

Effizienzvergleich Gas Verteilernetzbetreiber RP. 4

Branchenkonsultation zur Modellspezifikation

16. Dezember 2022

In Zusammenarbeit mit **Prof. Dr. Müller-Kirchenbauer**
und unter wissenschaftlicher Begleitung durch
Dr. Mark Andor und **Assoc.-Prof. Christopher Parmeter, PhD**



Inhalt

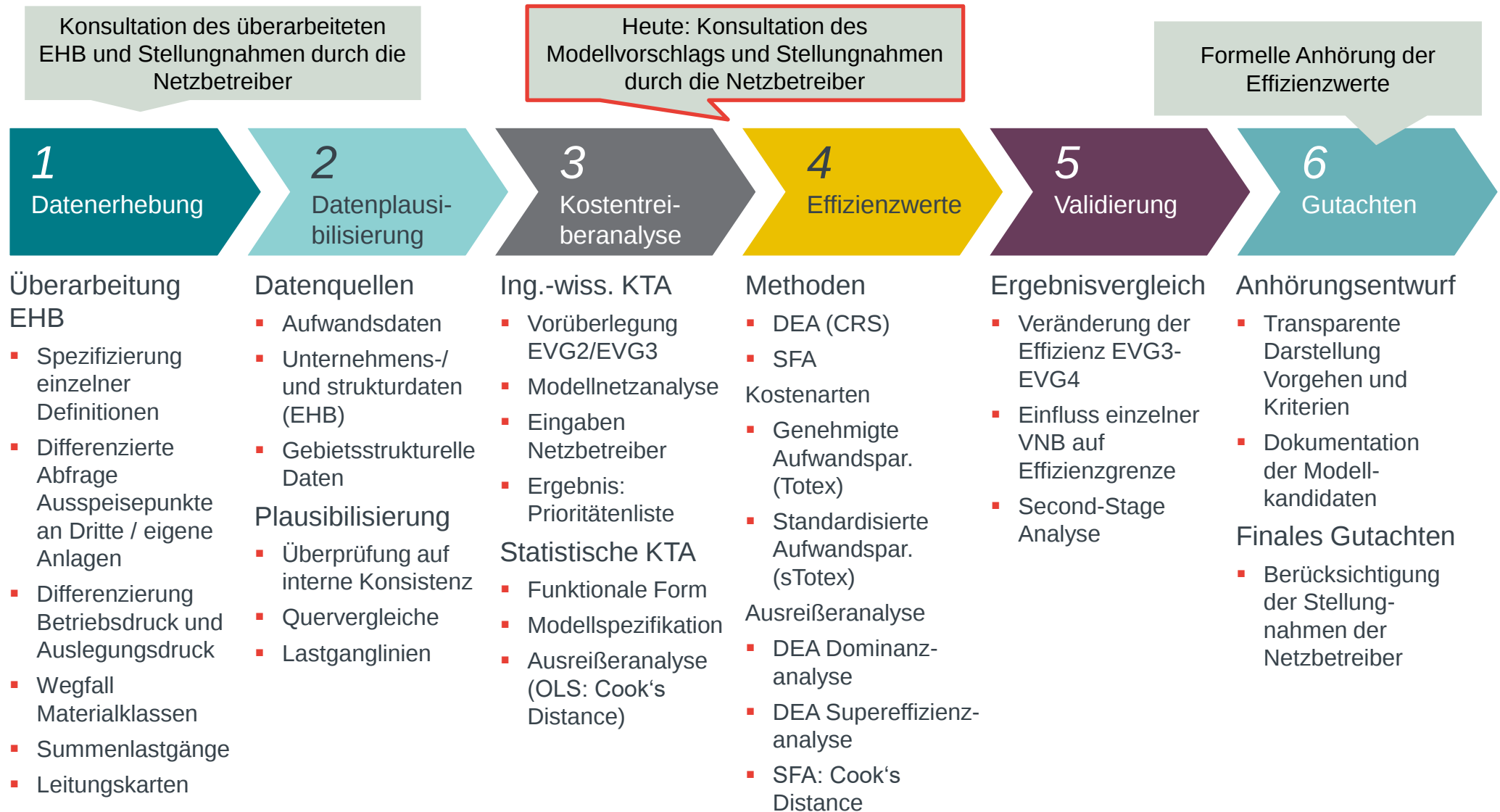
1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

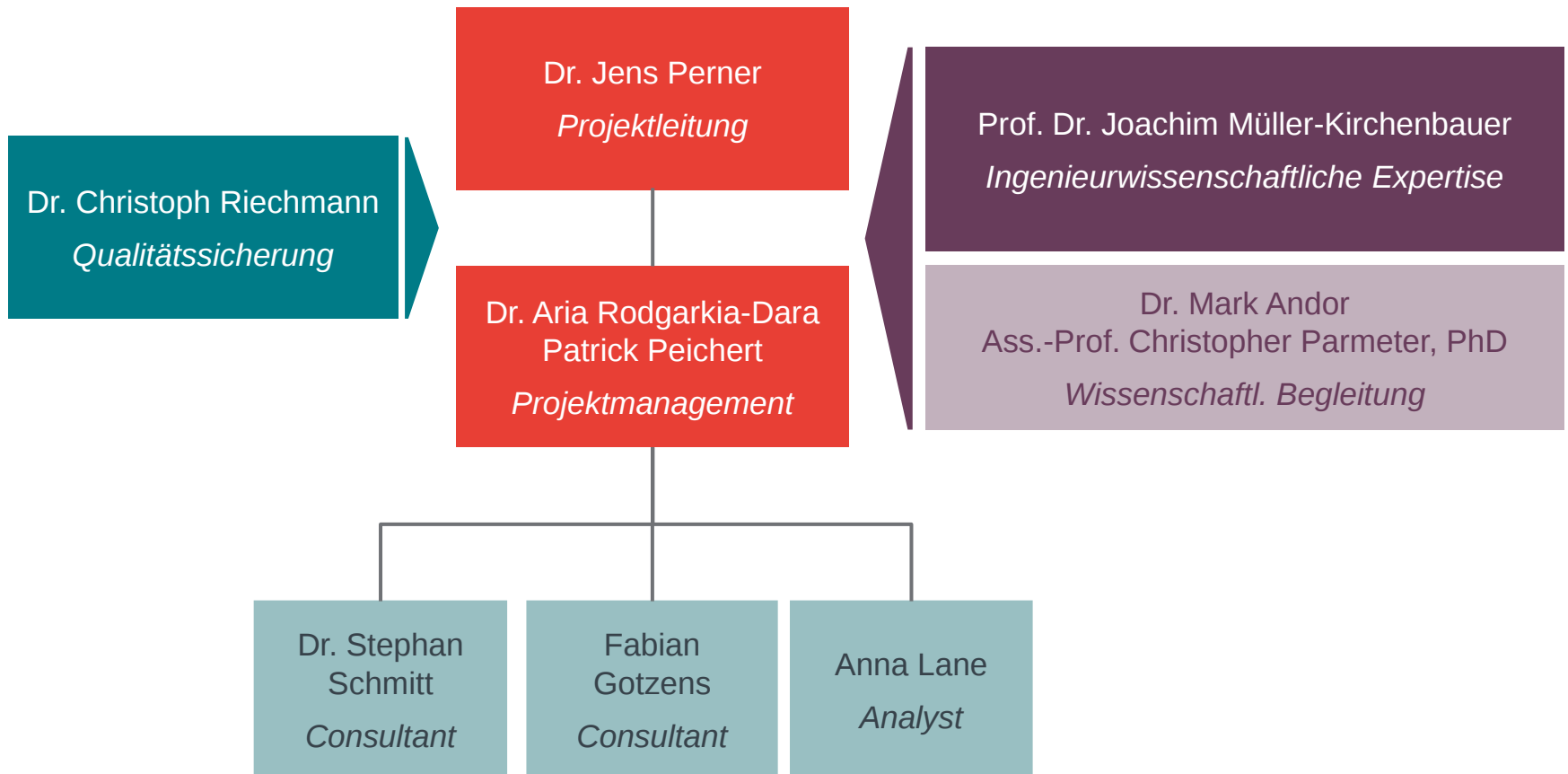
1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Wesentliche Eckpfeiler des Effizienzvergleichs für Gasverteilernetzbetreiber

Methoden	▪ Ingenieurwissenschaftliche und statistische Kostentreiberanalyse ▪ Effizienzschtätzung mit Hilfe von Data Envelopment Analysis (DEA) und Stochastic Frontier Analysis (SFA)
Kostendaten	▪ Aufwandsparameter / Kostendaten nach Kostenprüfung durch die BNetzA ▪ Standardisierte (sTotex) und nicht-standardisierte (Totex) Kosten
Vergleichsparameter	▪ Parameter zur Bestimmung der Versorgungsaufgabe und der Gebietseigenschaften ▪ Belastbar, messbar, nicht durch Entscheidungen der NB bestimmbar und nicht redundant ▪ Auswahl soll strukturelle Vergleichbarkeit möglichst weitgehend gewährleisten und Heterogenität möglichst weitgehend abbilden
Stichprobe	▪ Zur Stichprobe gehören alle Unternehmen, die VNB im Sinne des EnWG sind und nicht am vereinfachten Verfahren teilnehmen ▪ Um unerreichbare Vorgaben (extreme Effizienzwerte) zu verhindern, wird eine Ausreißeranalyse gem. Anlage 3 ARegV durchgeführt
Best-of-Abrechnung und Bonus	▪ Der individuelle Effizienzwert ergibt sich aus dem Maximum der zwei Methoden (DEA, SFA) und zwei Kostenarten (sTotex, Totex) ▪ Unternehmen mit einem Super-Effizienzwert > 100% in der DEA erhalten den sog. Effizienzbonus

Vorgehen im EVG4 aufgeteilt in unterschiedliche Arbeitsschritte und Einbindung der Branche





1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Überarbeitung des Erhebungsbogens im EVG4 zur Steigerung der Datenqualität und Reduktion des administrativen Aufwands

Wesentliche Neuerungen der Datenerhebung im Vergleich zur dritten Regulierungsperiode

