliche „Subsets“ berücksichtigt werden (Folie 101 des von der Bundesnetzagentur im Nachgang zur Marktkonsultation bereitgestellten Gesamtfoliensatzes)? Das Vorgehen der Berater zur Durchführung der Kostentreiberanalyse sollte daher im Gutachten exakt beschrieben und die Berechnungscodes offengelegt werden, sodass die Branche die Möglichkeit hat, dieses Vorgehen nachzuvollziehen.

4.1.2 Keine optimale Anzahl von Parametern

Auf Folie 95 des von der Bundesnetzagentur im Nachgang zur Marktkonsultation bereitgestellten Gesamtfoliensatzes präsentiert das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur eine Grafik, welche belegen soll, dass die optimale Anzahl von Vergleichsparametern bei etwa sechs läge und dass Modelle mit mehr als acht Parametern eindeutig überspezifiziert wären (mündliche Aussage von Herrn Prof. Agrell im Rahmen des Konsortionsworkshops). Diese Grafik und sämtliche Aussagen bezüglich einer optimalen Anzahl von Vergleichsparametern sind nicht sachgerecht und sollten bei der Auswahl von Modellen keinerlei Rolle spielen.

Zum einen enthält die Grafik keinerlei Aussagen über Modelle mit mehr als acht Parametern, denn das Beraterkonsortium hat keinerlei Modelle mit mehr als acht Parametern berücksichtigt (siehe Hinweis auf Folie 101 des Gesamtfoliensatzes). Sämtliche Aussagen darüber, dass das BIC nach acht Variablen möglicherweise wieder ansteige, ist daher Spekulation und nicht durch empirische Evidenz gedeckt. Zum anderen stellt die Grafik nicht vollständig die Ergebnisse einer kompletten „Bottom-Up-Untersuchung“ dar, sondern lediglich wenige Modelle pro Anzahl von Vergleichsparametern, wobei unklar ist, nach welchen Kriterien die dargestellten Modelle ausgewählt wurden (die mit den geringsten BIC-Werten?).

Die Netze BW hat eine eigene „Bottom-Up-Untersuchungen“ vorgenommen. Die detaillierte Beschreibung des Vorgehens befindet sich im Anhang zu dieser Stellungnahme. Abbildung 1 stellt die Ergebnisse dieser „Bottom-Up-Untersuchung“ dar. Diese wird sowohl auf einer Niveau-Betrachtung (analog zu den Beratern) als auch auf Basis von normiert-linearen und log/log linearen Modellen durchgeführt. Wie in Abschnitt 4.1.4 im Detail dargestellt, können einfache lineare Modelle aufgrund von Heteroskedastizität nicht dazu verwendet werden, eine Kostentreiberanalyse durchzuführen. Es ist zudem zu beachten, dass bei der „Bottom-Up-Untersuchung“ eine Reihe von Modellen zu einer

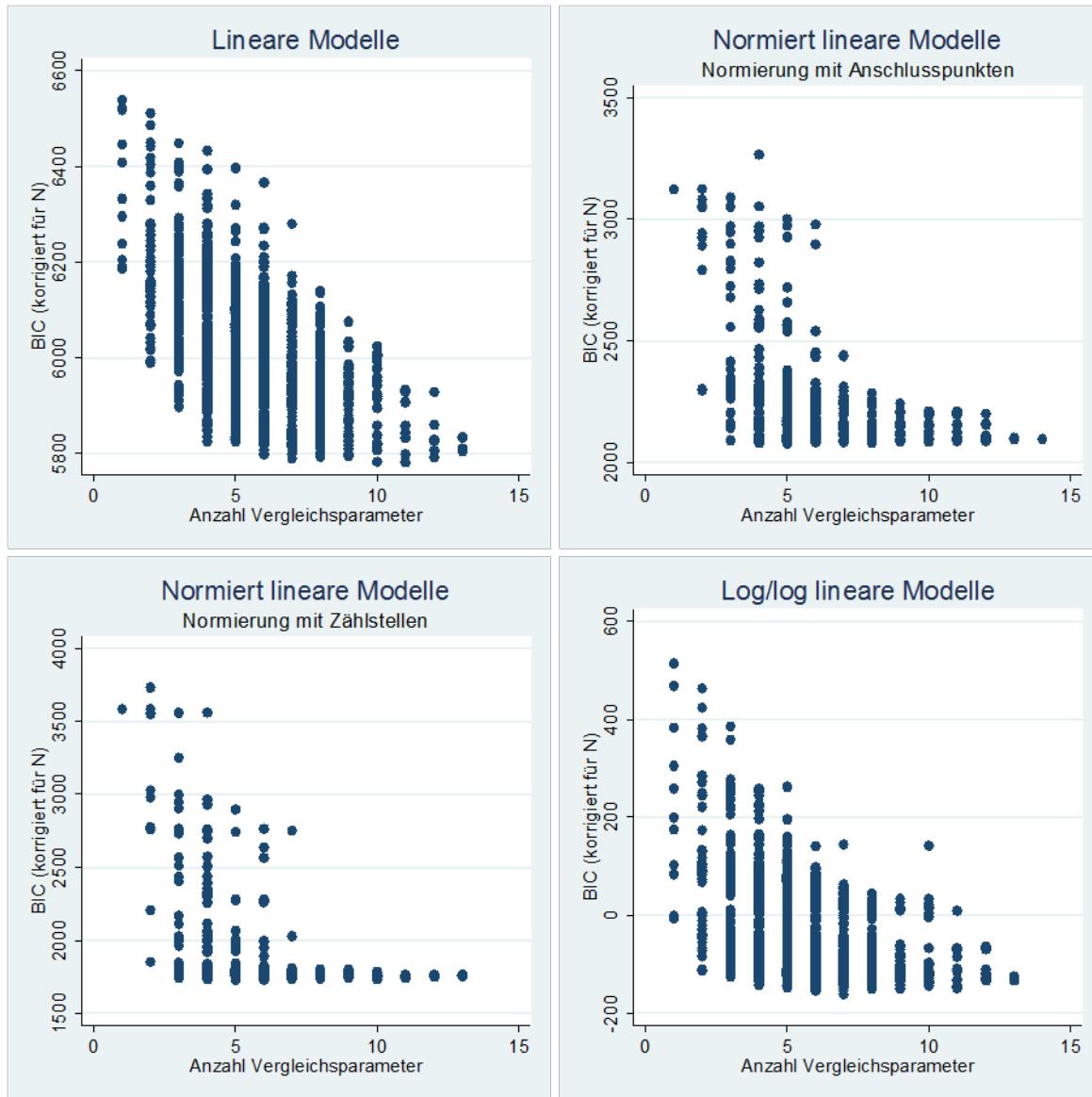
sehr großen Anzahl von Ausreißern führen (basierend auf hohen Cook's Distance Werten, vgl. Abschnitt 4.1.7). Gütemaße wie der BIC sind abhängig von der Größe der verwendeten Stichprobe. Um die Ergebnisse nicht durch diese Größeneffekte zu beeinflussen, wurden die BIC-Werte auf eine einheitliche Stichprobengröße normiert.³

Abbildung 1 belegt, dass Modelle mit sechs Parametern nicht generell besser sind als Modelle mit mehr Parametern. Der geringste (korrigierte) BIC-Wert verbleibt auf vergleichsweise ähnlichem Niveau und steigt entgegen der Aussage der Berater der Bundesnetzagentur nach acht Vergleichsparametern nicht wieder an. Allerdings zeigt die vollständige Darstellung der Ergebnisse, dass das Risiko eines statistisch gesehen „schlechten“ Modells mit der Anzahl von Vergleichsparametern sinkt, da die Streuung der BIC-Werte deutlich abnimmt. Natürlich kann es statistisch gesehen auch „gute“ Modelle mit wenigen Parametern geben. Vollständigere Modelle reduzieren aber das Risiko, dass relevante Vergleichsparameter bei einer zu restriktiven Parameterauswahl nicht aufgenommen werden – weil zum Beispiel das Beraterkonsortium das Gefühl hat, ein Modell sei bereits zu „voll“. Es gilt daher: Im Zweifelsfalle sollten Modellparameter eher aufgenommen als abgelehnt werden.

³ Die Normierung wird durchgeführt, in dem für die Ausreißer das durchschnittliche Log-Likelihood angesetzt wird und der Bestrafungsterm für die Anzahl der Schätzkoeffizienten auf die Anzahl der Beobachtungen inklusive Ausreißer berechnet wird:

$$BIC_c = \frac{N^{incl. Outlier}}{N^{excl. Outlier}} (BIC - \ln(N^{excl. Outlier})k) + \ln(N^{incl. Outlier})k$$

Abbildung 1: Vergleich BIC mit Anzahl der Vergleichsparameter



Generell erscheint die Fokussierung des Beraterkonsortiums auf eine „optimale“ Anzahl von Vergleichsparametern ohnehin nicht zielführend. Ziel muss es sein, den Auftrag aus §21a EnWG, nämlich erreichbare und robuste Effizienzwerte unter Berücksichtigung von objektiven Unterschieden zu berechnen, bestmöglich zu erfüllen. Dazu braucht es angesichts der extremen Heterogenität des Datensatzes geeignete Modelle. Die Minimierung der Anzahl von Vergleichsparametern ist hingegen keine der in §21a EnWG genannten Aufgaben des Effizienzvergleichs.

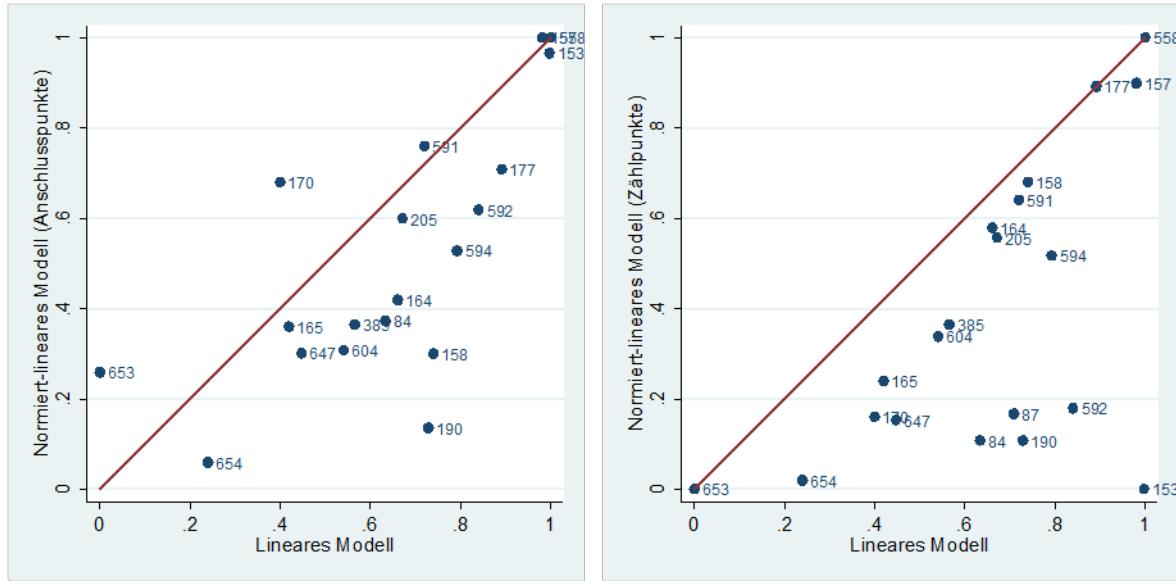
4.1.3 Keine Kostentreiberanalyse auf Basis von linearen Modellen

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur führt eine Kostentreiberanalyse auf Basis von einfachen linearen Modellen durch. Eine Erklärung, warum dieses Vorgehen notwendig oder sinnvoll erscheint, konnte das Beraterkonsortium auch auf direkte Nachfrage nicht liefern.

Die Wahl der funktionalen Form ist nicht nur für die Durchführung der Effizienzwertberechnung, sondern auch bereits bei der Durchführung einer Kostentreiberanalyse relevant. Anders als die Berater während des Konsultationsworkshops mündlich dargestellt haben, basiert die Durchführung einer Kostentreiberanalyse auch auf linearen OLS-Regressionsmodellen auf einer Reihe von Annahmen, die in den Daten erfüllt sein müssen, um glaubwürdige Aussagen treffen zu können.

Vor dem Hintergrund der immensen Größenunterschiede der Netzbetreiber ist es aus wissenschaftlicher Sicht nicht sachgerecht, eine Kostentreiberanalyse auf Basis von einfachen linearen Modellen durchzuführen. Die Größenunterschiede sind enorm und führen zu erheblichen Heteroskedastizitätproblemen. Die von der Netze BW durchgeführte „Bottom-Up–Untersuchung“ identifiziert nur 2 Modelle, die keine Anzeichen von Heteroskedastizität aufweisen (vgl. Abschnitt 4.1.4). Auch die extrem hohen R2s der Modelle, welche auf Seite 94 des Foliensatzes präsentiert wurden, zeigen deutlich, dass es sich nicht etwa um gute Modelle handelt wenn nur ein Parameter berücksichtigt wird, sondern nur, dass die Varianz der Kosten extrem groß ist. Hohe Kosten korrelieren stark mit großen Kostentreibern; ein hoher R2-Wert kann durch jeden Kostentreiber erreicht werden, egal welchen.

Abbildung 2: Relevanz der verschiedenen Vergleichsparameter



Es ist zu erwarten, dass diese extrem große Heterogenität nicht nur zu kleineren Verzerrungen der Standardfehler führt, sondern auch, dass die Schätzkoeffizienten massiv verzerrt sein werden.⁴ Auf Basis dieser Regressionen kann daher keine Aussage zu möglichen Vergleichsparametern getroffen werden. Stattdessen sollte die Kostentreiberanalyse auf den gleichen Modelltypen durchgeführt werden, die am Ende auch für die Effizienzmessung verwendet werden (also normiert-lineare Modelle oder Log/log-lineare Modelle).

Vergleicht man die Ergebnisse der Kostentreiberanalyse mit mehreren Modelltypen, zeigt sich, dass die unterschiedlichen Modelltypen auch sehr unterschiedliche Kostentreiberkombinationen als mögliche Modellkandidaten identifizieren. Dies verdeutlicht Abbildung 2, welche angibt, wie häufig eine Variable in den verschiedenen Modellen der „Bottom-Up-Untersuchung“ der Netze BW signifikant war. Die Variablennummerierung entspricht dabei der Nummerierung der Datenveröffentlichung. Zum Beispiel wird die Variable 190 (Anzahl von Leitungsmasten) in dem linearen Modell relativ häufig als signifikant erkannt, spielt aber für die Mehrzahl der normiert-linearen oder log/log-linearen Modellen keine Rolle.