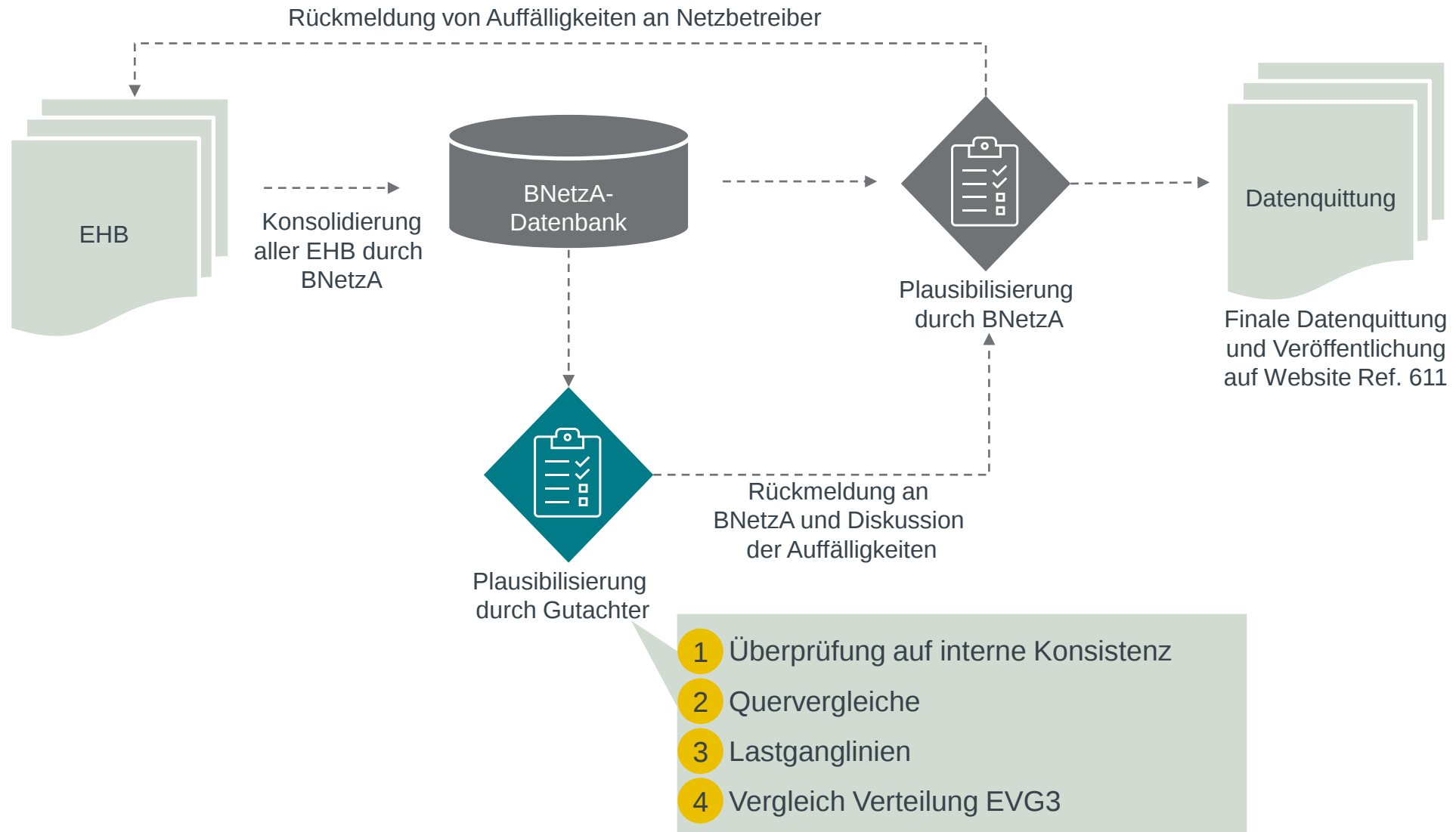
- Differenzierte Abfrage von **Ausspeisepunkten an Dritte** oder an **eigene Netze oder Anlagen** zur Abgrenzung der Angaben;
- Differenzierte Abfrage von Ausspeisepunkten nach **Auslegungsdruck** und nach **Betriebsdruck**;
- **Nachweispflicht** für die Anzahl an Ausspeisepunkten > 5 bar (an Dritte und an eigene Netze oder Anlagen)
- Abfrage der **Liste der Messlokationen** und **Messstellen** unter Angabe von Druckbereich und Gemeindenamen;
- Wegfall der Abfrage von Materialklassen;
- Abfrage von Regelanlagen innerhalb eines Netzgebiets
- Abfrage von stündlichen **Summenlastgängen** zur Ableitung des Parameters „Jahreshöchstlast“;
- Abfrage von **Leitungskarten** zur Ermittlung von Bodenklassen und Gebietsstrukturparametern.
- Spezifikation des Parameters der Versorgten Fläche

Ziele der Überarbeitung

- Verbesserung der Datenqualität für Effizienzvergleich bei gleichzeitiger
- Reduktion des administrativen Aufwands für die teilnehmenden Netzbetreiber

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Vorgehen bei der Datenplausibilisierung von Unternehmens- und Strukturdaten



1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Die ingenieurswissenschaftliche KTA setzt sich aus drei Bausteinen zusammen, mit dem Ergebnis der Prioritätenliste

1

Vorarbeiten EVG3

2

Aktualisierung
Modellnetzanalyse

3

Aktualisierung der Prioritätenliste mit
Vergleichsparametern für die Modellspezifikation

Die Vorarbeiten aus dem EVG3 dienen als Ausgangsbasis

- Bestätigung oder Aktualisierung der Prioritätenliste aus dem EVG3, z. B.
 - Ergänzung weiterer Parameter zur geologischen Besonderheit der Versorgungsaufgabe
 - Genauere Spezifikation der im EVG4 abgefragte Definitionsvarianten (z.B. Auslegungsdruck / Betriebsdruck)

Dimension der Versorgungsaufgabe

	Kostentreiber Priorität 1	Kostentreiber Priorität 2	Kostentreiber Priorität 3
Ausdehnung des Versorgungsgebietes	▪ Versorgte Fläche ▪ Rohrvolumen / Leitungslänge		
Bereitstellung von Kapazität	▪ Zeitgleiche Jahreshöchstlast ▪ Rohrvolumen	▪ Potentielle zeitgleiche Jahreshöchstlast	
Transport der Energie zum Kunden	▪ Anzahl der Ausspeisepunkte (AP) ▪ Anzahl der Messstellen (MS)	▪ Differenzierung AP oder MS nach Druckbereichen ▪ Anzahl potenzieller Ausspeisepunkte	▪ Entnommene Jahresarbeit ▪ Differenzierung Leitungslänge nach Druckbereich
Granularität des Versorgungsgebietes	▪ Anzahl der Messstellen oder Ausspeisepunkte in Verbindung mit Ausdehnungsparameter		▪ Adressdichtedaten ▪ Anzahl der Versorgungsobjekte

Umweltbedingungen

Geologische Besonderheit der Versorgungsaufgabe	▪ Vorherrschende Bodenklassen ▪ Vorherrschende Grabbarkeiten	▪ Maximale Bodenklassen ▪ Maximale Grabbarkeiten	
Demographischer Wandel	▪ Abbildung über Anlagen	▪ Anzahl potenzieller Ausspeisepunkte ▪ Potenzielle Jahreshöchstlast	▪ Bevölkerung 2010/2015

Überprüfung und Bestätigung des bisherigen Vorgehens anhand einer aktualisierten Modellnetzanalyse

Beschreibung Modellnetzanalyse

■ Input (Eingangsgrößen)

- Versorgungsaufgabe
- Planungsvorgaben

■ Output (Ausgangsgrößen)

- Anlagen-Mengengerüst
- Annuitätische Netzkosten

■ Identifikation relevanter Zusammenhänge in funktionaler Form (mathematisch) durch

- Grüne-Wiese-Ansatz
- Orientierung an der Praxis in der Netzplanung
- Bottom-Up Dimensionierung
- Homogene Laststruktur
- Optimierte Mengengerüst
- Variantenrechnungen

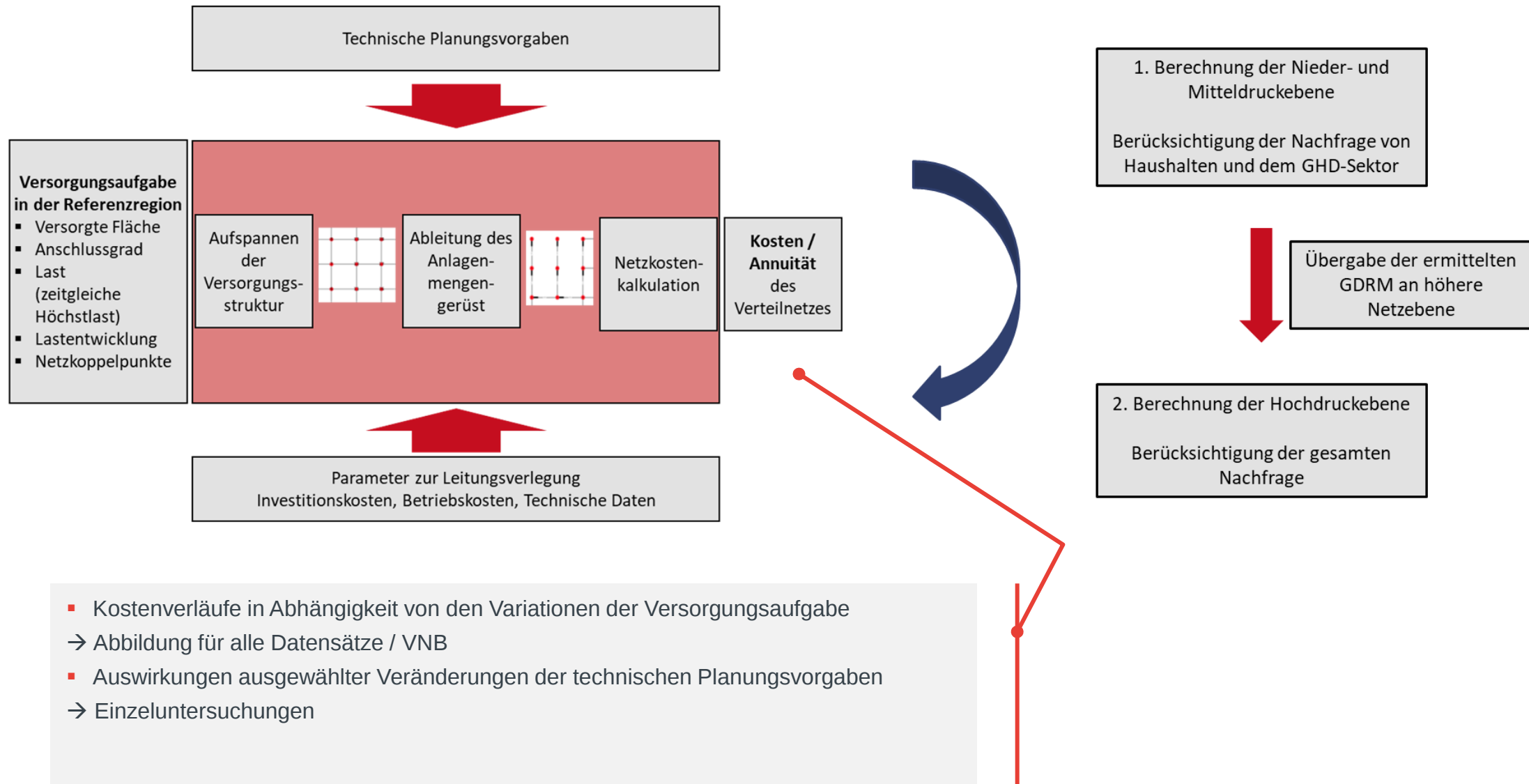
■ Vorgehensweise

- Annahme einer idealisierten homogenen Versorgungsaufgabe
- quadratische Gitterstruktur, **Versorgte Fläche**
- homogene Verteilung der **Ausspeisepunkte** und eine einheitliche **Elementarlast** (Spitzenlastvolumenstrom)
- Ermittlung einer minimalen Baumstruktur in dem modellierten Gitter für die Versorgung sämtlicher Ausspeisepunkte
- Dimensionierung der Leitungen, Druckregler, etc.
- Berechnung des Anlagen-Mengengerüsts
- Ansatz von CAPEX und OPEX, Kalkulation annuitätischer Netzkosten
- Durchführung von Varianten- und Variationsrechnungen
- Darstellung der Zusammenhänge zwischen Input- und Output-Veränderungen

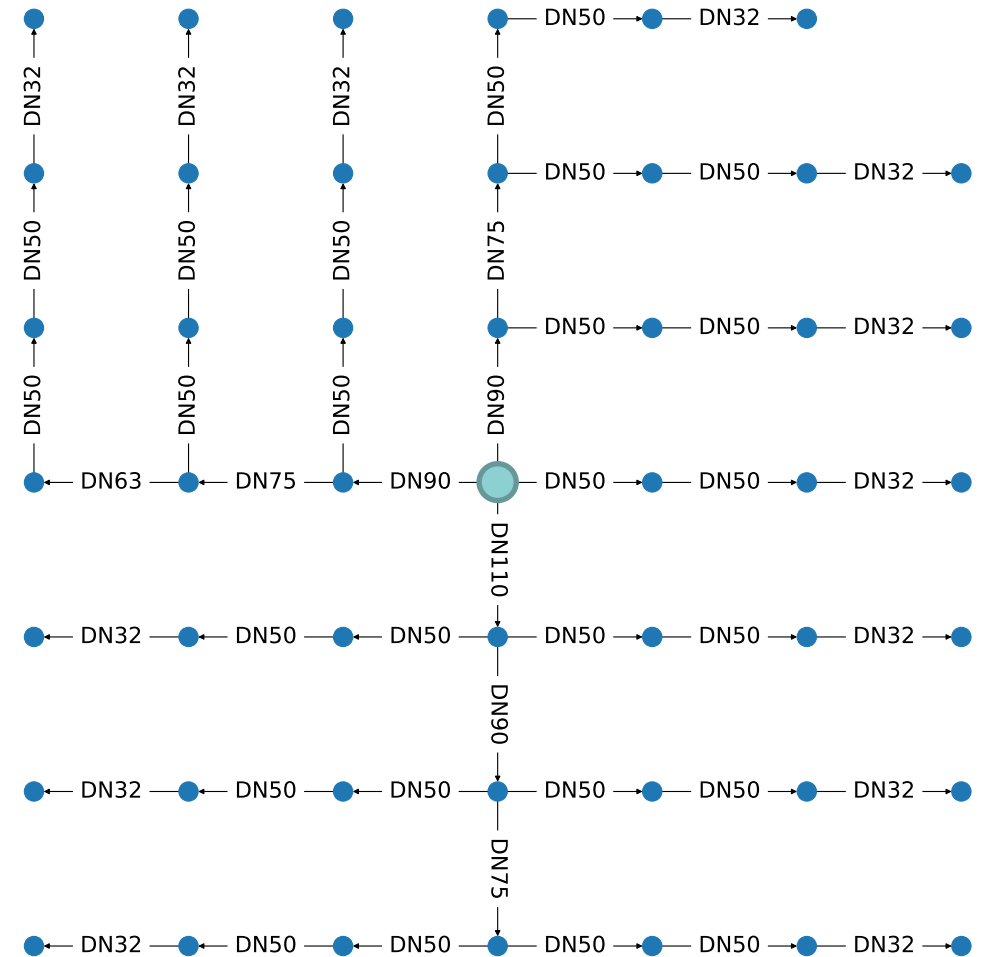
■ Berechnung von Parametervariationen

- AP-Dichte, konstante Elementarlast
- AP-Dichte, konstante Gesamtlast
- Versorgte Fläche

Modellnetzanalyse – Methodik



JHL: 96 [nm3/h]



frontier economics

Kostenvergleich Antragskosten der VNB vs. MNA-Kosten

Variationen der MNA	Aufbau AP	Ausdehnung	Last
1	Auslegungsdruck	Konzessionsgebiet	JHL
2	Auslegungsdruck	Versorgte Fläche	JHL
3	Betriebsdruck	Konzessionsgebiet	JHL
4	Betriebsdruck	Versorgte Fläche	JHL

Darstellungsoptionen:

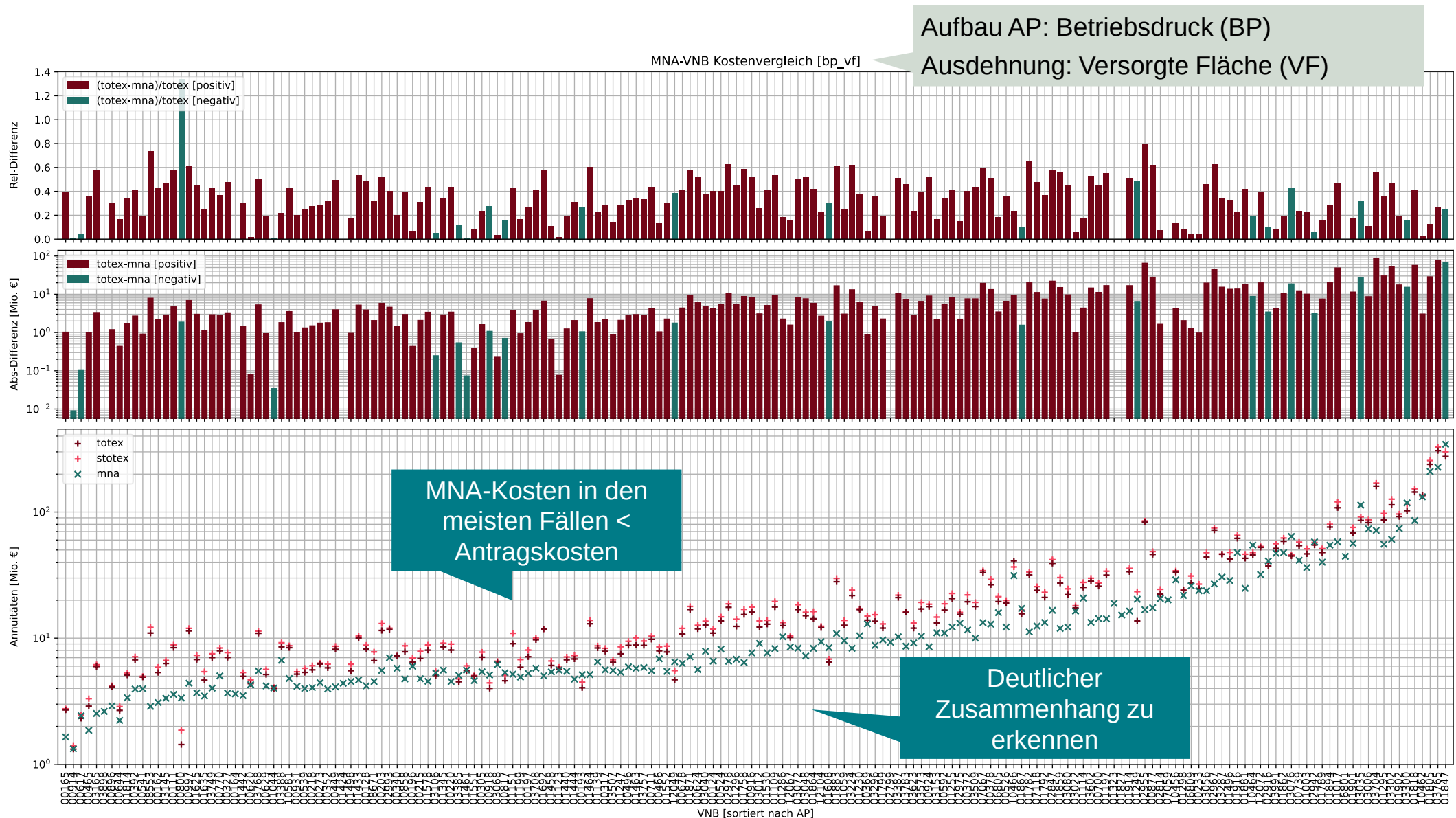
X-Achsen Sortierung:

nach Ausspeisepunkten a

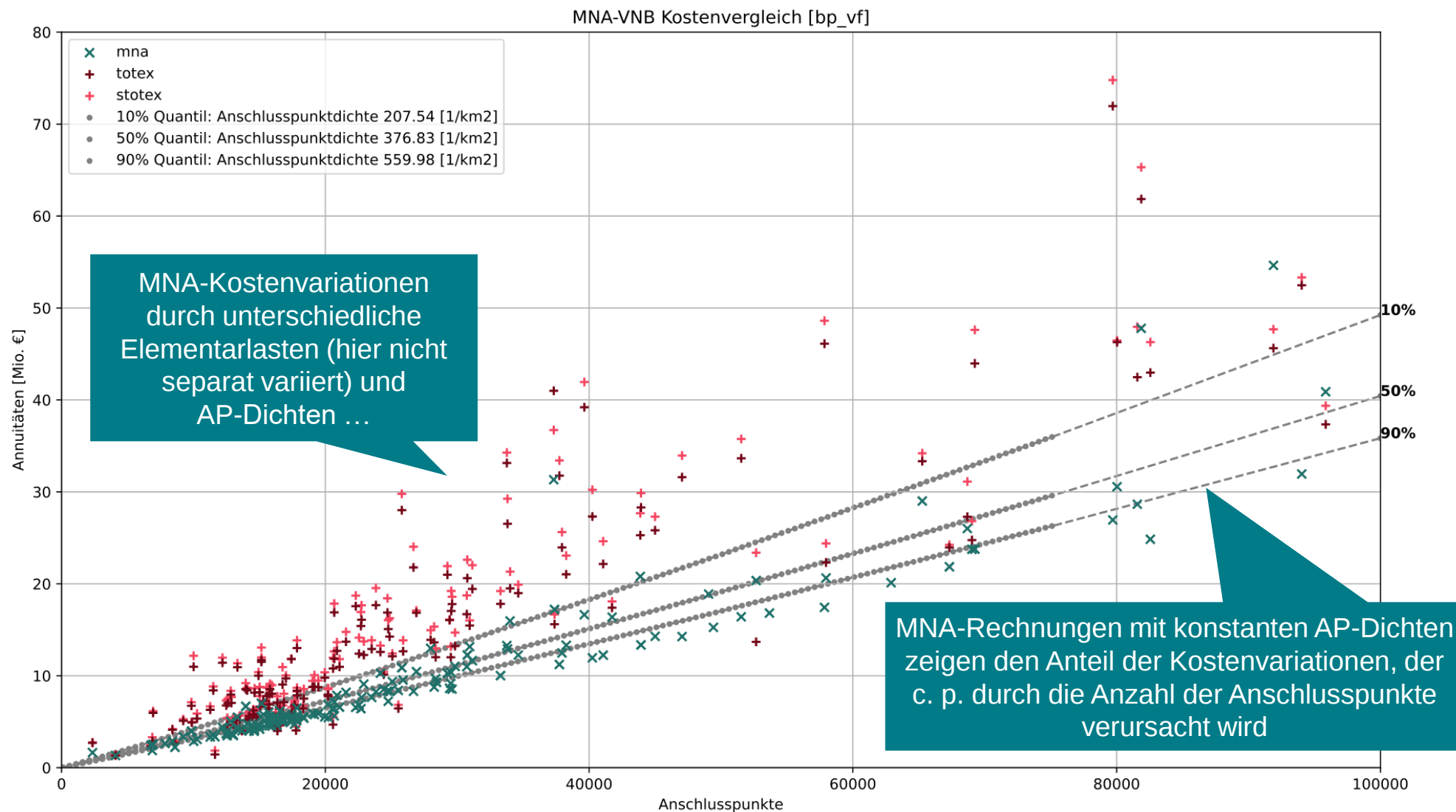
nach Fläche b

nach Jahreshöchstlast c

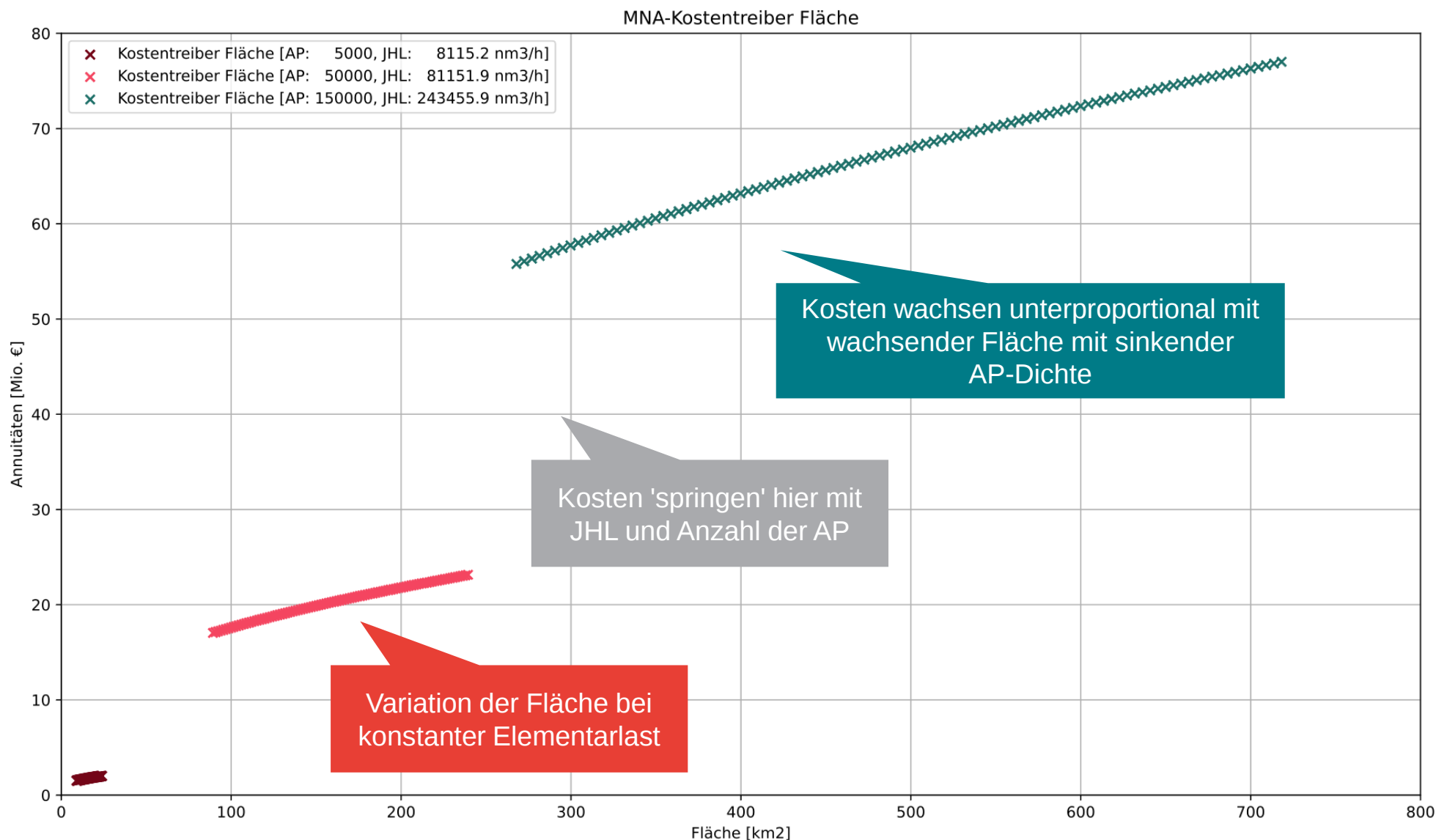
MNA Ergebnisse: Kosten der MNA auf Basis der Versorgten Fläche und der AP-Einteilung nach BD oder AD beschreiben Kostenverlauf gut



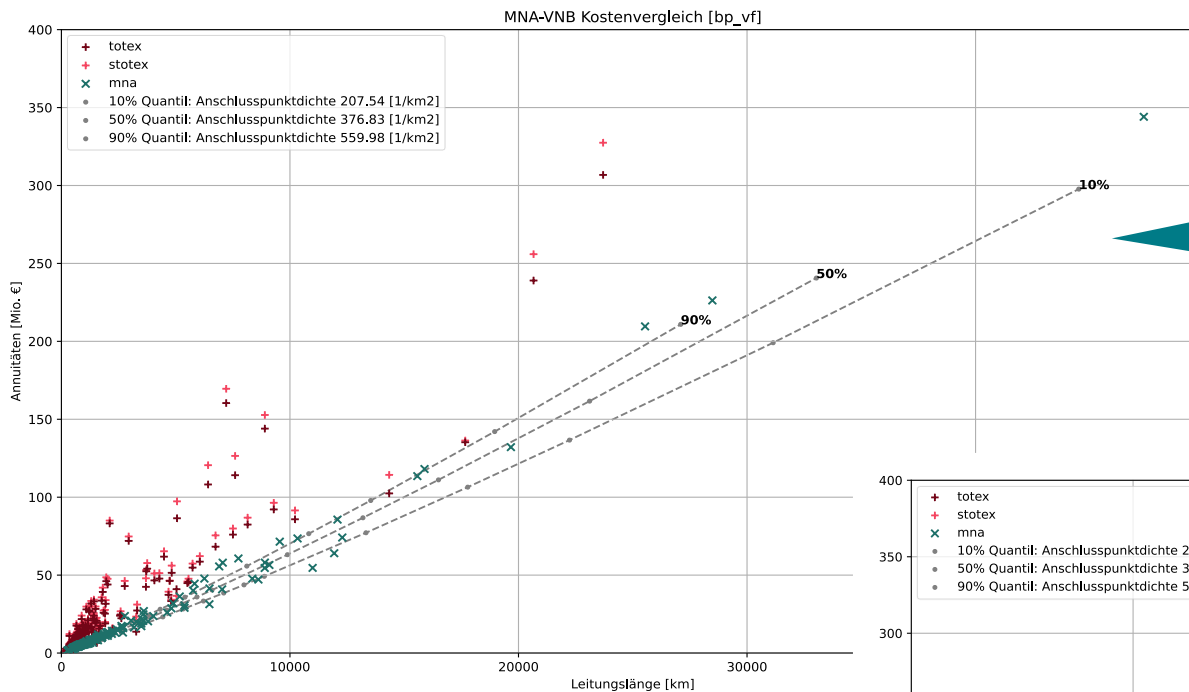
MNA-Ergebnisse: Einfluss von Anzahl und Dichte der Ausspeisepunkte ist hoch