Vor dem Hintergrund dieser empirischen Evidenz ist es daher notwendig, dass eine Vorauswahl von Kostentreibern nicht auf Basis eines Modelltyps getroffen wird, der später dann gar nicht mehr verwendet werden kann. Wenn das Beraterkonsortium letztendlich also normiert-lineare oder logarithmierte Modelle zur Berechnung der Effizienzwerte in Betracht zieht, muss die Vorauswahl der Parameter ebenfalls auf diesem Modelltyp

⁴ Vgl. z.B. Kennedy, P. (2008), *A Guide to Econometrics* 6. ed., Wiley-Blackwell

durchgeführt werden. Daher sollten aus einer „Bottom-Up- und „Top-Down-Untersuchung“ jeweils drei mögliche Grundmodelle ausgewählt werden, d.h. jeweils das beste Modell aller mit Anschlusspunkten normiert-linearen Modelle, aller mit Zählpunkten normiert-linearen Modelle und aller logarithmierten Modelle.

4.1.4 Heteroskedastizität beachten

Bei der Berechnung der Effizienzwerte muss Heteroskedastizität beachtet werden. In der SFA werden die Residuen der Regression in einen Fehlerterm und Ineffizienz aufgeteilt. Diese Aufteilung setzt voraus, dass die Residuen entweder bereits eine konstante Varianz aufweisen oder dass die Heteroskedastizität im Schätzverfahren geeignet modelliert wurde. Wenn Heteroskedastizität nicht adäquat berücksichtigt wird, sind die resultierenden SFA-Effizienzwerte stark verzerrt.⁵

Tabelle 2: Anteil Modelle (%) in denen Homoskedastizität nicht abgelehnt wird

	Linear	Normiert-linear: Anschlusspunkte	Normiert-linear: Zählpunkte	Log/log-linear
Breusch-Pagan-Test: fitted	1%	11%	61%	56%
Breusch-Pagan-Test: RHS	0%	8%	31%	63%
White-Test: fitted	4%	18%	72%	62%
White-Test: RHS	3%	23%	56%	74%

Auf Basis der von der Netze BW durchgeführten „Bottom-Up-Untersuchung“ zeigt sich, dass dieses Problem auf keinen Fall vernachlässigt werden darf: Bei linearen Modellen ist nahezu kein einziges Modell nicht von Heteroskedastizität betroffen. Logarithmierte Modelle oder mit Zählpunkten normierte Modelle scheinen noch am ehesten geeignet dieses Problem zu lösen. Jedoch gibt es auch hier eine Reihe von Modellen, bei der Heteroskedastizität entweder in der Modellierung der SFA-Regression berücksichtigt werden müsste oder generell nicht verwendet werden kann (vgl. Tabelle 2).

4.1.5 Häufig keine Rechtsschiefe der Residuen

Falls Ineffizienz vorliegt, ist dies durch eine Rechtsschiefe der OLS-Residuen erkennbar.⁶ Die Ergebnisse der „Bottom-Up-Untersuchung“ der Netze BW zeigen, dass diese Voraussetzung insbesondere in logarithmierten Modellen häufig nicht gegeben ist (vgl.

⁵ Vgl. z.B. Caudill, S. B., J. M. Ford, and D. M. Gropper (1995), Frontier estimation and firm-specific inefficiency measures in the presence of heteroscedasticity, *Journal of Business and Economic Statistics* 13: 105–111.

⁶ Vgl. z.B. Coelli, T. J (1995), Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: A Monte Carlo analysis. *Journal of Productivity Analysis* 6: 247–268.

Tabelle 3). Eine Rechtsschiefe findet sich lediglich in linearen und normiert-linearen Modellen.

Tabelle 3: Verteilung der OLS-Residuen

	Rechtsschiefe	Normalverteilung ablehnen
Linear	72%	100%
Normiert-linear: Anschlusspunkte	84%	53%
Normiert-linear: Zählpunkte	93%	71%
Log/log-linear	24%	20%

Aber auch in vielen normiert-linearen Modellen ist die Rechtsschiefe jedoch nicht sonderlich ausgeprägt. In sehr vielen Fällen kann die Nullhypothese, dass die Residuen normalverteilt sind, auf einem 5%-Konfidenzintervall nicht abgelehnt werden (Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung). Es ist daher davon auszugehen, dass die SFA-Effizienzwerte generell sehr hoch sein werden und dass das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur massive Probleme haben wird, in der SFA überhaupt konvergierende Modelle zu finden. Konvergenzprobleme wurden in der Vergangenheit oft als Modellspezifizierungsfehler interpretiert. Gegeben der Tatsache, dass in vielen Modellen jedoch die erforderliche Rechtsschiefe der Residuen entweder gar nicht vorliegt oder nicht sehr ausgeprägt ist, sollte bei der Modellauswahl auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass Ineffizienzen mittlerweile bereits abgebaut wurden. Im Zweifelsfalle sollten daher eher Modelle mit höherer Durchschnittseffizienz ausgewählt werden.

4.1.6 Multikollinearität nicht überbewerten

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur schließt Modellkandidaten aufgrund von Multikollinearität aus, da bei Multikollinearität die Schätzkoeffizienten einzeln nicht mehr interpretierbar sind. Der Varianzinflationsfaktor (VIF) gibt an, wie stark eine einzige Variable mit anderen Variablen korreliert ist. Die Berater stuften VIF-Werte von über 10 als „zu hoch“ ein und verwerfen ein Modell mit hohem VIF. Dieses sehr restriktive Verfahren führt dazu, dass eine Vielzahl möglicher Modellen nicht berücksichtigt wird (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Anteil der Modelle mit VIF > 10

Linear	83%
Normiert-linear: Anschlusspunkte	6%
Normiert-linear: Zählpunkte	6%
Log/log-linear	80%

Dieses restriktive Vorgehen ist in der wissenschaftlichen Literatur unüblich und sollte auch im vorliegenden Fall nicht angewendet werden:⁷ Zum einen werden in der Wissenschaft üblicherweise nicht ganze Modelle aufgrund von Multikollinearität verworfen. Wenn überhaupt werden lediglich diejenigen Variablen aus einem Modell entfernt, die Multikollinearität auslösen. Alternativ würde auch die Möglichkeit bestehen, die stark miteinander korrelierten Variablen zum Beispiel mittels einer „Principal-Component-Analyse“ zusammenzufassen. Zum anderen kommt es beim Umgang mit Multikollinearität darauf an, welches Ziel man mit einer Regression verfolgt (beispielsweise Schätzung kausaler Zusammenhänge oder Vorhersagen): Weder die Daten noch das Untersuchungsdesign lassen in irgendeiner Form eine kausale Interpretation einzelner Schätzkoeffizienten zu. Das einzige mögliche Untersuchungsdesign zur Identifizierung kausaler Effekte wäre eine Identifikationsstrategie auf beobachtbaren Variablen („conditional independence“), wobei allerdings für alle möglichen Störfaktoren („confounders“) kontrolliert werden müsste. Das Weglassen von eventuell relevanten Kostentreibern macht daher die verbleibenden Schätzkoeffizienten nicht „kausaler“. Das Beste was das Beraterkonsortium mittels einer Regressionsanalyse erreichen kann ist daher ein guter Vorhersagewert für die Gesamtkosten. Multikollinearität beeinflusst dabei die Güte des Vorhersagewerts nicht. Es entspricht daher gerade nicht dem Stand der Wissenschaft, Multikollinearität durch Weglassen von Variablen zu reduzieren, wenn eine abhängige Variable lediglich vorhergesagt werden soll. Drittens ist das Vorliegen von Multikollinearität für die Schätzung der finalen Effizienzwerte sowohl in der SFA als auch in der DEA unproblematisch, was durch unterschiedliche Monte Carlo Studien bestätigt wird.⁸ Das restriktive Vorgehen, sämtliche Modelle mit einem VIF>10 nicht weiter zu berücksichtigen, ist daher gar nicht notwendig. Und zuletzt ist der Anteil der Modelle mit hohen VIF-Werten stark abhängig von der gewählten funktionalen Form: Hohe VIF-Werte finden sich überwiegend in linearen oder log-linearen Modellen sind aber eher unüblich in nor-

⁷ Vgl. z.B. Kennedy, P. (2008), A Guide to Econometrics 6. ed., Wiley-Blackwell

⁸ Vgl. z.B. Andor, M & Hesse, F (2011), A Monte Carlo Simulation comparing DEA, SFA and two simple approaches to combine efficiency estimates CAWM Discussion Paper No. 51, University of Münster. Jensen, U. (2005). Misspecification preferred: The sensitivity of inefficiency rankings. *Journal of Productivity Analysis*, 23:223-244.

miert-linearen Modellen. Die hohen VIF-Werte in den linearen und log-linearen Modellen sind daher eher als Zeichen für die erheblichen Größenunterschiede der Netzbetreiber zu werten.

4.1.7 Ausreißer bereits bei der Modellfindung beachten

Grundsätzlich sind Ausreißer bereits bei der Modellfindung zu beachten. Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur verlangt von einem Modell, dass die Parameter sowohl in einem unrestringierten Modell inklusive aller Ausreißer als auch in einer robusten OLS-Schätzung signifikant sind (ROLS). Auch scheint die Modellgüte allein auf Basis des Models inklusive aller Ausreißer bewertet zu werden.

Auch dieses Vorgehen entspricht nicht dem Stand der Wissenschaft. Ausreißer sind in allen Spezifizierungen relevant – stellenweise werden auf Basis von Cook's Distance Werten mehr als 10% des Datensatzes als Ausreißer klassifiziert (siehe Tabelle 5). Dies bedeutet dann allerdings: Weder die Modellgüte noch die Signifikanz der Parameter der unrestringierten Modellen (inklusive aller Ausreißer) sollten bei der Modellfindung berücksichtigt werden, denn die finalen Modelle können sich nach Entfernung von Ausreißern von den unrestringierten Modellen stark unterscheiden.

Tabelle 5: Ausreißer (%)

	Durchschnitt	Min	Max
Linear	8%	3%	15%
Normiert-linear: Anschlusspunkte	4%	2%	10%
Normiert-linear: Zählpunkte	5%	1%	12%
Log/log-linear	5%	2%	9%

4.2 Weiterentwicklung der Modelle

Aus den Grundmodellen der von den Beratern durchgeführten Kostentreiberanalyse (BU1 und TD2) und dem in der zweiten Regulierungsperiode angewendeten Modell (RP2) soll nach dem Vorgehen des Beraterkonsortiums ein finales Modell zur Effizienzmessung abgeleitet werden. Hier geht das Beraterkonsortium „händisch“ vor: Insignifikante Parameter sowie Parameter mit dem „falschen“ Vorzeichen werden aus der Liste der Vergleichsparameter entfernt. Gleichzeitig sollen Parameter vervollständigt werden, sodass möglichst alle Netzebenen abgebildet sind. Zudem wird die Korrelation der resultierenden SFA- und DEA-Effizienzwerte bewertet, da sich das Beraterkonsortium selbst zum Ziel gesetzt hat, eine möglichst hohe Übereinstimmung zwischen DEA- und SFA-Effizienzwerten zu erreichen. Die Berater setzen daher eine hohe Korrelation der DEA-

und SFA Effizienzwerte als Qualitätskriterium an. Letztendlich wird mittels einer Second-Stage Analyse überprüft, ob ggf. noch Parameteranpassungen notwendig sind.

Derzeit geht das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur von drei Grundmodellen aus: das Modell der zweiten Regulierungsperiode mit einer normiert-linearen Form und den Anzahl der Anschlusspunkten als Normierungsfaktor (RP2), ein Modell, welches aus der „Bottom-Up-Analyse“ resultiert und in normiert-linearer Form mit der Anzahl der Zählpunkten als Normierungsfaktor geschätzt wird (BU1) und letztendlich ein Modell aus der „Top-Down-Analyse“, das in logarithmierter Form oder als Translog geschätzt werden soll (TD2).

Es ist uns nicht möglich nachvollziehen, wie genau die Bundesnetzagentur zu den beiden Grundmodellen BU1 und TD2 kommt, denn das Vorgehen der Kostentreiberanalyse ist unzureichend beschrieben und somit weitgehend eine „Black-Box“ (vgl. Abschnitt 4.1.1). Die Weiterentwicklung der Modelle ist jedoch relativ gut dokumentiert und die Netze BW schlägt daher vor, im finalen Gutachten ähnlich vorzugehen und die einzelnen Anpassungsschritte zu beschreiben. Offen ist derzeit jedoch noch, wie die einzelnen Kriterien ausgelegt werden. Ab wann ist denn zum Beispiel die Korrelation zwischen DEA- und SFA-Effizienzwerten „OK“? Welche konzeptionellen Kriterien werden genau an das Modell angelegt und wie werden diese überprüft (vgl. hierzu auch Abschnitt 4.3.1)? Das finale Gutachten sollte eine geeignete Beschreibung beinhalten.

Sämtliche derzeit vorgestellten Modelle wurden auf den uns zur Verfügung stehenden Daten berechnet (soweit dies möglich war⁹). Das Vorgehen ist detailliert im Anhang beschrieben. Die folgenden Hinweise beziehen sich auf diese vorläufigen Berechnungen.