MNA-Ergebnisse: Variation des Kostentreibers Fläche deutet auf nicht-linearen Kostenzusammenhang hin



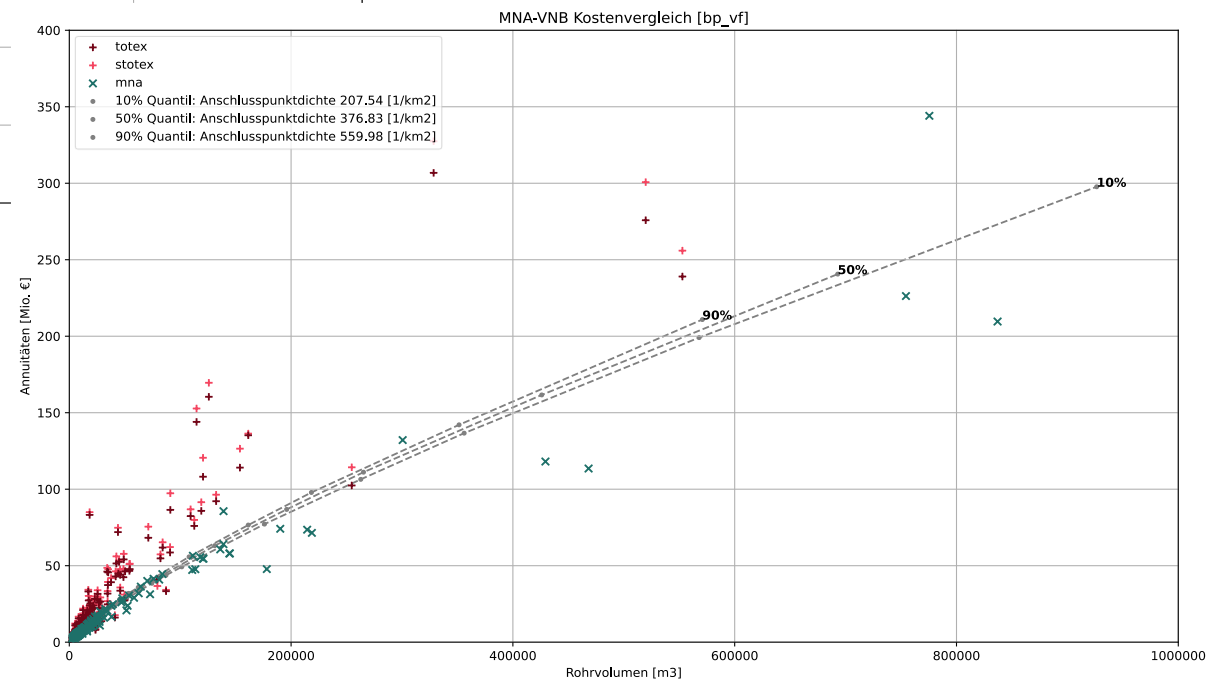
MNA-Ergebnisse: Zusammenhänge zwischen MNA-Kosten und ermittelter Leitungslänge / Rohrvolumen ebenfalls gut erkennbar



Ausdehnung: Versorgte Fläche
 Aufbau AP: Betriebsdruck

Zusammenhang zwischen MNA-Leitungslänge und Kosten ist leicht überproportional;
 die Varianz aufgrund verschiedener AP-Dichten ist hier größer

Kostenabhängigkeit zu Rohrvolumen leicht unterproportional; geringerer Einfluss der AP-Dichte



Die Modellnetzanalyse bestätigt weitestgehend die bisher verfolgte Einstufung der Parameter (1/2)

Parameter- auswahl

- Grundsätzlich werden bisher geltende Aussagen bestätigt; die Dimensionen, die durch
 - Anzahl der AP,
 - Ausdehnung des Gebiets und
 - Lastbeschrieben werden, stellen wesentliche Kostentreiber dar
- Versorgte Fläche beschreibt Kostenzusammenhang eindeutig besser als Konzessionsfläche
- Betriebsdruck zwar vorzugswürdig, aber nicht eindeutig besser als Auslegungsdruck (Ergebnisse in der MNA auf Basis Auslegungsdruck sehr nah an den Ergebnissen nach Betriebsdruck)
- Anschlusspunktdichte auch mit negativer Wirkung auf die Kosten
- MNA-Kostenzusammenhang zu Leitungslänge leicht überproportional, zu Rohrvolumen leicht unterproportional

Funkt. Zusammenhang

- Gemeinsame Variation der Outputs (AP, JHL, Fläche) deuten auf konstante Skalenerträge hin
- Variationen einzelner Outputs deuten auf nicht-linearen Zusammenhänge hin

Die Modellnetzanalyse bestätigt weitestgehend die bisher verfolgte Einstufung der Parameter (2/2)

Eignung Rohrvolumen / Versorgte Fläche

- Die Beschreibung der Ausdehnung des Versorgungsgebiets lässt sich aus ing.-wiss. Sicht am besten durch die Versorgte Fläche (VF) erklären
- Parameter „Versorgte Fläche“ ist jedoch für Netzbetreiber ohne Konzessionsgebiet nicht ausgeprägt (=0)
- Aus ing.-wiss. Sicht sind als Ersatzparameter die Leitungslänge (LL) oder das Rohrvolumen (RV) sehr gut geeignet, um die Ausdehnung des Versorgungsgebiets abzubilden
- Bei Aufnahme doppelter Parameter ist mit Multikollinearitätsproblemen zu rechnen (zudem Widerspruch zur ARegV)
- Einordnung des RV und der LL sowie VF als Prio 1 Parameter (auch aufgrund der Erwähnung in ARegV)

Einfluss der Druckstufenwahl

- MNA deutet nicht auf starken Einfluss der Druckstufenwahl auf die Kosten hin (z.B. Variation zwischen Auslegungsdruck / Betriebsdruck)
- Explizites Testen der Druckstufendifferenzierung im Modell bereits Gegenstand des EVG2/EVG3
 - Priorität 1: AP nach Betriebsdruck vs. Auslegungsdruck
 - Nachrangig: Messlokationen oder Leitungslänge/Rohrvolumen nach Druckstufen

Weiterentwicklung Dimensionen der Versorgungsaufgabe

Bedeutung von Hochdrucktransport

- Zur besseren Abbildung der besonderen Rolle von Hochdrucktransport schlagen wir vor, die Dimension „Transport von Energie“ aufzuteilen in:
 - „Verteilung von Energie an Endkunden“ und
 - „Transport von Energie in Hochdrucknetzen“
- Netzbetreiber, die sowohl Endkunden als auch im großen Maße nachgelagerte Netze versorgen, bilden beide Dimensionen ab
- Verteilung von Energie an Endkunden wird z.B. durch die Gesamtzahl aller Ausspeisepunkte oder Messstellen/MeLo beschrieben
- Hochdrucktransport kann entweder über Ausspeisepunkte/MeLo oder Leitungslängen / Rohrvolumen im Hochdruckbereich abgebildet werden
 - AP > 5 / 16 bar als Prio 1 Parameter
 - MeLo / Leitungslänge mit Druckdifferenzierung als Prio 2 bzw. 3

Prioritätenliste für die Kostentreiberanalyse EVG4

Dimension der Versorgungsaufgabe	Kostentreiber Prio 1	Kostentreiber Prio 2	Kostentreiber Prio 3
Ausdehnung des Versorgungsgebietes	- Versorgte Fläche - Leitungslänge / Rohrvolumen		
Bereitstellung von Kapazität	- Zeitgleiche Jahreshöchstlast (JHL) - Rohrvolumen	Potenzielle zeitgleiche Jahreshöchstlast	
Verteilung der Energie zum Kunden	- Anz. Ausspeisepunkte (AP) (exkl. interne AP) - Anz. Messstellen und MeLo	Anzahl potenzieller AP	- Entnommene Jahresarbeit - Bevölkerung
Transport von Energie in Hochdrucknetzen	Anzahl AP nach Druckstufen (exkl. interne AP)	- Anzahl MS & MeLo nach Druckstufen - AP nach Druckst. <u>inkl. int.</u> AP	Druckdifferenzierung Leitungslänge / Rohrvolumina nach Druckbereich
Geologische Besonderheit der Versorgungsaufgabe	- Vorherr. Bodenklassen - Vorherr. Grabbarkeiten - Aufwandsklassen	- Maximale Bodenklassen - Maximale Grabbarkeiten	
Granularität des Versorgungsgebietes	Anzahl der Messstellen oder Ausspeisepunkte in Verbindung mit Ausdehnungsparameter		- Adressdichtedaten - Anzahl der Versorgungsobjekte
Demographischer Wandel	Abbildung über Anlagen	- Anzahl potenz. AP - Potenzielle JHL	

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Übersicht über unseren Ansatz zur Modellspezifikation

Vorauswahl

- Eingrenzen der möglichen Vergleichsparameter auf Basis von
 - Ing.-wiss. Einordnung
 - LASSO-Regression mit Niveaugrößen

Funktionaler Zusammenhang

- Theoretische Vorüberlegungen aus EVG3 sprechen für nicht-linearen Zusammenhang
- MNA weist ebenfalls auf Nicht-Linearitäten im Zusammenhang von Kosten und Outputs hin
- Bestätigung des bisherigen Vorgehens mit Hilfe
 - graphischer Veranschaulichung
 - Monte Carlo Simulation zur grundsätzlichen Eignung der unterschiedlichen Formen

Modellauswahl anhand von 2 Ansätzen

Ansatz 1: EVG3 Basis

- Funktion: Translog
- Eignung des EVG3 Modells mit neuen Daten;
- Partielles Austauschen einzelner Parameter

Ansatz 2: Ing. Prioritätenliste

- Vorgehen analog zu EVG3 entlang der ing.-wiss. Prioritätenliste
- 2a) Translog-Funktion
- 2b) Normiert Lineare Funktion
- 2c) Cobb-Douglas Funktion

Ergänzend: LASSO

- Zur Aufdeckung „weißer Flecken“
- Berücksichtigung von ing.-wiss. Plausibilität durch Gruppenbildung
- Datentransformation analog TL

Vergleich der Ergebnisse bzgl. Parameterwahl und Effizienzwerte

Anforderungen an die Vergleichsparameter und das Effizienzvergleichsmodell nach ARegV

Vollständigkeit und strukturelle Vergleichbarkeit

Durch die Parameter sollten die Unterschiede der Versorgungsaufgabe der Netzbetreiber (Heterogenität) möglichst vollständig abgebildet werden (vgl. § 13 Abs. 3 S. 1 ARegV).

Exogenität

Grundsätzlich gilt für den Effizienzvergleich, dass die Parameter nicht durch die Entscheidungen der Netzbetreiber beeinflussbar sein sollten, um die Belastbarkeit des Effizienzvergleichs zu stützen (§ 13 Abs. 3 S. 3 ARegV).

Nicht-Redundanz

Die Parameter sollten sich auf das Wesentliche beschränken, da einander überlappende Parameter die Analyse einerseits zu einer Überbetonung von Teileffekten führen und zudem die statistische Analyse erschweren können (§ 13 Abs. 3 S. 3 ARegV).

Quantifizierbarkeit

Die Parameter sollten messbar oder mengenmäßig erfassbar sein (§ 13 Abs. 3 S. 3 ARegV).

KOSTENTREIBERANALYSE UND MODELLFINDUNG

Entscheidungskriterien

O L S	Informationsgüte des Modells	Erklärungsgehalt des Modells (auch unter Berücksichtigung der Parameteranzahl), operationalisiert durch adjustiertes R^2, AIC und BIC
	Erklärungsgehalt der Parameter	- Parameter sollten einen hinreichend hohen Erklärungsgehalt (Signifikanz) haben und plausible Koeffizienten¹ aufweisen - Parameter können hierbei einzeln oder gemeinsam signifikant sein
	Post-Estimation Test	- Homoskedastizität; Multikollinearität, Omitted Variable Bias - Wald-Test und Likelihood Ratio Test (für Translog vs. Cobb Douglas)
	Ing.-wiss. Plausibilität	Zeigt das Modell auch aus ingenieur-wissenschaftlicher Perspektive einen hinreichend hohen Erklärungsgehalt ?
S F A - D E A	Eignung zur Ermittlung von Effizienzwerten	- Modell muss geeignet sein, Effizienzwerte zu ermitteln (Konvergenz und Signifikanz SFA) - Gewählte Parameter müssen in DEA und SFA einsetzbar sein - Modell sollte bei unterschiedlicher Parameterauswahl/-ausprägung Ergebnisse liefern / konvergieren

Zusammenfassung der Ergebnisse

Funktionaler Zusammenhang	▪ Präferierte funktionale Form bleibt Translog-Funktion: Bestätigt durch Out-of-Sample Prediction mit Hilfe des EVG3 Modells und neu durchgeführte Monte Carlo Simulation		
Modell Ansatz 1 (EVG3-Basis)	▪ EVG3-Modell bietet eine gute Ausgangsbasis für die Modellspezifikation im EVG4 ▪ Parameter, die im EVG3 guten Erklärungsgehalt gezeigt haben, sind wieder in der engeren Auswahl ▪ Weiterentwicklung des EVG3 Modells durch andere Bodenklassen-Definition möglich		
Modell Ansatz 2 (ing.-wiss. Prioritätenliste)	Translog: ▪ Modelle zeigen grds. gute Eigenschaften ▪ Aufbau des Modells anhand der Prioritätenliste führt zum gleichen Modellvorschlag wie durch Ansatz 1	Normiert-Linear ▪ Vermehrt statistische Probleme ▪ Geringere Informationsgüte ▪ Grundsätzlich werden durch Aufbau anhand der Prioritätenliste ähnliche Parameter gewählt	Cobb-Douglas (Log-Linear): ▪ Ähnliche Modellkandidaten wie bei Translog ▪ Probleme mit der Schiefe der Verteilung und Hinweise auf Heteroskedastizität trotz Logarithmieren
LASSO Modell	▪ Die maschinelle Modellspezifikation mit Hilfe von LASSO führt zu keinem brauchbaren Ergebnis, die Modelle sind überspezifiziert und beinhalten redundante Parameter, ohne ing.-wiss. Begründung		
Ergebnis	▪ Im Vergleich der drei Ansätze und drei Funktionen zeigen die TL-Modelle bzw. die EVG3-Weiterentwicklung die besten Ergebnisse ▪ Abbildung von Skaleneffekte und Verbundvorteilen in der SFA führt zu höheren Effizienzwerten als z.B. ein normiert-lineares Modell mit einer größeren Anzahl an Vergleichsparametern		
Nächste Schritte	▪ Berücksichtigung Rückmeldung Branche nach der Konsultation ▪ Weitere Überprüfung der Plausibilität (z.B. durch Second Stage Analyse)		

Details zu den Modellkandidaten nach Ansatz 2: Translog Modell zeigt beste Eigenschaften in der Gesamtbewertung

Funktion	2a Translog	2b Normiert-Linear	2c Cobb-Douglas (Log-Lin)
Vergleichsparameter	- Rohrvolumen (inkl. HAL) - Jahreshöchstlast (Ausspeisungen) - Anzahl Messstellen (gesamt) - Anzahl Ausspeisepunkte > 5 bar (Betriebsdruck) (an Dritte) - Vorherrschende BK 456 (Tiefe 0-2) gewichtet mit NL	- Rohrvolumen (inkl. HAL) - Jahreshöchstlast (Ausspeisungen) - Anzahl Messstellen (gesamt) - Anzahl Ausspeisepunkte > 5 bar (Betriebsdruck) (an Dritte) - Vorherrschende BK 456 (Tiefe 0-2) gewichtet mit NL - Netzlänge (inkl. HAL) - Anzahl potenzieller AP	- Netzlänge (inkl. HAL) - Jahreshöchstlast (Ausspeisungen) - Anzahl potenzieller AP - Messstellen > 5 bar - Maximale GBK 567 (Tiefe 0-1m) (gewichtet mit NL) Parameter variieren i. V. zu 2a und 2b da 2a-Modell nicht hinreichend signifikante SFA Ergebnisse liefert (2nd Best Modell)
Ing.-wiss. Einordnung	Parameter gut geeignet zur Beschreibung der Versorgungsaufgabe (Priorität 1)	- Parameter gut geeignet zur Beschreibung der Versorgungsaufgabe - Potenzielle AP Priorität 2	Modell beinhaltet 3 Parameter der Priorität 2 (Messstellen > 5 bar, maximale GBK und pot. AP)
Statistische Eignung	- Gute statistische Eigenschaften - Hoher Erklärungsgehalt und sinnvolle Koeffizienten - Keine Auffälligkeiten	- Geringere Modellgüte als TL - Heteroskedastizität bleibt bestehen - Interpretierbarkeit der Koeffizienten nicht gegeben	- Geringere Modellgüte als TL - Heteroskedastizität weniger kritisch - Sinnvolle Koeffizienten
Ergebnisse	- BO4-Ø 92,61% (Std. Abw. 5,43%) - DEA-SFA Korrelation 63% (Rangkorrelation 64%)	- BO4-Ø 89,92% (Std. Abw. 9%) - DEA-SFA Korrelation 61% (Rangkorrelation 54%)	- BO4-Ø 89,46% (Std. Abw. 7,65%) - DEA-SFA Korrelation 56% (Rangkorrelation 56%)

Ansatz 1 und Ansatz 2a führen zu identischem Vorschlag

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Vorauswahl der Kostentreiber auf Basis von ing.-wiss. Einordnung und statistischen Analysen

Ing.-wiss. Prioritätenliste

- Prioritätenliste weist Parameter mit nachrangiger ing.-wiss. Eignung und solche mit guter Eignung aus
- Zu den Vergleichsparametern mit nachrangiger Eignung gehören: Jahresarbeit (Ausspeisung), Bevölkerung, Anzahl Versorgungsobjekte, Druckstufentrennung NL/RV

Korrelations- analysen

- Vergleichsparameter der Priorität 1 und 2 weisen hohe Korrelation zu den Kosten auf
- Auch Priorität 3 Parameter teils mit hoher Korrelation

Datentrans- formation

- Vergleichsparameter zur Beschreibung der geologischen Besonderheit liegen als Anteile vor
- Zur Verwendung in SFA und DEA werden diese gewichtet, um eine Skalierbarkeit zu gewährleisten
- Skalierung anhand der Netzlänge für Anteile der Bodenklassen, Grabbarkeiten und Aufwandsklassen

LASSO Analyse auf Basis von Niveaugrößen

- Ersetzt Vorwärts-/Rückwärts-Prozedur im Rahmen der KTA-Vorauswahl des EVG3
- Alle möglichen Vergleichsparameter werden Gruppen zugeordnet, die den Dimensionen der Versorgungsaufgabe entsprechen
- LASSO-Algorithmus wählt gegeben einem „Strafterm“ (λ ¹) die Kombination an Vergleichsparametern, die die Summe der Least-Squares (wie im OLS) minimiert
- **Ergebnis:** Bewertung der Vergleichsparameter aus rein statistischer Sicht weist auf geringe Eignung der Parameter Jahresarbeit und Anzahl der Versorgungsobjekte hin