4.2.1 Modell der zweiten Regulierungsperiode (RP2 und RP2+)

Mit dem Datensatz, welcher der Branche zur Verfügung gestellt wurde, ist das Modell der zweiten Regulierungsperiode grundsätzlich anwendbar: Das Modell konvergiert in beiden SFA-Berechnungen und ist vergleichsweise wenig mit Heteroskedastizität belastet. Am auffälligsten hinsichtlich Heteroskedastizität sind die Variablen für „installierte erneuerbare Erzeugungsleistung“ sowie die „Anzahl der Zählpunkte“. Einige Schätzkoefizienten sind zwar positiv allerdings nicht signifikant. Lediglich der Schätzkoefizient für die „installierte erneuerbare Erzeugungsleistung“ ist negativ, jedoch ist der Koeffizient nahe Null, sodass in der SFA keine negativen Einflüsse (auch bei großer installierte erneuerbare Erzeugungsleistung) zu erwarten sind. Im Durchschnitt ergeben sich aus der SFA-Modellierung Effizienzwerte von 91,35% (TOTEX) und 91,65% (sTOTEX). Die Effizienzwerte in der DEA liegen deutlich geringer (85,32% für TOTEX und 84,16% für sTOTEX). Sowohl in der SFA als auch in der DEA wird eine Reihe von Unternehmen als

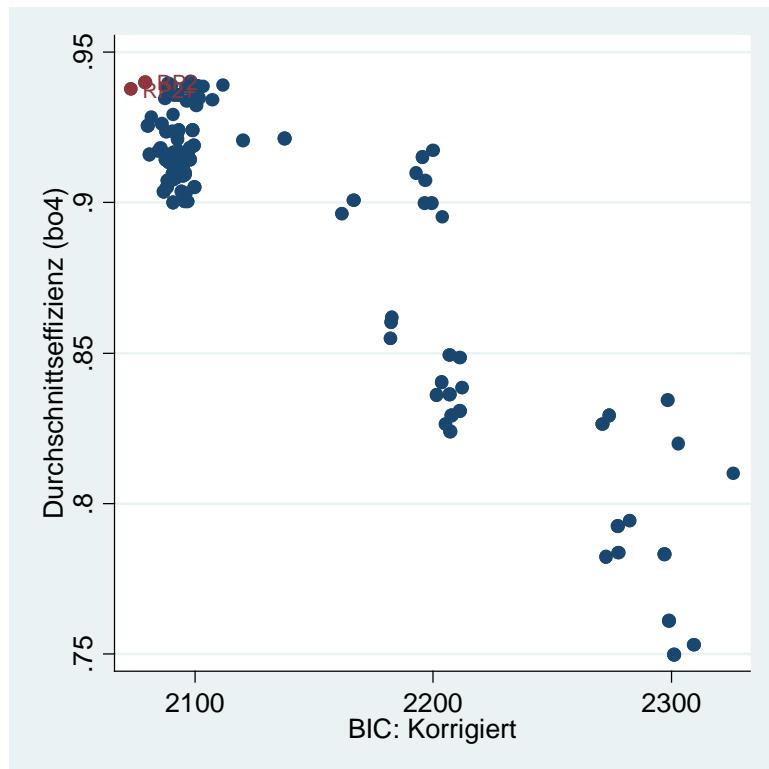
⁹ In den der Branche zur Verfügung gestellten Datensatz konnte aufgrund fehlender Konvergenz keine Berechnung der SFA-Effizienzwerte für das weiterentwickelte Modell TD2+ durchgeführt werden.

Ausreißer klassifiziert. In der DEA gelten 32 Unternehmen als „Peerunternehmen“. Hierbei ist auffällig, dass einige dieser Peerunternehmen extrem hohe Supereffizienzwerte aufweisen. Zum Beispiel hat die VW Kraftwerk GmbH einen Supereffizienzwert von 180%. Dies bedeutet, dass die VW Kraftwerk GmbH ihre Kosten nahezu verdoppeln könnte und immer noch effizient bliebe. Diese hohen Supereffizienzwerte bedeuten nicht zwangsläufig ein Fehler bei der Modellfindung, das Problem muss allerdings in der Ausreißeranalyse adäquat adressiert werden (vgl. hierzu auch Abschnitt 5.2).

In der Weiterentwicklung des Modells (RP2+) wird zusätzlich die „Netzlänge der Höchstspannungsleitungen und –kabel“ berücksichtigt und mit der „Netzlänge der Hochspannungsleitungen und –kabel“ zusammengefasst. Die „versorgte Fläche“ wird nicht mehr berücksichtigt und anstelle der „installierten erneuerbare Erzeugungsleistung“ wird lediglich die „Anzahl der Anschlusspunkte für Solaranlagen in der Mittelspannung“ berücksichtigt. Das Gütemaß (BIC und korrigiertes BIC) sinkt leicht, allerdings nicht so deutlich, dass man tatsächlich von einer wesentlichen Modellverbesserung ausgehen kann. Die durchschnittlichen SFA- und DEA-Effizienzwerte nehmen im Vergleich zur Ausgangsspezifikation leicht ab, sodass der bestabgerechnete Effizienzwert im Vergleich zur Ausgangsspezifizierung sinkt (93,78%). Problematisch hohe Supereffizienzwerte von Peerunternehmen finden sich auch in dieser Spezifizierung. Zudem sind die „Netzlänge in der Niederspannung“, die „Zählpunkte“ und die „Anzahl der Anschlusspunkte für Solaranlagen in der Mittelspannung“ im geringen Maß auffällig in Bezug auf Heteroskedastizität.

Im Vergleich zu allen Modellen der „Bottom-Up-Analyse“ der Netze BW schneiden beide Modelle relativ gut ab (vgl. Abbildung 3). Im Vergleich zu allen mit Anschlusspunkten normiert-linearen Modellen, die in beiden SFA-Modellen konvergierten und die in keinem der SFA-Modelle Anzeichen von Heteroskedastizität aufwiesen (basierend auf dem White-Test, fitted) sind beide Modelle durch einen sehr geringem BIC gekennzeichnet und führen zu einer sehr hohen Durchschnittseffizienz. Zu beachten ist allerdings, dass die mit Anschlusspunkten normierten linearen Modelle am häufigsten mit Heteroskedastizität belastet waren (vgl. Abschnitt 4.1.4), stellenweise mit Konvergenzprobleme einhergingen oder zu extremen Vorhersagen der effizienten Kosten (zum Beispiel negative Weerte für die effizienten Kosten, d.h. $xb < 0$) führten. Von den 2.197 Modellen, die wir berechnet haben, kommen für die SFA daher lediglich 167 Modelle in Betracht (vgl. Anhang 6.3 zur Auswahl der Modelle). Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die „Bottom-Up-Analyse“ der Netze BW aufgrund der kurzen Konsultationsfrist derzeit noch relativ wenige disaggregierte Modelle enthält (vgl. Anhang 6.1). Es ist daher angeraten, diesen Vergleich auch mit einer größeren Anzahl von disaggregierten Modellen erneut durchzuführen.

Abbildung 3: Vergleich RP2 und RP2+ mit Ergebnissen der „Bottom-Up-Analyse“



Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Modell der zweiten Regulierungspunkte noch die „Anschlusspunkte für Straßenbeleuchtung“ beinhaltet, was nach der Rechtsaufassung des Oberlandesgerichts Düsseldorf noch zu korrigieren wäre. Aufgrund der zu vermutenden stark unterschiedlichen Handhabung bei der Vergabe von pauschalen Messpunkten ist auch hier ggf. noch eine Bereinigung notwendig (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.1). Unzureichend ist zudem die Abbildung der dezentralen Erzeugung: Durch eine selektive Abbildung einer einzigen Erzeugungsart (Solar) in einer einzigen Spannungsebene (Mittelspannung) wird implizit unterstellt, dass sämtliche anderen Erzeugungsarten in anderen Spannungsebenen keinerlei Kosten verursachen. Hier ist eine Anpassung des Modells dringend geboten (vgl. hierzu auch die Abschnitte 4.3.1).

4.2.2 Modelle der „Bottom up“ Analyse (BU1 und BU1+)

Das Modell aus der „Bottom-up-Untersuchung“ der Berater enthält lediglich die Parameter „Summe der Ausspeisung“, „Summe der Freileitungen über alle Spannungsebenen“, „installierte Bemessungsscheinleistung“ sowie die „installierte Erzeugungsleistung aller EEG-Erzeugungsanlagen aus Windenergie“. Auffällig ist, dass das Modell BU1 auf Seite 109 des Foliensatzes (Zusammenfassung der wichtigsten Grundmodelle) und das Ausgangsmodell auf Seite 114 nicht übereinstimmen. Die folgenden Ausführungen bezie-

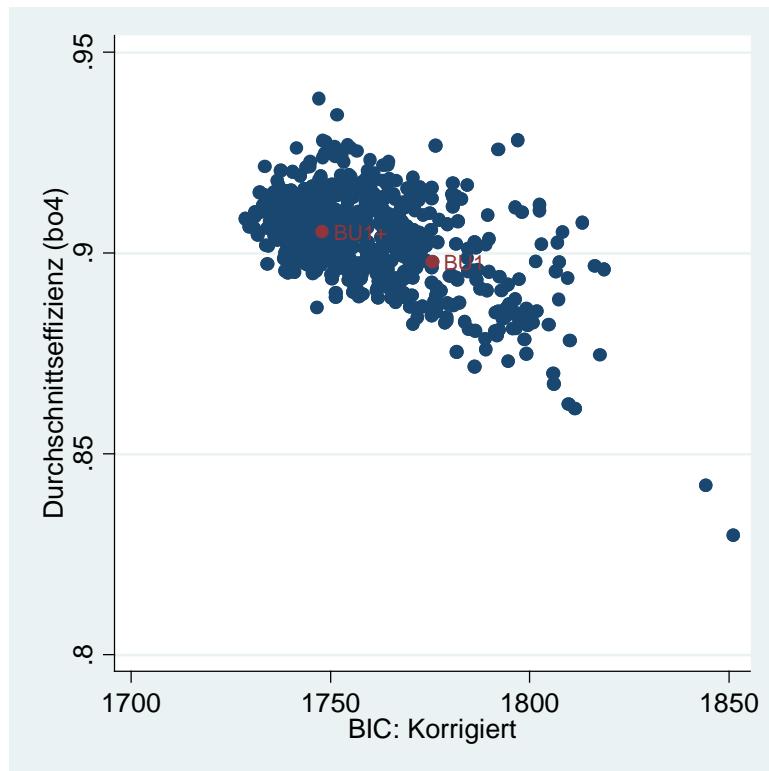
hen sich auf das erst genannte Grundmodell aus Seite 109 des Foliensatzes. In der Weiterentwicklung dieses Modells werden die „Summe der Ausspeisung“, „installierte Erzeugungsleistung aller Erzeugungsanlagen“, die „Stromkreislänge Kabel und Freileitung“ als zusätzliche Vergleichsparameter berücksichtigt. Diese Modelle werden in normiert-linearer Form mit der „Anzahl der Zählpunkte“ (ohne Pauschalanlagen) als Normierungsfaktor geschätzt.

Im Grundmodell sowie in der Weiterentwicklung sind sämtliche Schätzparameter positiv und bis auf die „installierte Erzeugungsleistung aller Erzeugungsanlagen“ sind alle Schätzkoeffizienten signifikant. In seiner Weiterentwicklung ist das Modell von Heteroskedasitität betroffen – was insbesondere durch den Parameter „Stromkreislänge Kabel“ ausgelöst ist. Überraschend ist aber, dass das Grundmodell überhaupt jemals ausgewählt wurde, denn die „Ausspeisung“ und die „Bemessungsscheinleistung“ sind stark multikollinear, was nach den eigenen Ansprüchen des Beraterkonsortiums weitgehend vermieden werden soll (vgl. hierzu Abschnitt 4.1.6). Obgleich relativ wenige Parameter berücksichtigt wurden, sind beide Modelle durch eine relativ hohe Durchschnittseffizienz gekennzeichnet (89,8% und 90,5%). Da beide Modelle kaum Vergleichsparameter berücksichtigen, werden allerdings deutlich weniger Unternehmen als Ausreißer identifiziert. Auch hier ist zu beobachten, dass einige der Peerunternehmen deutlich überhöhte Supereffizienzwerte aufweisen. Zudem sind Peerunternehmen überwiegend kleine Netzbetreiber, die nur wenige Spannungsebenen bedienen.

Beide Modelle schneiden im Vergleich zu mit Zählpunkten normiert-linearen Modellen der „Bottom-Up-Analyse“ der Netze BW höchstens mittelmäßig ab (vgl. Abbildung 5). Es gibt eine große Anzahl von Modellen, die ein deutlich höheres Gütemaß ausweisen und zu höheren Durchschnittseffizienzwerten führen. Dies belegt auch noch einmal eindrücklich: das bisherige Verfahren zur Identifizierung von möglichen Modellkandidaten ist unzureichend und muss zwingend angepasst werden (vgl. Abschnitt 4.1).

Beide Modelle zum jetzigen Zeitpunkt auch aus ingenieurwissenschaftlicher und regulatorischer Perspektive unzureichend spezifiziert. Beispielsweise wird noch nicht einmal die „Höchstlast“ berücksichtigt – der Parameter, der aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht bislang als prioritär eingestuft wurde (siehe hierzu auch Abschnitt 4.3.1). Außerdem wurde eine Vielzahl der in § 12 ARegV genannten Parameter gar nicht berücksichtigt und das Modell erkennt in keiner Weise, in welchen Spannungsebenen ein Unternehmen tätig ist (vgl. Abschnitt 4.3.2). Auf Basis von sorgfältig durchgeföhrten Kostenreiberanalysen können auch für diesen Modelltyp (d.h. mit Zählpunkten normiert-lineare Modelle) geeignetere Modelle gefunden werden. In diesem Falle sind Durchschnittseffizienzwerte zu erwarten, die deutlich über dem bisherigen Modellen liegen.