Eingrenzung der Vergleichsparameter nach Vorauswahl

Dimension der Versorgungsaufgabe	Kostentreiber Prio 1	Kostentreiber Prio 2	Kostentreiber Prio 3
Ausdehnung des Versorgungsgebietes	- Versorgte Fläche - Leitungslänge / Rohrvolumen		
Bereitstellung von Kapazität	- Zeitgleiche Jahreshöchstlast (JHL) - Rohrvolumen	Potenzielle zeitgleiche Jahreshöchstlast	
Verteilung der Energie zum Kunden	- Anz. Ausspeisepunkte (AP) (exkl. interne AP) - Anz. Messstellen und Me	Anzahl potenzieller AP	Entnommene Jahresarbeit Bevölkerung
Transport von Energie in Hochdrucknetzen	Anzahl AP nach Druckstufe (exkl. interne AP)	Keine Streichung der Druckdifferenzierung bei Netzlänge / Rohrvolumen für die stat. KTA AP nach Druckst. <u>inkl. int.</u> AP	Druckdifferenzierung Leitungslänge/ Rohrvolumina nach Druckbereich
Geologische Besonderheit der Versorgungsaufgabe	- Vorherr. Bodenklassen - Vorherr. Grabbarkeiten - Aufwandsklassen	- Maximale Bodenklassen - Maximale Grabbarkeiten	
Granularität des Versorgungsgebietes	Anzahl der Messstellen oder Ausspeisepunkte in Verbindung mit Ausdehnungsparameter		- Adressdichtedaten Anzahl der Versorgungsobjekte
Demographischer Wandel	Abbildung über Anlagen	- Anzahl potenz. AP - Potenzielle JHL	

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Wahl der funktionalen Form für die Kostentreiberanalyse

Hintergrund

- Für die Modellspezifikation (OLS) muss eine explizite Annahme zum funktionalen Zusammenhang zwischen Kosten und Outputs getroffen werden
- Diese Annahme gilt nachfolgend auch für die Berechnung der SFA (in der DEA ist eine solche Annahme nicht notwendig)

Entscheidungsfindung

1 Optionen

- Funktionaler Zusammenhang sollte seine Basis in der Wissenschaft oder zumindest in der regulatorischen Praxis haben und im Kontext des EVG anwendbar sein

2 Einordnung

- Welche Option entspricht am ehesten dem Stand der Wissenschaft?
- Welche Option garantiert ein konsistentes Regulierungsregime?

3 Empirische Überprüfung

- Welche Option beschreibt den Zusammenhang zwischen Kosten und Outputs grafisch am treffendsten?
- Überprüfung der Folgen einer „Fehlspezifikation“ anhand von Monte Carlo Simulationen – Welches Modell beschreibt einen unterstellten „wahren“ Zusammenhang am besten und bei welchem Modell sind die Folgen einer Miss-Spezifikation am gravierendsten

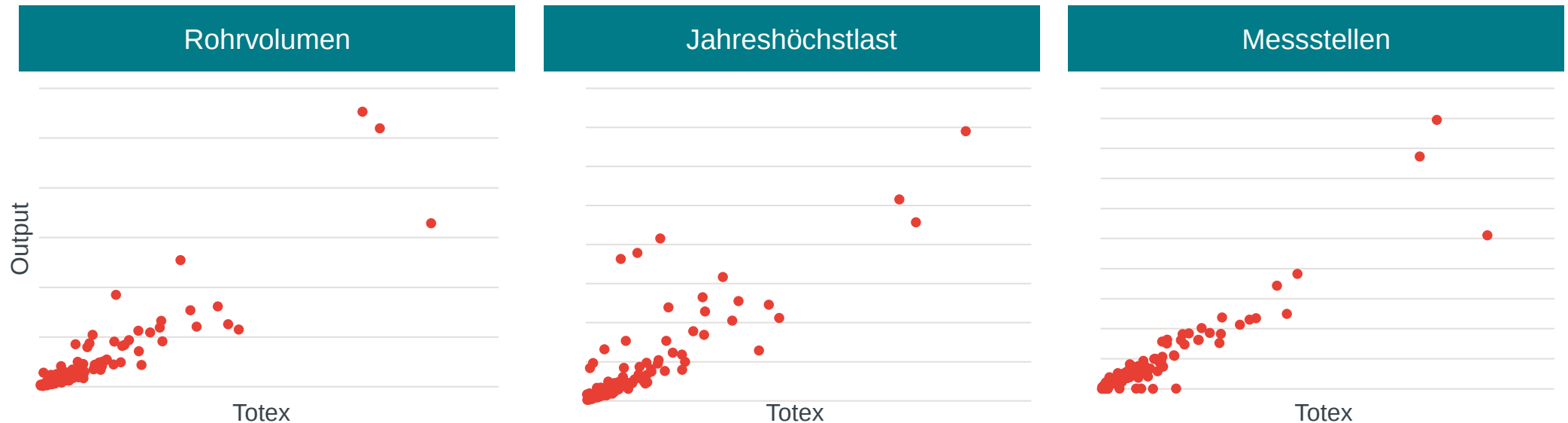
Empfehlung

- Empfehlung eines präferierten funktionalen Zusammenhangs
- Testen alternativer Ansätze und Vergleich der am Ende stehenden Modellkandidaten

Grundsätzliche Wahlmöglichkeiten zur funktionalen Form

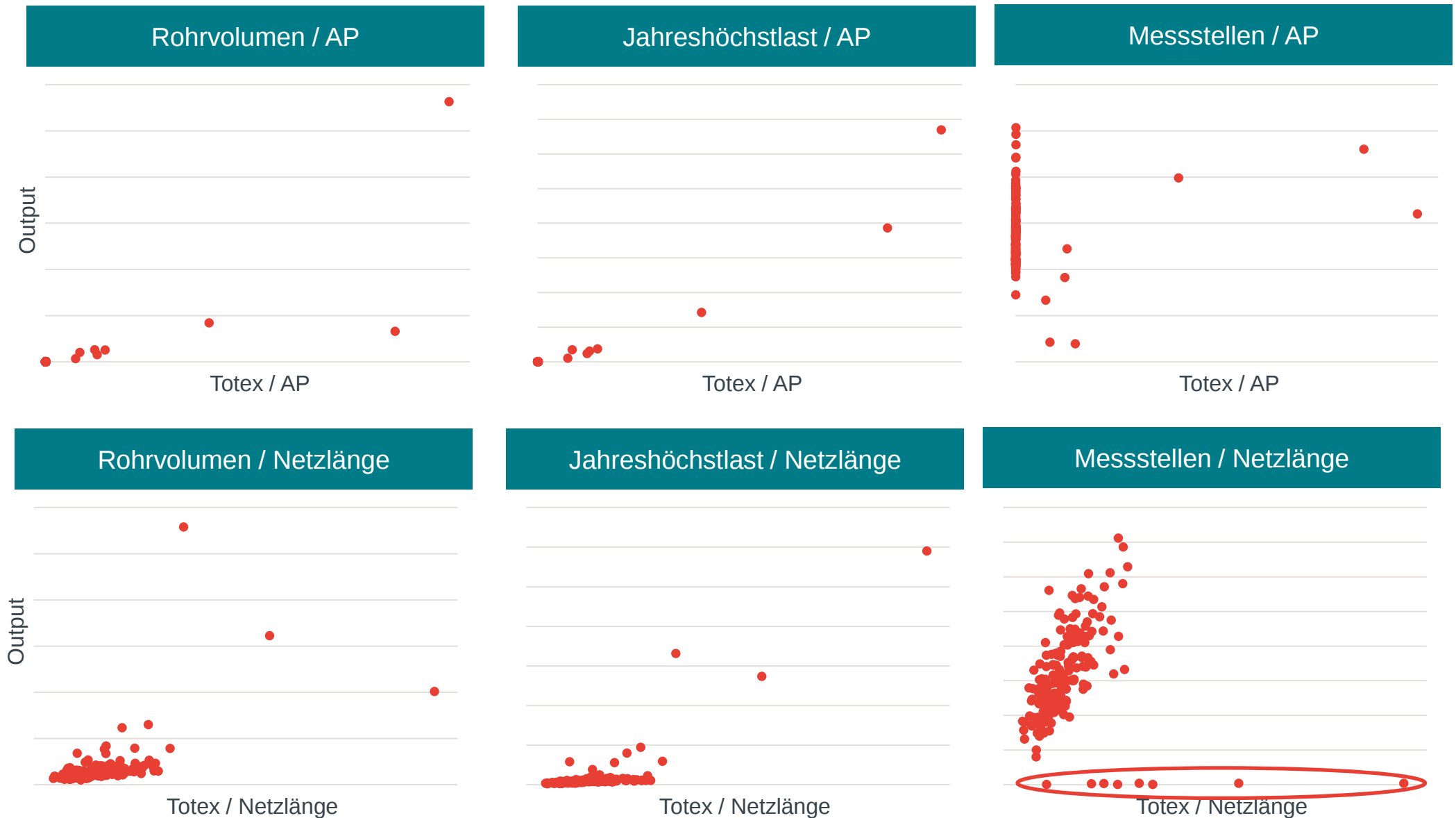
		Bewertung
Linear	$Totex = \alpha_1 + \alpha_2 JHL + \alpha_3 MStot + \alpha_4 RV + \varepsilon$	Anfällig für Größeneffekte (Heterosk.)
Normiert-linear	$\frac{Totex}{MStot} = \alpha_3 + \alpha_2 \frac{JHL}{MStot} + \alpha_4 \frac{RV}{MStot} + \varepsilon$	Verwendet in EVG2 und EVS, korrigiert für Größeneffekte Geringe Verbreitung in wiss. Literatur
Log	$\begin{aligned} \log(Totex) \\ = \alpha_1 + \alpha_2 \log(JHL) + \alpha_3 \log(MStot) + \alpha_4 \log(RV) + \varepsilon \end{aligned}$	Cobb-Douglas Funktion sinnvoll, Log. korrigiert für Größenunterschiede
Trans-Log	$\begin{aligned} \log(Totex) \\ = \alpha_1 + \alpha_2 \log(RV) + \alpha_3 0.5 \log(RV)^2 + \alpha_4 \log(MStot) \\ + \alpha_5 0.5 \log(MStot)^2 + \alpha_6 \log(JHL) + \alpha_7 0.5 \log(JHL)^2 \\ + \alpha_8 \log(JHL) * \log(MStot) + \alpha_9 \log(JHL) * \log(RV) \\ + \alpha_{10} \log(MStot) * \log(RV) + \varepsilon \end{aligned}$	Verwendet im EVG3 Flexible Erweiterung von CD, in Wissenschaft am weitesten verbreitet

Niveaugrößen: Zusammenhang zwischen Kosten und Outputs als Niveaugrößen ersichtlich