Abbildung 4: Vergleich BU1 und BU1+ mit Ergebnissen der „Bottom Up-Analyse“



4.2.3 Modelle der „Top-Down-Analyse“ (TD2 und TD2+)

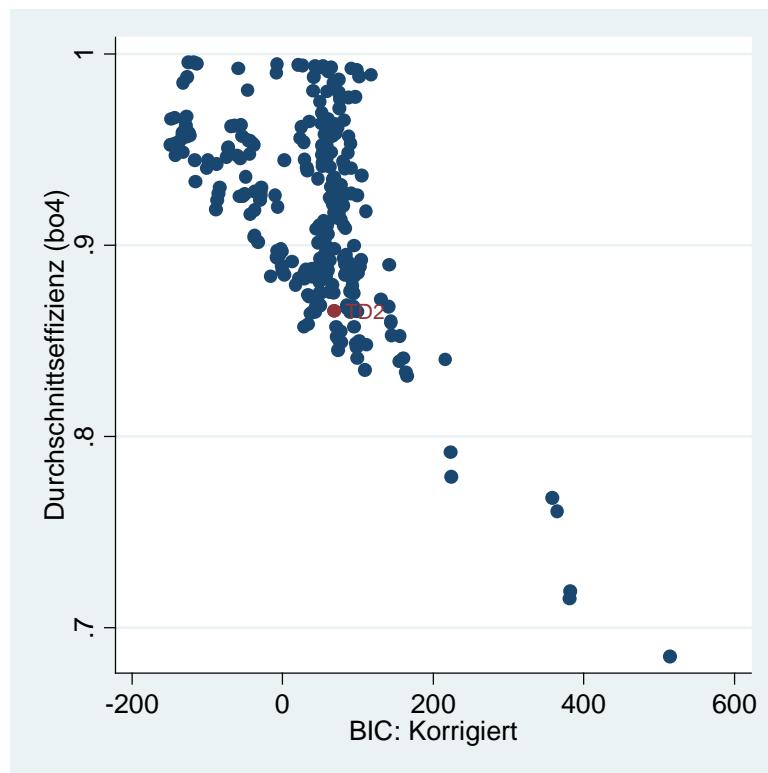
Das Ausgangsmodell der „Top-Down-Analyse“ der Berater beinhaltet die „höchste zeitgleiche Summe der viertelstündlichen vorzeichenunabhängigen Belastung aller Stationen“, die „Anzahl von Zählpunkten (inkl. Pauschalanlagen)“, „die Stromkreislänge Kabel über alle Spannungsebenen“ sowie die „installierte Erzeugungsleistung aller EEG-Erzeugungsanlagen“. In der Weiterentwicklung wird dieses Modell noch um die „Stromkreislänge Freileitungen über alle Spannungsebenen“ erweitert. Nach Angaben der Berater soll dieses Modell entweder in einer logarithmierten Version oder als Translog-Modell geschätzt werden. Im Folgenden wird dieses Modell als logarithmiertes Modell bewertet.

Zu beachten ist, dass derzeit nur das Ausgangsmodell konvergiert, nicht jedoch dessen Weiterentwicklung. Das Ausgangsmodell führt zu einer durchschnittlichen Effizienz von 86%. Obwohl logarithmierte Modelle eigentlich gut geeignet sind, um das Problem der Heteroskedastizität zu vermeiden, ist dieses Modell mit Heteroskedastizität belastet –

insbesondere ausgelöst durch die „Anzahl der Zählpunkte“ und die „installierte Erzeugungsleistung“.

Das Modell schneidet im Vergleich zu anderen logarithmierten Modellen schlecht ab (vgl. Abbildung 5). Es gibt eine große Anzahl von Modellen, die ein deutlich besseres Gütemaß ausweisen und zu höheren Durchschnittseffizienzwerten führen. Das Modell ist zudem unvollständig: Es werden zum Beispiel nur Kabel aber keine Freileitungen berücksichtigt und eine disaggregierte Betrachtung von Netzebenen wird in keinem Falle vorgenommen. In seiner derzeitigen Form ist das Modell daher nicht anwendbar.

Abbildung 5: Vergleich TD2 mit Ergebnissen der „Bottom-Up-Analyse“



4.2.4 Fazit zur Weiterentwicklung der Modelle

Zum jetzigen Zeitpunkt ist lediglich das Modell der zweiten Regulierungsperiode und dessen Weiterentwicklung in der Lage, bei der gegebenen funktionalen Form (normiert-linear mit Anschlusspunkten) die Kosten glaubwürdig zu beschreiben. Dies bedeutet allerdings noch nicht, dass absolut das beste Modell bereits gefunden ist, denn die Ergebnisse einer geeigneten Kostentreiberanalyse auf alternativen funktionalen Formannahmen (normiert-linear mit Zählpunkten oder log-linear/Translog) müssen ebenfalls

berücksichtigt werden. Die derzeitigen Modelle aus der Kostentreiberanalyse schneiden im Vergleich zu anderen möglichen Modellen schlecht ab, was darauf zurückzuführen ist, dass die Kostentreiberanalyse nicht sorgfältig und dem Stand der Wissenschaft entsprechend durchgeführt wurde. Das Verfahren zur Identifizierung von geeigneten Grundmodellen sollte daher überarbeitet werden.

4.3 Auswahl des finalen Modells

Sofern dem Vorgehen des Beraterkonsortiums gefolgt wird, muss aus diesen drei Modellen (RP2+, BU1+, TD2+) letztendlich ein finales Modell abgeleitet und ausgewählt werden. Auf statistische Tests kann sich das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur dabei nicht mehr verlassen, denn die Gütemaße der verschiedenen Modelltypen sind nicht miteinander vergleichbar. Bei der finalen Auswahl spielen eher qualitative Kriterien eine Rolle.

4.3.1 Ingenieurwissenschaftliche Analysen nutzen

Die weiterentwickelten Modellkandidaten sollen nach dem Vorgehen des Beraterkonsortiums einer ingenieurwissenschaftlichen Analyse unterzogen werden. Grundsätzlich ist dies zu begrüßen, denn jede statistische Auswertung ist immer auch mit einem beta-Fehler verbunden. Es ist daher möglich, dass ein Parameter aus rein statistischer Betrachtung irrelevant erscheint, aus ingenieurwissenschaftlichen Überlegungen jedoch notwendig ist.

Aus den bisherigen Ausführungen der Berater bleibt allerdings vollkommen unklar, nach welchen Kriterien und Methoden eine ingenieurwissenschaftliche Überprüfung durchgeführt wird. Auch diese Methoden und Kriterien sollten Gegenstand einer Konsultation sein und im Ergebnisbericht ausführlich dokumentiert werden. Für den Effizienzvergleich Gas wurden von den im Beraterkonsortium beteiligten Ingenieuren umfangreiche Berechnungen und Modellanalysen durchgeführt. Es wäre wünschenswert, wenn im Effizienzvergleich Strom ähnlich vorgegangen würde und basierend auf ingenieurwissenschaftlichen Modellen Aussagen zu einer möglichen Relevanz von Parametern getroffen wird.

Bislang konnte die ingenieurwissenschaftliche Betrachtung lediglich die Höchstlast bzw. die Höchstbelastung als Parameter mit guter Eignung identifizieren. Bei einem gegebenen Netzgebiet (d.h. gleiche Ausdehnung, gleichen geographischen Gegebenheiten, etc.) mit einer gegebenen Verteilung der Anschlusspunkte mag es nachvollziehbar sein, dass die Netzkosten überwiegend durch die Last bestimmt werden. Allerdings sind die Netzgebiete der einzelnen Verteilnetzbetreiber hinsichtlich anderer Parameter (zum Beispiel Größe, Anschlussdichte, etc.) nicht vergleichbar und es ist daher verwunderlich, dass aus einer ingenieurwissenschaftlichen Analyse nicht mehr Parameter zwingend

notwendig erscheinen. Für den Effizienzvergleich Gas haben die beteiligten Ingenieure aufgrund umfangreicher Simulationen deutlich mehr Variablen als prioritär erkannt.¹⁰

Dabei sind unter anderem auch die Ergebnisse der BMWi-Verteilnetzstudie¹¹ aus dem Jahr 2014 zu beachten, bei denen die ingenieurwissenschaftlichen Berater der Bundesnetzagentur, das IAEW, ebenfalls mitgewirkt haben. Diese Studie belegt, dass der Zuwachs von dezentraler Erzeugung erhebliche Mehrkosten in den Verteilnetzen verursacht. Außerdem zeigt die Studie, dass die Kostenwirkung aufgrund der heterogenen Struktur der Verteilernetze und des lokal divergierenden Zubaus von EE-Anlagen je nach Regionen und Spannungsebenen unterschiedlich ausfällt, was sich auch mit eigenen Berechnungen der Netze BW deckt.¹² Die Verteilnetzstudie des BMWi kam zu der Überzeugung, dass der Effizienzvergleich dieser zunehmenden Heterogenität der Verteilernetzbetreiber gerecht werden muss. Es ist daher an der Zeit, dass das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur aus einer ingenieurwissenschaftlichen Perspektive eine geeignete Abbildung von EE-Einspeisung vorschlägt.

Darüber hinaus sollte eine ingenieurwissenschaftlichen Analyse Aufschluss über eine mögliche funktionale Form geben. Insbesondere stellt sich die Frage, ob tatsächlich von einem linearen Kostenzusammenhang zwischen den relevanten Vergleichsparametern und den Kosten ausgegangen werden kann, wie die bisherigen Modellkandidaten (RP2+ und BU1+) der Berater unterstellt wird. Zumindest für den Effizienzvergleich Gas konnten die beteiligten Ingenieure aufgrund umfangreicher Simulationen einen linearen Kostenverlauf klar verneinen. Auch für den Effizienzvergleich für Stromverteilnetzbetreiber sollten ähnliche Untersuchungen zur funktionalen Form durchgeführt werden.

4.3.2 Regulatorische Anforderungen beachten

Obgleich mit der ARegV-Novelle von 2016 keine Pflichtparameter für den Effizienzvergleich mehr vorgeben sind, werden in §13 ARegV noch eine Reihe von Parametern genannt, welche die Versorgungsaufgabe von Netzbetreibern aus Sicht des Verordnungsgebers gut abbilden können (Vermutungsregelung). Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur sollte den Wegfall von Pflichtparametern nicht dahingehend interpretieren, dass diese Parameter keine Bedeutung mehr haben. Diese Parameter sollten vielmehr priorisiert überprüft und im Zweifelsfalle als Vergleichsparameter aufgenommen werden. Falls diese Parameter nicht aufgenommen werden können, sollte das Beraterkonsortium dies ausführlich begründen. Dies ist bislang nur bzgl. der Empfehlung der

¹⁰ Vgl. Frontier Economics, Foliensatz zur Konsultation Effizienzvergleich VNB Gas vom 19.07.2017

¹¹ E-Bridge, IAEW, OFFIS (2014), *Moderne Verteilernetze für Deutschland* (Verteilnetzstudie), Forschungsprojekt Nr. 44/12, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

¹² Vgl. Netze BW (2016), Netzmodell für die Problematik der Gleichbehandlung von Wind- und PV-Einspeisung im Benchmark der Bundesnetzagentur

Nichtaufnahme von Maßnahmen des Einspeisemanagements zu erkennen, nicht jedoch für die anderen in §13 ARegV genannten Parameter.

In einem Effizienzvergleich muss aus regulatorisch-konzeptioneller Sicht zudem berücksichtigt werden, ob der Netzbetreiber die übergeordneten Netzebenen selbst betreibt oder diese Versorgungsleistung von vorgelagerten Netzbetreibern bezieht. Dies ergibt sich aus den verordnungsrechtlichen, regulatorischen Regelungen zum Einbezug verschiedener Kostenarten in den Effizienzvergleich: Hat ein Unternehmen eigene Hoch- oder Mittelspannungsnetze, dann sind die Kosten dieser Netzebenen Teil des Effizienzvergleichs. Betreibt ein Unternehmen diese Netzebenen nicht, entstehen auch für diesen Netzbetreiber Kosten für die vorgelagerten Netzebenen. Diese sind aber für den Benchmark nicht relevant, denn vorgelagerte Netzkosten werden als dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten klassifiziert. Wenn diese Unterschiede nicht berücksichtigt werden, ist zu befürchten, dass kleinere Unternehmen, die nur in der Niederspannung tätig sind den Benchmark für große Unternehmen setzen, die benchmarkrelevant alle Spannungsebenen bedienen.

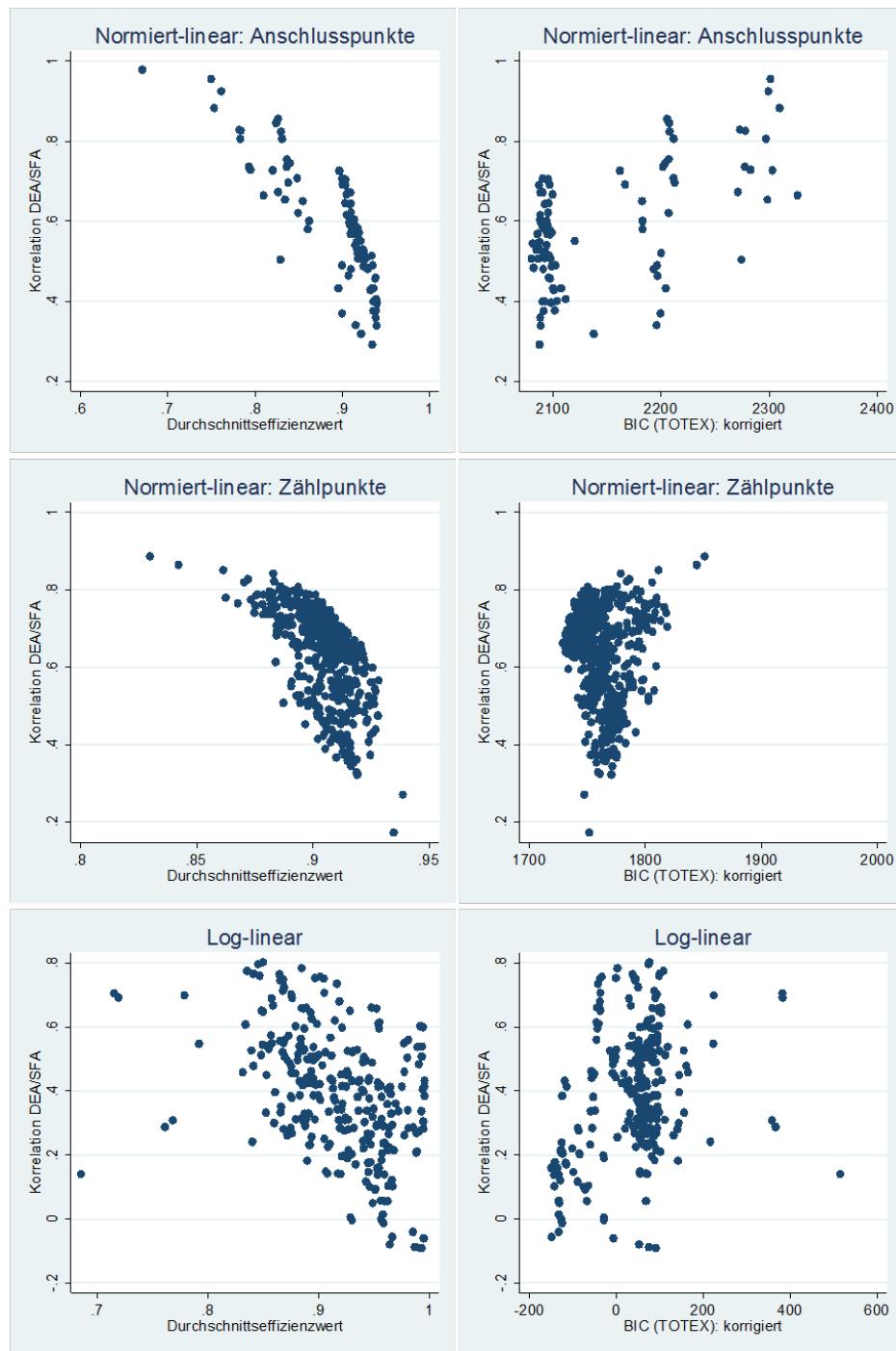
Ein einfaches Beispiel belegt dieses Problem: Angenommen ein Netzbetreiber betreibt ein Niederspannungsnetz (Länge 10 km, Kosten pro km Niederspannung sind 1€) und ein Mittelspannungsnetz (Länge 10 km, Kosten pro km Niederspannung sind 2€). Die benchmarkrelevanten Kosten sind somit 30 € Auf eine gesamte Netzlänge von 20 km sind die Stückkosten 1,5€ pro km Gesamtnetz. Würde sich der gleiche Netzbetreiber in einen Niederspannungsnetzbetreiber und einen Mittelspannungsnetzbetreiber aufteilen, wären die Gesamtkosten für den Niederspannungsnetzbetreiber zwar weiterhin 30€, denn er trägt die Kosten für das Mittelspannungsnetz i.H.v. 20€ als vorgelagerte Netzkosten. Benchmarkrelevant sind jedoch nur die 10€ des eigenen Netzes; 20€ sind als dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten nicht benchmarkrelevant. Die Stückkosten für diesen Netzbetreiber sinken somit auf 1€ pro km Netzlänge. Im Effizienzvergleich wird der integrierte Netzbetreiber mit dem reinen Niederspannungsnetzbetreiber verglichen. Da seine Kosten pro km Leitung mit 1,5€ deutlich höher sind als die Stückkosten des reinen Niederspannungsnetzbetreibers (1€) erhält das integrierte Unternehmen einen Effizienzwert von nur 67%, obwohl es sich gedanklich um das gleiche Unternehmen handelt. Der Effizienzwert wird nur dann richtig gebildet, wenn die Leitungslänge disaggregiert abgebildet wird. Hier erhält jeder Netzbetreiber einen Effizienzwert von 100%.

Eine disaggregierte Abbildung z.B. der Leitungslängen über alle Spannungsebenen ist daher aus regulatorischer Sicht aufgrund der Aufteilung von Kosten in Benchmarkkosten und dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten unumgänglich. Die bislang vorgeschlagenen Modelle BU1+ und TD2+ verwenden lediglich die aggregierte Leitungslänge über alle Netzebenen und sind somit abzulehnen (vgl. Abschnitte 4.2.2 und 4.2.3.).

4.3.3 Keine zwingende Übereinstimmung von DEA- und SFA-Effizienzwerten

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur nimmt eine hohe Korrelation von den DEA- und SFA-Effizienzwerten als Gütekriterium in die Modellauswahl auf (z.B. Seite 87 des Gesamtfoliensatzes). Dabei geht das Beraterkonsortium davon aus, dass die Ergebnisse der SFA und DEA konvergieren, wenn das „wahre“ Modell gefunden wird.

Abbildung 6: Vergleich Durchschnittseffizienz/BIC mit Korrelationskoeffizient DEA/SFA



Es gibt eine Vielzahl von Gründen, warum von einer Konvergenz der DEA- und SFA-Ergebnisse nicht auszugehen ist und daher dieses Kriterium zur Modellauswahl nicht verwendet werden kann: Erstens, beim Vorliegen von Datenfehlern kann die DEA nicht zu unverzerrten Ergebnissen führen. Von Datenfehlern ist derzeit stark auszugehen (vgl.

hierzu Abschnitt 3). Zweitens, der SFA-Effizienzwert entspricht keinem unverzerrten Schätzer für $E(u)$ sondern einem unverzerrten Schätzer für $E(u|e)$. Durch diese Mean-Shrinking-Eigenschaft der SFA-Schätzer können die SFA-Effizienzwerte nie ihrem „wahren“ Wert entsprechen.¹³ Letztendlich geht die SFA von einer gleichen (durchschnittlichen) Kostenwirkung (Schätzkoeffizienten = Gewichte) von Vergleichsparametern aus – es sei denn Effektheterogenitäten wurden geeignet modelliert. Die DEA hingegen vergibt individuelle Gewichte für jeden Netzbetreiber.

Eine hohe Korrelation der DEA- und SFA-Effizienzwerte als Modellkriterium vorauszu setzen führt zudem dazu, dass Modelle mit eher geringeren Durchschnittseffizienz und schlechteren statistischen Güteeigenschaften gewählt werden (vgl. Abbildung 6). In dieser Abbildung werden die Korrelationskoeffizienten zwischen den bestabgerechneten DEA- und den bestabgerechneten SFA-Effizienzwerten der bestabgerechneten Durchschnittseffizienz (links) und dem BIC (rechts) gegenübergestellt.

Abbildung 6 belegt, dass eine hohe Korrelation der DEA- und SFA-Effizienzwerte nach den Analysen der Netze BW insbesondere in Modellen mit sehr geringer Durchschnittseffizienz zu finden ist. Zudem ist eine hohe Korrelation der DEA- und SFA-Effizienzwerte in Modellen mit besonders geringer Güte (hohem BIC) zu finden.

Letztendlich steht das Kriterium einer hohen Übereinstimmung von DEA- und SFA-Effizienzwerten im Gegensatz zur Intention der ARegV durch eine Bestabrechnung der Effizienzwerte der zwei unterschiedlichen Methoden die Schwächen der jeweils anderen Methode zu kompensieren. Wird über die Modellauswahl versucht, mit beiden Methoden zu ähnlichen Ergebnissen zu kommen, widerspricht dies der ursprünglichen Intention des Gesetzgebers.¹⁴

4.3.4 Keine Anwendung von Second-Stage Analysen zur Modellvalidierung

Das Beraterkonsortium der Bundesnetzagentur plant die Anwendung von Second-Stage-Analyse zur Modellvalidierung. Bei einer Second-Stage-Analyse wird mittels graphischer Überprüfungen und (Tobit-) Regressionen analysiert, ob ein systematischer Zusammenhang zwischen den bestabgerechneten Effizienzwerten eines Modells und den nicht in das Modell aufgenommenen Vergleichsparametern besteht.

Dieses Vorgehen kann aus Sicht der Netze BW nicht angewendet werden: Es ist in der wissenschaftlichen Literatur schon seit langem bekannt, dass die Second-Stage-

¹³ Vgl. Wang, H.J. & Schmidt, P. (2002), One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels, *Journal of Productivity Analysis*, 18(2): S. 129-144.

¹⁴ Nur im ursprünglichen Gesetzentwurf zur ARegV vom 15.06.2007 war eine hohe Korrelation von den DEA und SFA Effizienzwerten als Gütekriterium noch vorgesehen (vgl. Bundesrat Drucksache 417/07). Dieser Passus wurde jedoch nicht in die Verordnung aufgenommen.

Analyse auf SFA-Effizienzwerte generell nicht angewendet werden kann.¹⁵ In der DEA kann eine Second-Stage-Analyse nur für sogenannte Z-Variablen, die nicht mit den im Modell bereits berücksichtigten Variablen korreliert sind, verwendet werden.¹⁶ Eine Anwendung der Second- Stage-Analyse auf bestabgerechnete Effizienzwerte scheidet somit aus.

Anstelle einer Second-Stage-Analyse müssten aus Sicht der Netze BW vielmehr Sensitivitätsanalysen zur Modellvalidierung angewendet werden. Hierbei wird ein neues Effizienzmodell geschätzt, bei dem bislang nicht verwendete Vergleichsparameter in das Modell aufgenommen werden. Anschließend werden dann die Unterschiede zwischen den resultierenden Effizienzwerten bewertet.

Dass die beiden Methoden zu sehr unterschiedlichen Aussagen führen soll am Beispiel des Modells „BU2+“ gezeigt werden. Dieses Modell lehnt die Netze BW in seiner derzeitigen Form unter anderem deswegen ab, weil unterschiedliche Spannungsebenen im Modell nicht abgebildet werden und daher von erheblichen Verzerrungen für die Unternehmen auszugehen ist, die höhere Spannungsebenen selbst bedienen und deren Kosten somit Teil der Benchmarkkosten sind (vgl. Abschnitte 4.2.2 und 4.3.2).

Die Second-Stage-Analyse suggeriert allerdings, dass eine Abbildung der Leitungslängen nach verschiedenen Spannungsebenen unnötig ist: Graphisch (siehe Abbildung 7, links) lässt sich – wenn überhaupt – lediglich ein positiver Zusammenhang zwischen der Stromkreislänge HS/Hoes und den Effizienzwerten erkennen. Aus der Regressionsanalyse auf Basis eines Tobit-Modells ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Leitungslängen in den verschiedenen Spannungsebenen und den bestabgerechneten Effizienzwerten zu erkennen. Die Second-Stage-Analyse liefert also keine Anhaltspunkte dafür, dass eine disaggregierte Abbildung der Leitungslänge in Betracht gezogen werden müsste.

Dieser Sachverhalt stellt sich allerdings in einer Sensitivitätsanalyse anders dar. Hierbei werden die aggregierte Kabel- und Freileitungslänge durch disaggregierte Vergleichsparameter auf verschiedenen Spannungsebenen ersetzt (BU2++). Graphisch zeigt sich, dass in diesem Modell gänzliche andere Unternehmen zu Peer- und Ausreißerunternehmen mit einem Effizienzwert von 100% werden (siehe Abbildung 7, rechts). Auch

¹⁵ Vgl. Wang, H.J. & Schmidt, P. (2002), One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels, *Journal of Productivity Analysis*, 18(2): S. 129-144.

¹⁶ Vgl. Bunker, R.D. & Natarajan, R. (2008), Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis, *Operations Research*, Vol. 56(1), 48-58; Simar, L. & Wilson, P.W. (2007), Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes, *Journal of Econometrics*, 136(1): S. 31-64; Simar, L. & Wilson, P.W. (2011), Two-stage DEA: caveat emptor, *Journal of Productivity Analysis*; Vol. 36: S. 205; Johnson, A.L. & Kuosmanen, T. (2012), One-stage and two-stage DEA estimation of the effects of contextual variables, *European Journal of Operational Research*, Vol. 220(2): S. 559-570.

ergibt sich für Unternehmen, die in keinem Modell einen Effizienzwert von 100% erhalten durch die disaggregierte Abbildung der Leitungslängen ein stellenweise deutlich höherer Effizienzwert. Einige Unternehmen erhalten allerdings auch einen geringeren Effizienzwert. In der Regressionsanalyse zeigt sich, dass Unternehmen mit höheren Spannungsebenen (MS und höher) wie erwartet von dieser Modelländerung profitieren.

Im vorliegenden Fall scheinen Netzbetreiber mit selbstbetriebenen höheren Spannungsebenen zwar relativ hohe Effizienzwerte in dem Modell BU2+ zu erhalten – selbst wenn die Netzlänge nicht disaggregiert abgebildet wird. Dies bedeutet allerdings nicht, dass die Effizienzwerte unverzerrt sind. Eine geeignete Abbildung der Spannungsebenen erhöht die Effizienzwerte für betroffene Unternehmen deutlich, was in einer Second-Stage-Analyse nicht ersichtlich ist.

Abbildung 7: Unterschiede Second Stage und Sensitivitätsanalyse (graphisch)

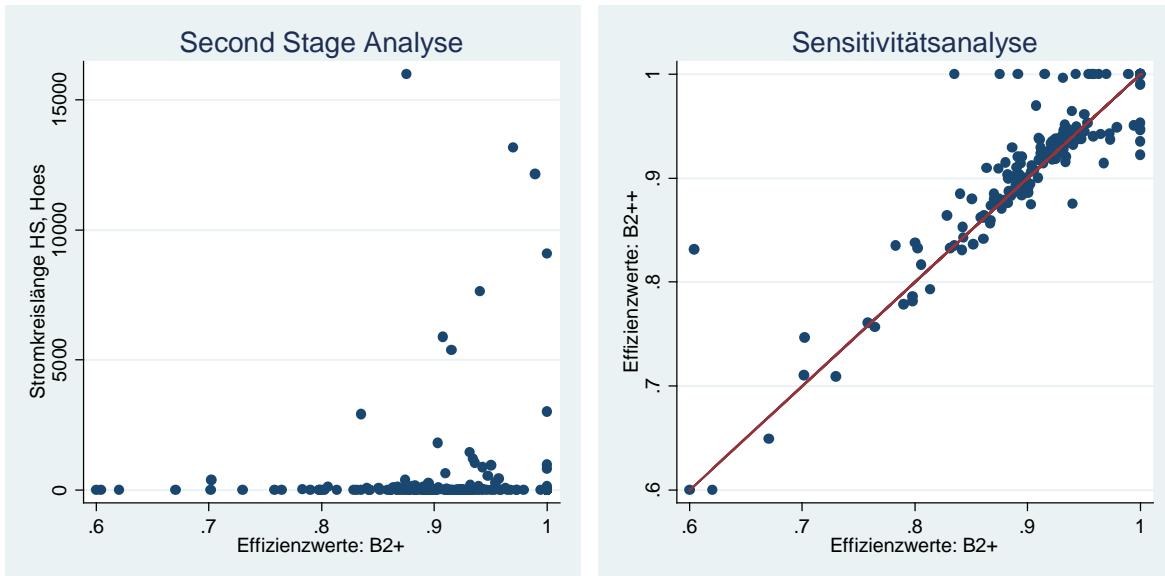


Tabelle 6: Unterschiede Second Stage und Sensitivitätsanalyse (Tobit Regression)

	BU+		Differenz aus BU++ und BU+		***
	Coef.	SE	Coef.	SE	
yCables.circuit.hoes.hs	-0,000060	0,000088	0,000082	0,000031	***
yLines.circuit.hoes.hs	-0,000004	0,000004	0,000005	0,000002	***
yNet.length.ms	0,000003	0,000005	0,000004	0,000002	***
yNet.length.ns	0,000001	0,000003	-0,000004	0,000001	***
_cons	0,905412	0,007052	***	0,004130	0,002518

Left censoring	0,60	-0,40
Right censoring	1	0,40

Es bleibt damit festzuhalten, dass eine Modellvalidierung nicht auf Basis von Second-Stage-Analysen durchgeführt werden kann. Stattdessen sollten Sensitivitätsanalysen angewendet werden. Es ist verständlich, dass eine solche umfangreiche Analyse nicht auf Basis von 600 Variablen durchgeführt werden kann. Zumaldest auf die in §13 ARegV genannten Parameter (aggregiert und geeignet disaggregiert) ist eine Sensitivitätsanalyse jedoch zumutbar.

4.3.5 Unterschiedliche Parametrisierung in DEA und SFA zulassen

Die DEA und SFA sind zwei komplett unterschiedliche Methoden, die auf unterschiedlichen Annahmen und Prämissen beruhen. Die Modellfindung orientiert sich stark an den Anforderungen der SFA: Beispielsweise werden nur Modelle ausgewählt, die nicht durch Heteroskedastizität belastet sind und deren Residuen die notwendige Rechtsschiefe ausweisen. Diese Anforderungen sind für die DEA nicht relevant. Bei der DEA ist es notwendig, dass die Unterschiede zwischen den Unternehmen vollständig abgebildet werden.¹⁷ Auf der anderen Seite restringieren die Nachteile der DEA die Anwendbarkeit der SFA: Beispielsweise können Anteilsvariablen oder kategoriale Variablen in der DEA schlecht abgebildet werden, während dies in der SFA unproblematisch ist.

Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass Effektheterogenitäten in der DEA abgebildet werden. Diese Effektheterogenitäten sind in der SFA lediglich durch die Wahl einer geeigneten funktionalen Form abbildbar. In einer linearen Form der SFA wird lediglich die durchschnittliche Kostenwirkung von Vergleichsparametern abgebildet. Effektheterogenitäten sind aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht in Bezug auf die dezentrale Erzeugung zu erwarten (vgl. Abschnitt 4.3.1). Wenn beispielsweise nur wenige Netzbetreiber mit einem Netzausbaubedarf in der Niederspannung konfrontiert sind, wäre die durchschnittliche Kostenwirkung des Parameters installierte Leistung für EE-Anlagen (NS) in der SFA ggf. nur sehr gering und nicht signifikant. Aufgrund der fehlenden Signifikanz hat dies nach dem derzeitigen Auswahlverfahren für Vergleichsparameter zur Folge, dass dieser Parameter weder in der SFA noch in der DEA abgebildet wird.

¹⁷ In der DEA ist das Verzerrungspotential eines möglicherweise zu großen Modells als kleiner einzuschätzen als dasjenige einer Unterspezifikation: Smith, P. (1997), Model Misspecification in Data Envelopment Analysis, *Annals of Operations Research*, 73(1): 233-252. Galagedera, D. & Silvapulle, P. (2003), Experimental evidence on robustness of data envelope analysis, *Journal of the Operational Research Society*, 54: 654-660.

Allein aus der Abwägung heraus, dass die Nachteile der einen Methode nicht die Vorteile der anderen Methode beeinflussen sollte, ist eine getrennte Parametrisierung der beiden Methoden anzuraten. Dieser Vorschlag bedeutet nicht, dass die Parametrisierung komplett unabhängig voneinander durchgeführt werden muss. Dennoch sollte es möglich sein, die gleichen Sachverhalte so auszugestalten, dass die Vorteile beider Methoden optimal genutzt werden. Beispielsweise kann eine Abbildung von Parametern in der DEA erwogen werden, wenn aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht eine Effektheterogenität zu erwarten ist und in der SFA diese Parameter insignifikant erscheinen oder zu Konvergenzproblemen führen. Hier können speziell für die DEA entwickelte Verfahren verwendet werden, um den Einfluss eines Vergleichsparameters auf die DEA-Effizienzwerte erkennbar zu machen (beispielsweise Bootstrap-Verfahren oder Efficiency-Contribution-Measures).¹⁸ Anteile oder kategoriale Variablen können in der SFA direkt verwendet werden, in der DEA nur in Interaktion mit anderen Variablen.

5 Ermittlung von Effizienzwerten

Wenn das Modell gefunden ist, berechnet die Bundesnetzagentur die finalen Effizienzwerte. Hierbei ist zum einen die Annahme zur Verteilung der Ineffizienz in der SFA ausschlaggebend, zum anderen müssen Ausreißer identifiziert und aus der Berechnung ausgeschlossen werden.

5.1 Verteilannahme für Ineffizienz

Die Annahme bezüglich der Verteilfunktion für die Ineffizienzen hat einen großen Einfluss auf die berechneten Effizienzwerte. In der Vergangenheit wurden unterschiedliche Annahmen angewendet: Während in der ersten Regulierungsperiode die gestützte Normalverteilung ad-hoc als Verteilungsfunktion festgelegt wurde, wurde in der zweiten Periode die Informationsgüte als Entscheidungskriterium herangezogen und die Verteilfunktion verwendet, die zu dem geringsten AIC/BIC führte (Exponentialverteilung). Grundsätzlich ist es zu befürworten, dass die Auswahl von relevanten Modellparametern auf Basis objektivierbarer Entscheidungskriterien durchgeführt wird. Neben der Analyse von AIC/BIC können auch direkte Tests auf die Verteilung durchgeführt werden.¹⁹ Bei widersprüchlichen oder unklaren Testergebnissen (keine oder mehrere Verteilungen kommen auf Basis statistischer Tests in Frage) sollten die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse (siehe analog zu Abschnitt 4.3.4) für die Entscheidung herangezogen werden.

¹⁸ Vgl. Simar, L., und P. W. Wilson, 2001, Testing Restrictions in Nonparametric Efficiency Models, *Communications in Statistics - Simulation and Computation* 30,159–184. Nataraja, N., und A. L. Johnson, 2011, Guidelines for Using Variable Selection Techniques in Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, December 2011.

¹⁹ Vgl. Wang, W. , Amsler, C. & Schmidt, P. (2011), Goodness of fit tests in stochastic frontier models, *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 35(1), 95-118.

Zu beachten ist zudem, dass für komplexere Verteilungen, wie zum Beispiel die gestützte Normalverteilung, mehrere Lageparameter geschätzt werden müssen. Diese Möglichkeit bietet sich üblicherweise nur in größeren Datensätzen (> 1000 Beobachtungen). Bei kleineren Datensätzen hingegen ist es in der Wissenschaft üblich, Verteilungen mit nur einem Lageparameter (zum Beispiel die Exponentialverteilung) zu verwenden.²⁰ Diese Verteilung kann Konvergenzprobleme lösen und erleichtern somit auch die Modellauswahl.

5.2 Ausreißeranalyse anpassen

Sowohl die DEA- als auch die SFA-Methode zur Bestimmung der Effizienzvorgaben ist anfällig für Ausreißer. Werden diese nicht adäquat identifiziert und vor der Berechnung der Effizienzwerte aus dem Datensatz entfernt, ist die berechnete Kostengrenze verzerrt und die nach §21a EnWG geforderte Erreich- und Übertreffbarkeit der Effizienzvorgaben kann nicht mehr gewährleistet werden.

In der statistischen Literatur werden Ausreißer häufig im Kontext von Datenfehlern interpretiert. Die Ausreißeranalyse muß im Kontext des Effizienzvergleichs aber auch herangezogen werden, um der extremen Heterogenität der Netzbetreiber, die dem Benchmark unterliegen, Rechnung zu tragen (vgl. Abschnitt 3.2). Dies wurde erst vor kurzem höchststrichterlich vom Bundesgerichtshof bestätigt (vgl. Abschnitt 2). Mit anderen Worten: wenn es das gewählte Modell nicht schafft, die in §13 ARegV geforderte strukturelle Vergleichbarkeit möglichst weitgehend zu gewährleisten, müssen nicht-vergleichbare Unternehmen als Ausreißer identifiziert und aus dem Datensatz vor Bestimmung der Effizienzwerte ausgeschlossen werden.

Die ARegV macht in Anhang 3 zu § 12 relativ detaillierte Vorgaben, welche Unternehmen als Ausreißer zu bewerten sind und wie mit diesen Unternehmen vorzugehen ist. Auch macht die ARegV grobe Vorgaben, wie bei der Identifizierung von Ausreißerunternehmen vorzugehen ist, überlässt die genaue Ausgestaltung des Vorgehens aber dem Ermessen der Bundesnetzagentur.

5.2.1 Ausreißeranalyse in der DEA

Die DEA geht davon aus, dass für jeden Netzbetreiber ein vergleichbares generisches Peerunternehmen aus der Kombination effizienter Unternehmen gebildet werden kann. Dies setzt voraus, dass sämtliche Unternehmen dem gleichen Produktionsprozess unterliegen und dass sämtliche (für das zu beurteilende Unternehmen relevante) Outputs bei der Berechnung der Effizienzwerte berücksichtigt wurden. Da die Effizienzwerte extrem stark von einzelnen Unternehmen abhängen, müssen auffällige Unternehmen vor der Berechnung identifiziert und aus dem Datensatz entfernt werden. Nach den Vorga-

²⁰ Vgl. Ritter, Christian, and Léopold Simar. "Pitfalls of normal-gamma stochastic frontier models." *Journal of productivity analysis* 8.2 (1997): 167-182.

ben der ARegV sollen auffällige Unternehmen mit Hilfe einer Dominanz- und Supereffizienzanalyse identifiziert werden (vgl. Anlage 3 zu §12 ARegV).

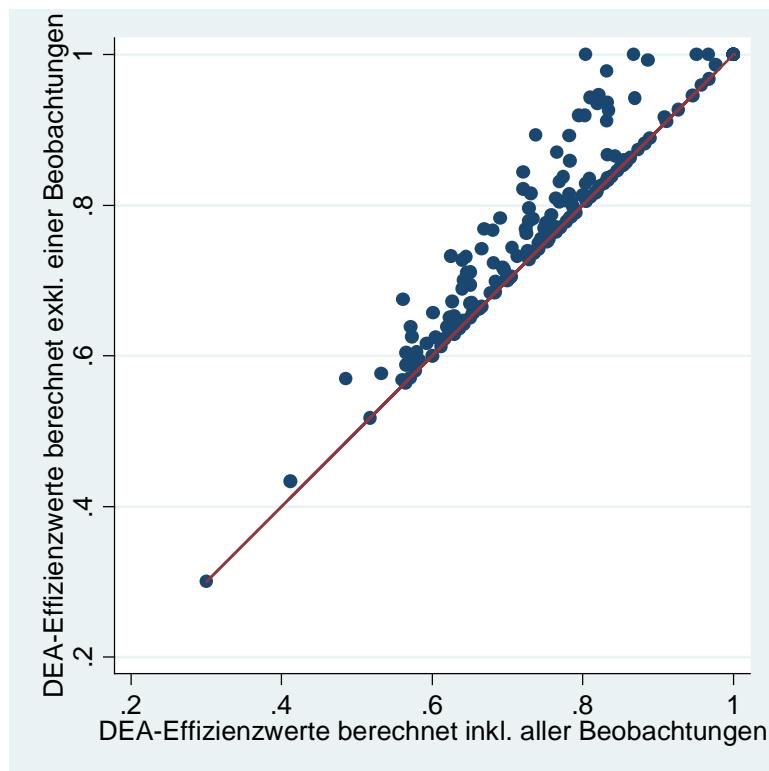
Dominanzanalyse

Bei der Dominanzanalyse ist die mittlere Effizienz aller Netzbetreiber einschließlich der potenziellen Ausreißer mit der mittleren Effizienz der Netzbetreiber zu vergleichen, die sich bei Ausschluss der potenziellen Ausreißer ergeben würde. Der dabei festgestellte Unterschied ist mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von mindestens 95 Prozent zu identifizieren (vgl. Anhang 3 zu §12 ARegV). Es gibt unterschiedliche Testverfahren um diese geforderte Vertrauenswahrscheinlichkeit zu bestimmen, wobei die ARegV keine Vorgaben macht, welches Testverfahren verwendet werden muss.

Die Berater verwendet einen F-Test²¹ um diese Unterschiede zu testen. Dieser Test stuft jedoch üblicherweise kein einziges Unternehmen als auffällig ein, obwohl einzelne Unternehmen einen erheblichen Einfluss auf die Effizienzwerte anderer Unternehmen haben. Dies verdeutlicht Abbildung 8. Nach der Effizienzwertberechnung inklusive aller Unternehmen (x-Achse) wird ein einziges Unternehmen aus dem Datensatz entfernt und die Effizienzwertberechnung für alle Unternehmen neu durchgeführt (y-Achse). Die Darstellung basiert auf TOTEX-Kosten und dem weiterentwickelten Modell der zweiten Regulierungsperiode (RP2+). Das ausgeschlossene Unternehmen beeinflusst die Effizienzgrenze von 113 Unternehmen und stellt daher für einen überwiegenden Teil des Datensatzes den Effizienzmaßstab dar. Obwohl die Effizienzwerte für nahezu alle Unternehmen nach Ausschluss dieses Unternehmens deutlich ansteigen (im Schnitt um 3 Prozentpunkte, für einzelne Netzbetreiber sogar um bis zu 20 Prozentpunkten), ist das bisherige Vorgehen der Bundesnetzagentur nicht in der Lage, dieses Unternehmen als dominant zu identifizieren.

²¹ Bunker, R. (1996), Hypothesis tests using data envelopment analysis, Journal of Productivity Analysis, 7, 139-159.

Abbildung 8: Einfluss eines einzigen Unternehmens auf DEA-Effizienz



Das Scheitern des F-Tests liegt daran, dass dieses Testverfahren konzeptionell nicht für die Durchführung einer Ausreißeranalyse entwickelt wurde und für die Anwendung eines Dominanztests ungeeignet ist: Erstens geht dieses Verfahren davon aus, dass die Effizienzwerte einer bekannten funktionalen Verteilung folgen (Halbnormalverteilung). Der Vorteil einer nicht-parametrischen Ermittlung der Effizienzwerte ist aber gerade, dass keine bekannte Verteilfunktion vorausgesetzt werden muss. Ohne vorab geeignete Tests auf die Verteilung der resultierenden Effizienzwerte durchzuführen, darf die Bundesnetzagentur diesen Test also gar nicht anwenden. Ohne Kenntnisse der Verteilung muss die Bundesnetzagentur stattdessen nicht-parametrische Testverfahren verwenden. Zweitens unterstellt der Test eine Unabhängigkeit der zu vergleichenden Effizienzwerte (d.h. Effizienzwerte der Netzbetreiber inklusive und exklusive eines möglichen Ausreißers). Die zu testenden Effizienzwerte können aber konzeptionell nicht voneinander unabhängig sein. Sie stammen vom gleichen Netzbetreiber und unterscheiden sich nur durch den zur Berechnung verwendeten Datensatz. Daher sind die zu testenden Effizienzwerte stark positiv miteinander korreliert (entweder bleibt der Effizienzwert durch die Herausnahme eines möglichen Ausreißers unverändert oder erhöht sich).

Wird diese Paarstruktur und Korrelation nicht adäquat berücksichtigt, führt dies – wie im vorliegenden Fall – dazu, dass das Signifikanzniveau nicht mehr richtig bestimmt werden kann und selbst große Unterschiede zwischen den Effizienzwerten nicht mehr als signifikant erkannt werden. Aus den beiden obigen Ausführungen ergibt sich drittens, dass eine F-Verteilung für die Teststatistik nicht angewendet werden kann, denn die Teststatistik liegt im vorliegenden Fall zwischen 0 und 1 (inklusive) – eine Eigenschaft, welche die F-Verteilung gerade nicht ausweist.

Eine Anpassung der Dominanzanalyse ist somit zwingend geboten, denn der bisherige Test kann aus wissenschaftlicher Sicht nicht angewendet werden: Anstelle eines parametrischen Tests sollte ein nicht-parametrischer Test verwendet werden, welcher die Paarstruktur der Variablen berücksichtigt. Im vorliegenden Fall kann mittels Bootstrapping getestet werden, ob sich die Differenz der Effizienzwerte aller Netzbetreiber, die sich inklusive und exklusive der Berücksichtigung eines potentiellen Ausreißers ergibt, signifikant von Null unterscheidet. Dabei muss lediglich ein einfaches Bootstrapverfahren auf die Differenz der Effizienzwerte angewendet werden. Komplexe mehrstufige Verfahren zur Bestimmung der effizienten Effizienzgrenze sind nicht notwendig, denn die Bundesnetzagentur bestimmt die Effizienzwerte deterministisch. Die Umsetzung dieses Tests ist problemlos möglich, da einfache Bootstrapverfahren in den meisten Statistikpaketen (beispielsweise Stata) ohnehin implementiert sind.²²

Supereffizienzanalyse

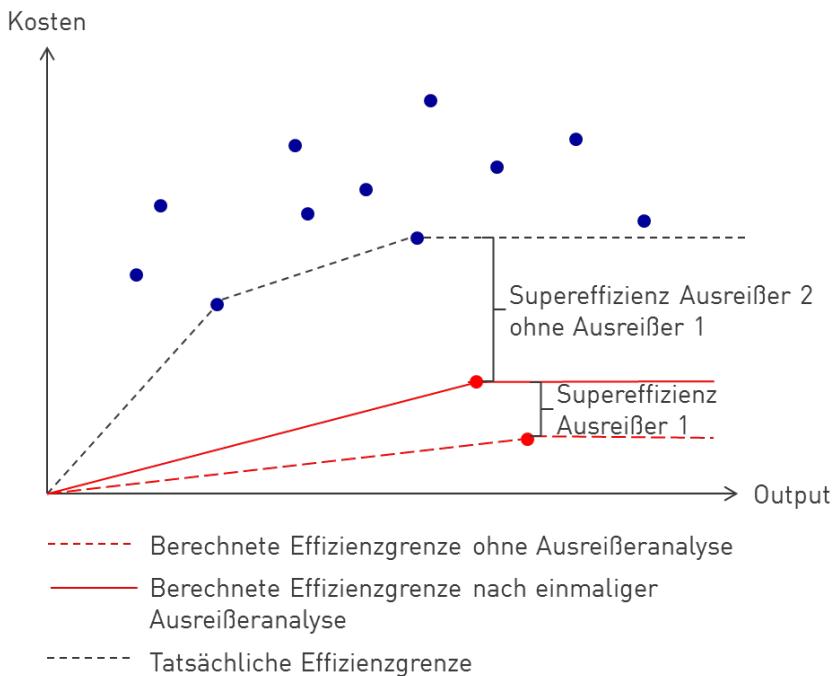
Ergänzend zur Dominanzanalyse muss die Bundesnetzagentur eine Analyse der Supereffizienzwerte durchführen. Dabei sind diejenigen Ausreißer aus dem Datensatz zu entfernen, deren Effizienzwerte den oberen Quartilswert um mehr als den 1,5-fachen Quartilsabstand übersteigen. Der Quartilsabstand ist dabei als die Spannweite der zentralen 50 Prozent eines Datensatzes definiert (vgl. Anhang 3 zu §12 ARegV).

Supereffizienzwerte können verwendet werden, um auffällige Unternehmen zu identifizieren. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Supereffizienzanalyse anfällig für sogenannte verdeckte („masked“) Ausreißer ist, wie Abbildung 9 illustriert. Jeder Punkt in Abbildung 9 repräsentiert ein Unternehmen mit einem individuellen Kosten/Output-Verhältnis. Die beiden rot eingefärbten Unternehmen zeichnen sich aufgrund struktureller Besonderheiten durch ein deutlich geringeres Kosten/Output-Verhältnis aus als alle übrigen blau eingefärbten Unternehmen. Bei einer einmalig durchgeföhrten Supereffizienzanalyse könnte jedoch nur eines der beiden roten Unternehmen als Ausreißer identifiziert werden. Erst durch eine erneute Supereffizienzanalyse nach Entfernung des

²² Alternativ zum Bootstrapping können auch andere in der Literatur bekannte nicht-parametrische Verfahren (beispielsweise Wilcoxon oder Sign-Tests) verwendet werden. Diese haben jedoch den Nachteil, dass sie lediglich die Verteilung der Effizienzwerte miteinander vergleichen, die Effekthöhe auf die durchschnittliche Effizienz nicht berücksichtigen.

ersten Ausreißers würde auch das zweite rote Unternehmen als Ausreißer entdeckt werden. Extrem hohe Supereffizienzwerte nach Entfernung eines möglichen Ausreißerunternehmens deuten somit auf verdeckte Ausreißer hin.

Abbildung 9: "Maskierte" Ausreißer



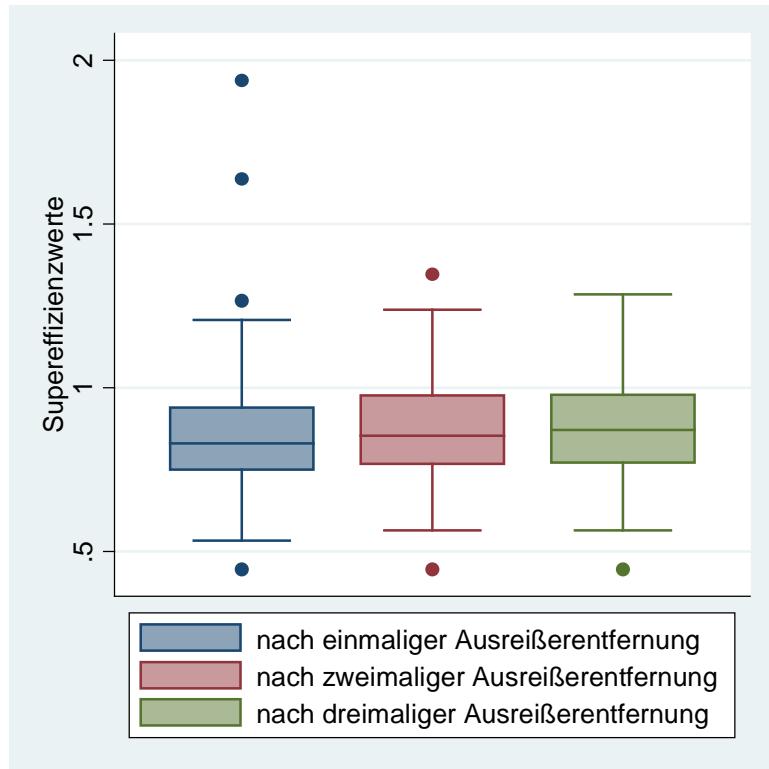
Maskierte Ausreißer haben in der Praxis eine sehr hohe Relevanz, wie Abbildung 10 verdeutlicht. Auch hier wird das weiterentwickelte Modell der zweiten Regulierungsperiode (RP2+) bewertet. Nach einer einmaligen Supereffizienzanalyse gibt es noch drei Unternehmen mit sehr hohen Supereffizienzwerten. Ein Supereffizienzwert von 1,8 bedeutet dabei, dass das betreffende Unternehmen seine Kosten sogar noch um 80% erhöhen könnte und immer noch effizient bliebe. Dies erscheint wenig plausibel insbesondere wenn man berücksichtigt, dass es Unternehmen gibt, deren Effizienzwert nur 40% beträgt und sie somit 60% ihrer Kosten abbauen müssten um effizient zu werden. Unternehmen mit derart hohen Supereffizienzwerten unterscheiden sich somit in extremer Weise von anderen Unternehmen und müssten daher als Ausreißer gewertet und aus der Berechnung entfernt werden.

Um verdeckte Ausreißer zu identifizieren, sollte die Supereffizienzanalyse wiederholend/iterativ angewendet werden.²³ Ein iteratives Verfahren zur Identifizierung von Aus-

²³ Hammerschmidt, M., Wilken, R., & Staat, M. (2009). Methoden zur Lösung grundlegender Probleme der Datenqualität in DEA-basierten Effizienzanalysen. Die Betriebswirtschaft: DBW, 69(2), S. 289-309.

reißen wird auch von anderen europäischen Regulierungsbehörden (zum Beispiel Norwegen) angewendet. Nach jedem Schritt werden auffällige Unternehmen ausgeschlossen und die verbleibenden Unternehmen nach zusätzlichen Auffälligkeiten untersucht. Als Ausschlusskriterium kann der in Anhang 3 zu §12 ARegV definierte Quartilsabstand dienen. Das Verfahren wird dann gestoppt, wenn kein weiteres Unternehmen mehr einen auffällig hohen Supereffizienzwert aufweist.

Abbildung 10: Iterierende Supereffizienzanalyse



Die Bundesnetzagentur hatte in der Vergangenheit ein solch iteratives Vorgehen strikt abgelehnt, da dies mit den Vorgaben der ARegV nicht vereinbar sei und rechnerisch zu einer Endlosschleife führen würde. Die Netze BW teilt diese Auffassung nicht: Zwar wird ein iteratives Verfahren in der ARegV nicht direkt gefordert – das Vorgehen wird im Wortlaut der Verordnung aber auch nicht explizit ausgeschlossen. Es liegt somit im Ermessen der Behörde, wie das Verfahren auszustalten ist. Wenn ein iteratives Verfahren notwendig ist um multiple Ausreißer adäquat zu identifizieren, muss die Behörde dieses Verfahren in Erwägung ziehen oder alternative Verfahren verwenden, die das Problem der verdeckten Ausreißer in der DEA lösen können. Zudem ist auch nicht davon auszugehen, dass es zu der befürchteten „rechnerischen Endlosschleife“ kommt: Eine wiederholt durchgeführte Supereffizienzanalyse wäre im obigen Beispiel bereits nach drei Iterationen abgeschlossen. Lediglich vier weitere Unternehmen werden als

Ausreißer identifiziert und aus der Berechnung ausgeschlossen. In einfachen Worten: Ein iteratives Verfahren entspricht keinesfalls einem endlosen Abschälen einer Zwiebel. Es wird wie beim Kochen lediglich die braune Schale der Zwiebel entfernt, bis das Weiße der Zwiebel zum Vorschein kommt.

5.2.2 Ausreißeranalyse in der SFA

Die SFA wird mittels der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt, welche extrem anfällig für Ausreißer ist.²⁴ Daher ist es wichtig, dass auch in der SFA Ausreißer identifiziert und aus der Berechnung ausgeschlossen werden. Nach der ARegV gelten für die SFA diejenigen Unternehmen als Ausreißer, die die Lage der ermittelten Regressionsgerade zu einem erheblichen Maße beeinflussen (vgl. Anhang 3 zu §12 ARegV). Die ARegV lässt es jedoch offen, nach welchem Vorgehen dieser Einfluss zu identifizieren ist, nennt jedoch einige mögliche Verfahren, wie z.B. Cooks-Distance, DFBETAS, DFFITS, Covariance-Ratio oder Robuste Regression.

Die Bundesnetzagentur verwendet eine Cook's-Distance-Analyse um einflussreiche Netzbetreiber auszuschließen. Die Cook's-Distance-Analyse spezifiziert, welchen Einfluss ein einzelnes Unternehmen auf eine OLS-Regressionsgerade hat. Ein Unternehmen, dessen Cook's-Distance über einer kritischen Grenze liegt ($4/(n - k - 1)$), wird als Ausreißer identifiziert und ausgeschlossen.

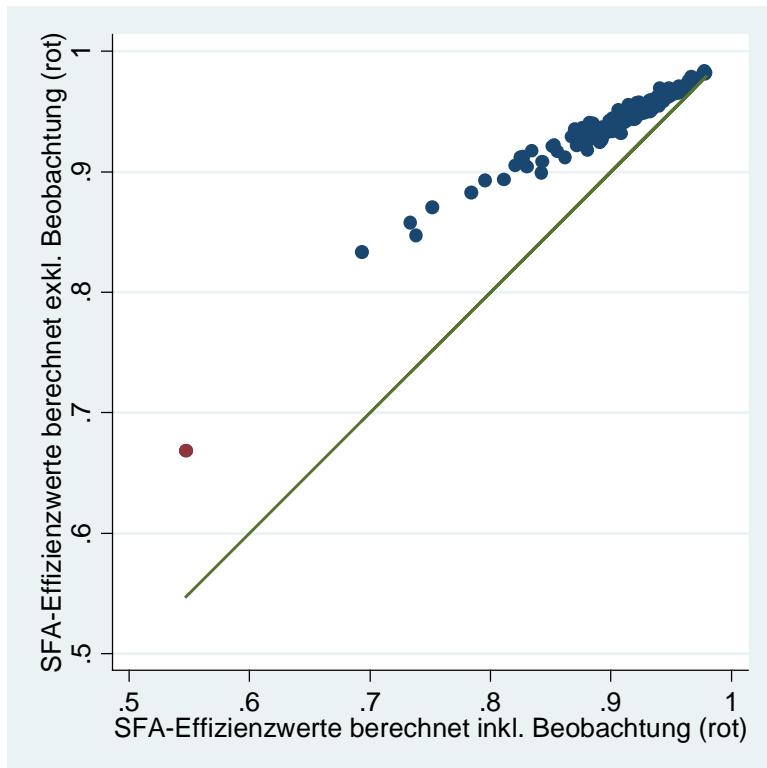
Das Grundproblem einer Cook's-Distance-Analyse als einzige Methode zur Identifizierung von Ausreißern besteht darin, dass auf diese Weise nur Unternehmen entfernt werden, welche den deterministischen Teil der Regressionsgerade beeinflussen. Dieses Verfahren berücksichtigt jedoch nicht die Zusammensetzung des Residuums (Ineffizienz und stochastischer Fehlerterm). Um das Residuum in diese Bestandteile aufzutrennen, müssen die Lageparameter der Verteilfunktionen für Ineffizienz und Fehler simultan mit dem deterministischen Teil der Regressionsgerade geschätzt werden. Dabei ist es möglich, dass einzelne Unternehmen einen erheblichen Einfluss auf die Lageparameter dieser Verteilungen haben, was durch eine Cook's-Distance-Analyse unerkannt bleibt. Dies hat dann zur Folge, dass die Aufteilung der Residuen in stochastisches Rauschen und Ineffizienz durch einzelne Unternehmen stark beeinflusst wird.

Dieses Problem hat in der Praxis eine starke Relevanz: Abbildung 11 bildet auf der X-Achse die Effizienzwerte gemäß dem Vorgehen der Bundesnetzagentur ab (d.h. Ausreißer werden ausschließlich auf Basis von Cook's-Distance identifiziert, anschließend wird eine SFA-Berechnung durchgeführt). Auf der Y-Achse werden die Effizienzwerte abgebildet, wenn ein weiteres Unternehmen, das in der Cook's-Distance-Analyse unauffällig ist, aus der Berechnung entfernt wird (ähnlich zur Dominanzanalyse in Abschnitt 5.2.1).

²⁴ Greene, W. (1980). Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions. *Journal of Econometrics*, 13, S. 27-56.

Auch hier beeinflusst ein einziges Unternehmen die Effizienzwerte aller Unternehmen deutlich (im Durchschnitt um 3 Prozentpunkte).

Abbildung 11: Einfluss eines einzigen Unternehmens auf SFA-Effizienz



In der wissenschaftlichen Literatur ist das Problem, dass Unternehmen mit unüblich geringer Effizienz die Effizienzwerte aller Unternehmen beeinflussen, bekannt. Wenn diese Ausreißer bei der Berechnung der Effizienzwerte berücksichtigt werden, müssen dann robuste Methoden angewendet werden. Diese Methoden modellieren die Existenz von Ausreißern zum Beispiel durch eine Verteilfunktion für den Störterm mit fetten Verteilungsenden („fat tails“).²⁵ Werden – wie im vorliegenden Fall – hingegen einfache SFA-Regressionen mit normalverteilten Störtermen verwendet, müssen Ausreißer mit einem erheblichen Einfluss auf die Lageparameter der Verteilfunktion aus der Berechnung ausgeschlossen werden.

²⁵ Stead, A. D., Wheat, P., & Greene, W. H. (2018). Estimating efficiency in the presence of extreme outliers: A logistic-half normal stochastic frontier model with application to highway maintenance costs in England. In W. H. Greene, L. Khalaf, P. Makdissi, R. C. Sickles, M. R. Veall, & M. Voia, Productivity and Inequality (S. 1-19). Springer International Publishing .

Ausreißer mit einem erheblichen Einfluss auf die Lageparameter der Verteilfunktionen können auf Basis einer DFBETA-Analyse identifiziert werden. Unter dem DFBETA-Wert versteht die Differenz eines Schätzwertes, wobei die Schätzung jeweils mit und ohne die Beobachtung durchgeführt wird. Um zu entscheiden, ob die Differenz in einem statistischen Sinne „groß“ ist, wird diese Differenz mit dem Standardfehler des ursprünglichen Schätzwertes (inkl. aller Beobachtungen) standardisiert. Ein Unternehmen gilt dann als Ausreißer, wenn für die Beobachtung ein standardisiertes DFBETA über dem kritischen Wert von $2/\sqrt{n}$ liegt.²⁶

Zusammenfassend: Eine Ausreißeranalyse auf Basis von Cook's-Distance-Werten allein ist nicht ausreichend. Zusätzlich zu einer Cook's-Distance sollten daher DFBETAs in Bezug auf die Lageparameter der Verteilfunktionen herangezogen werden. Hier entsteht kein Konflikt mit den Vorgaben der ARegV, denn DFBETAs werden ausdrücklich als mögliche Methode zur Identifizierung von Ausreißern genannt.

6 Anhang

6.1 Szenarienbildung für Bottom-Up-Ansatz

Bei einer „Best-Subset-Untersuchung werden Modelle unterschiedlich zusammengestellt. Eine vollständige Zusammenstellung aller möglichen Modelle scheidet jedoch aus, da mehrere Mrd. Modelle gebildet werden könnten. Die Netze BW hat daher ergebnisoffen eine systematische Auswahl möglicher Szenarien getroffen.

Dazu hat die Netze BW zunächst elf Variablengruppen definiert (analog zur Sortierung der Bundesnetzagentur) und eine einzige aggregierte Variable pro Gruppe ausgewählt:

1. **Ausspeisepunkte (Anschlüsse):** 87. Anzahl von Anschluss- und Einspeisepunkten (gemäß Parameter RP2); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yConnections.incl.inj.and.streetlights.RP2.sum)
2. **Einspeisepunkte:** 84. Anzahl aller Einspeisepunkte von Erzeugungsanlagen; bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yInjectionPoints.tot)
3. **Zählpunkte:** 153. Anzahl der Zählpunkte im eigenen Netzgebiet (ohne Pauschal-anlagen); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yMeters.read.tot)
4. **Leitungen:** 177. Stromkreislänge (ohne Hausanschlussleitungen und ohne Stra-ßenbeleuchtungskabel und -freileitungen); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yNet.length.tot)

²⁶ Belsley, D. A., Kuh, E., & Welsch, R. E. (1980). Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. New York: John Wiley & Sons, Inc.

5. **Leitungsmasten:** 190. Anzahl der Leitungsmasten (mit Dachständer, ohne Fremdnutzungsanteile); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yTowers.own.incl.roof.tot)
6. **Umspannstationen:** 205. Anzahl der Umspannstationen (ohne Fremdnutzungsanteile); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (ySubstations.own.tot)
7. **Dezentrale Erzeugung:** 385. Installierte Erzeugungsleistung aller Erzeugungsanlagen; bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yInstalledPower.tot)
8. **Ausspeisung:** 558. Summe Ausspeisung Spannungsebenen; bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yEnergy.delivered.sum)
9. **Last:** 594. Höchste zeitgleiche Summe der viertelstündlichen vorzeichenunabhängigen Leistungswerte aller Stationen aus einer Umspannebene; bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yPeakload.abs.nonsim.sum)
10. **Fläche:** 604. Versorgte Fläche (yArea.supplied.ns)
11. **Gebiet:** 647. Bodenklassen 4,5,6 gewichtet mit Leitungslängen, Tiefe 0-1 Meter (zSoil.BK456)

Die vollständigen Kombinationen dieser elf Parametergruppen ergeben insgesamt 2047 Szenarien von Kostentreiberkombinationen:

Anzahl von Parametergruppen	Anzahl von Szenarien
1	11
2	55
3	165
4	330
5	462
6	462
7	330
8	165
9	55
10	11
11	1
Summe	2047

In einem weiteren Schritt wird eine alternative Parametrisierung für die Gruppen Leitungen, dezentrale Erzeugung, und Last gewählt. Hierfür werden jeweils pro Parametergruppe zufällig 50 Szenarien aus den obigen 2047 ausgewählt. Für diese Szenarien wird entweder die aggregierte Variable pro Gruppe durch eine alternative Parametrisie-

rung (Nutzung von alternativen Parametern bzw. disaggregierten Parametern) ersetzt wird. Dieses Vorgehen ergibt zusätzlich 150 weitere Szenarien.

Diese zusätzlichen Szenarien werden wie folgt gebildet:

Alternative Parametrisierung für Leitungen:

- 157. Stromkreislänge Kabel (ohne Hausanschlussleitungen und ohne Straßenbeleuchtungskabel); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yCables.circuit.hs)
- 158. Stromkreislänge Kabel (ohne Hausanschlussleitungen und ohne Straßenbeleuchtungskabel); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yCables.circuit.ms)
- 164. Stromkreislänge Freileitung (ohne Hausanschlussleitungen und ohne Straßenbeleuchtungsfreileitungen); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yLines.circuit.hs)
- 165. Stromkreislänge Freileitung (ohne Hausanschlussleitungen und ohne Straßenbeleuchtungsfreileitungen); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yLines.circuit.ms)
- 170. Stromkreislänge (ohne Hausanschlussleitungen und mit Straßenbeleuchtungskabel und -freileitungen); bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yNet.length.ns)

Alternative für dezentrale Erzeugung:

- 653. Anteil dezentraler Erzeugung an Last (yRelativeLoad.hs_ms)
- 654. Anteil dezentraler Erzeugung an Last (yRelativeLoad.ms_ns)

Alternative für Last:

- 591. Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen, korrigiert um Leerstandsquote der Zähler; bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yPeakload.corr.hs_ms)
- 592. Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen, korrigiert um Leerstandsquote der Zähler; bereinigt um Investitionsmaßnahmen (yPeakload.corr.ms_ns)

In Summe werden durch dieses Vorgehen 2.197 Szenarien von Kostentreiberkombinationen gebildet, die sämtliche Analysen durchlaufen.

6.2 Durchführung der Kostentreiberanalyse

Die 2.197 Szenarien von Kostentreiberkombinationen werden sowohl auf einer Niveau-Betrachtung (analog zu den Beratern) als auch auf Basis von normiert-linearen und log/log linearen Modellen einer Kostentreiberanalyse mit TOTEX als Aufwandsparame-

ter unterzogen. Als Normierungsfaktoren werden sowohl Anschlüsse (Nr. 87) als auch Zählpunkte (Nr. 153) gewählt. Insgesamt werden somit $4 \times 2197 = 8788$ Modelle bewertet.

Die Kostentreiberanalyse wird auf OLS-Regressionen durchgeführt, wobei jedes Modell die folgenden Analyseschritte durchläuft:

1. OLS-Regression inklusive aller Unternehmen mit anschließender Cook's Distance Berechnung zur Identifizierung von Ausreißern (kritischer Wert: $4/(n - k - 1)$)
2. OLS-Regression exklusive Ausreißer zur Sammlung folgender Teststatistiken:
 - Regressionsparameter und Signifikanz der Parameter
 - Test auf Heteroskedastizität: Breusch-Pagan und White-Test, jeweils auf Vorhersage (fitted) und einzelne Variablen (RHS)
 - Parameter zur Bestimmung der Modellgüte: BIC
 - Parameter zur Erkennung von Multikollinearität: Variance-Inflation-Factor (VIF)
 - Schiefe der Regressionsresiduen
 - Test auf Normalverteilung der Regressionsresiduen: Shapiro-Wilk

In der Kostentreiberanalyse werden keine Modelle ausgeschlossen. Die Ergebnisse sämtlicher Testergebnisse werden ausgewertet und dargestellt.

6.3 Durchführung der Effizienzwertberechnung

Auf Basis der Kostentreiberanalyse werden die Effizienzwerte berechnet, wobei die Modellauswahl wie folgt eingeschränkt wird:

- Modelle mit Anzeichen von Heteroskedastizität (White-Test, fitted: p-value > 0,05), da diese in der SFA nicht ohne weitere Anpassungen angewendet werden können
- Modelle, die zu negativen Vorhersagen für effiziente Kosten führen ($x_B < 0$), da hier offensichtlich unglaubliche effiziente Kostengrenzen für die SFA spezifiziert werden
- Modelle, für die das Software-Paket (Stata) keine geeigneten Startwerte finden kann
- Modelle, die in der SFA nach 50 Iterationen nicht konvergierten, um die Laufzeit zu verkürzen.

Aufgrund von Heteroskedastizität werden keine linearen Modelle in der Berechnung berücksichtigt. Die Anzahl der berücksichtigten Modelle ist stark abhängig von der funktionalen Form:

- mit Anschlusspunkten normierte Modelle: 173 (8%)
- mit Zählpunkten normierte Modelle: 1.396 (64%)
- log-log lineare Modelle: 280 (13%)

Mit Anschlusspunkten normierte Modelle können häufig aufgrund von Heteroskedastizität nicht berücksichtigt werden. Log-log lineare Modelle können häufig keine Ineffizienz nachweisen, da die notwendige Schiefe der Residuen nicht vorliegt.

Auf Basis dieser Modellauswahl werden die Effizienzwerte analog zum Vorgehen der vergangenen Effizienzvergleiche bestimmt:

- In der SFA werden Ausreißer ausschließlich auf Basis von Cook's Distance Werten (kritischer Wert: $4/(n - k - 1)$) identifiziert. Es wird eine exponentielle Verteilung der Ineffizienz unterstellt. Für Ausreißer wird eine „out-of-the-sample prediction“ vorgenommen. Die Effizienzwerte werden analog zum Vorgehen der vergangenen Effizienzvergleiche bestimmt ($xb/(xb + u)$).
- Für die DEA werden exakt die gleichen Vergleichsparameter wie in der SFA verwendet. Die Dominanzanalyse wird auf Basis des F-Tests vorgenommen, die Supereffizienzanalyse wird nur einmal durchgeführt. Es werden konstante Skalenerträge unterstellt. Ausreißer erhalten einen Effizienzwert von eins.
- Letztendlich wird eine Bestabrechnung der Effizienzwerte vorgenommen, wobei eine minimale Effizienz von 60% unterstellt wird.