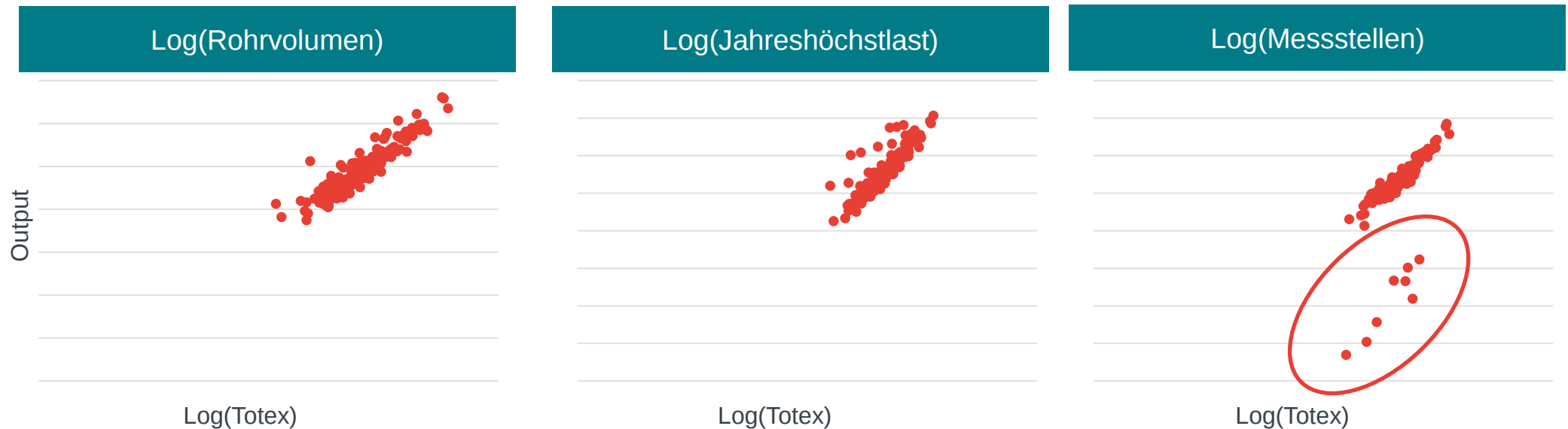


- Niveau-Größen der Parameter Rohrvolumen, Jahreshöchstlast und Messstellen (als Bestandteile des EVG3-Modells) zeigen Zusammenhang zwischen wesentlichen Outputs und Kosten (nicht-standardisiert)
- Auch Größenunterschiede zwischen Netzbetreibern werden deutlich

Normierung: Zusammenhang wird bei Normierung durch Netzlänge deutlicher als bei Normierung durch Ausspeisepunkte



Logarithmieren: Sehr deutlicher Zusammenhang zwischen Kosten und Outputs



- Logarithmieren der Outputs und der Kosten macht deutlichen Zusammenhang ersichtlich
- Netzbetreiber mit strukturellen Besonderheiten (hier: wenig Messstellen) werden klar isoliert
- Logarithmieren der Daten ermöglicht weiterhin eine gute Interpretierbarkeit der Koeffizienten in der OLS / SFA

Monte Carlo Simulation zur Überprüfung der Annahmen zur Funktionalen Form

Hintergrund und Anwendung im EVG4

- Monte Carlo Simulationen werden in der Wissenschaft häufig eingesetzt, um Datensätze zu generieren, Methoden zu vergleichen oder Einflussfaktoren zu bewerten
- Wir nutzen MC, um unterschiedliche funktionale Zusammenhänge zwischen Kosten und Outputs zu bewerten
- Dabei wird jeweils ein „wahrer“ Zusammenhang in der MC unterstellt und anschließend die Effizienzschatzung mit einem „unterstellten“ funktionalen Zusammenhang durchgeführt
- Im Ergebnis können wir eine Aussage darüber treffen, welcher funktionale Zusammenhang, abhängig von getroffenen Annahmen, den „wahren“ Zusammenhang am besten beschreibt
- Bewertung der Ergebnisse anhand des Root-Mean-Square Errors (RMSE) der wahren Effizienz und der geschätzten Effizienz je VNB im simulierten Datensatz (Simulation basiert auf Datenstand Sommer 2022)

Wahrer Zusammenhang *Data Generating Process*

Funktionale Form

- Cobb-Douglas (CD)
- Translog (TL)
- Normiert-Linear (NL)

Ineffizienz

- Exponentialverteilung
- Halbnormalverteilung

Streuung Fehlerterm (sigv)

- 0.01
- 0.05

Streuung Ineffizienz (sigu)

- 0.01
- 0.05
- 0.15

Unterstellter Zusammenhang

Funktionale Form

- Cobb-Douglas (CD)
- Translog (TL)
- Normiert-Linear (NL)

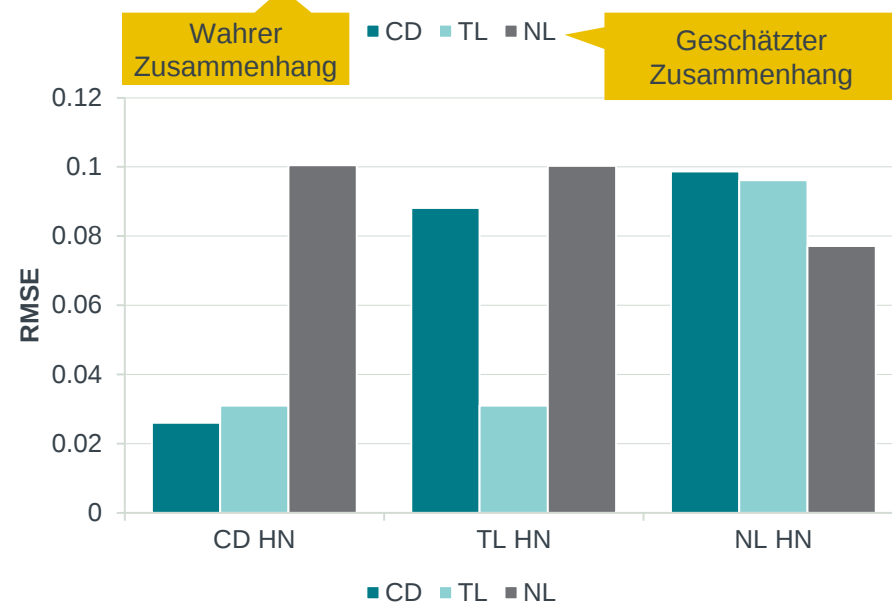
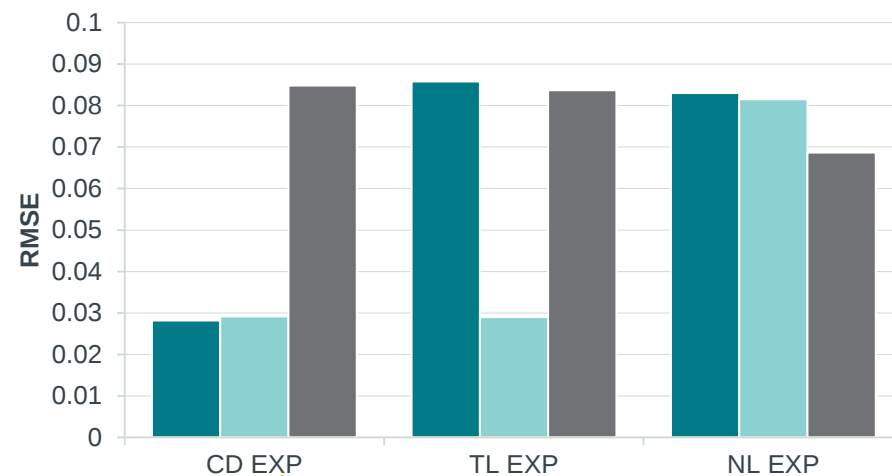
$$RMSE_r = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\widehat{TE}_{j,r} - TE_{j,r})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Translog zeigt im Mittelwert geringsten Fehler

Ergebnisse

- Liegt ein nicht-linearer Zusammenhang dem DGP zugrunde („wahrer Zusammenhang“), also CD oder TL, weist die Schätzung anhand eines normier-linearen Zusammenhangs einen großen RMSE auf
- Liegt ein additiv-linearer Zusammenhang dem DGP zugrunde („wahrer Zusammenhang“), also NL, weisen CD oder TL einen weniger großen RMSE auf
- Die Ergebnisse werden nur geringfügig von der unterstellten Verteilung des Ineffizienzterms beeinflusst (HN oder EXP)

Ø-RMSE über alle Noise / Inefficiency Variationen



$$q_j = \underbrace{F(z_{i,j})}_{\text{Production Function}} \cdot \underbrace{\exp(\varepsilon_j)}_{\text{Composed error term}} \quad \text{with } \varepsilon_j = v_j - u_j \text{ and } j = 1, \dots, n,$$

Noise variation	Inefficiency variation
0.01	0.01
0.05	0.01
0.01	0.05
0.05	0.05
0.01	0.15
0.05	0.15

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Vorgehen bei der Weiterentwicklung des EVG3-Modells

1

Test EVG3 Modell

- Eignet sich das EVG3-Modell als Ausgangsbasis für die EVG4-Modellspezifikation?
- Out-of-sample Prediction
- Neu-Schätzung

2

Punktuelle Veränderung im EVG4 Modell

- Punktueller Austausch von einzelnen ing.-wiss. als sinnvoll erachteten Parameterkandidaten (Prio 1 / Prio 2)
- Bewertung anhand der Informationsgüte, ing.-wiss. Einordnung, Erklärungsbeitrag

3

Testen weiterer Parameter

- Hinzufügen eines 6. Parameters auf Basis des überarbeiteten Modellvorschlags
- Untersuchung von Adressdichtedaten und weiteren Modellergänzungen

4

Modell Bewertung

- Post-Estimation Tests und statistische Eigenschaften
- Ing.-wiss. Einordnung
- Auswertung DEA-Modell
- Analyse der Effizienzwerte DEA und SFA

EVG4-Kosten werden gut durch EVG3-Koeffizienten beschrieben – EVG3 Modell daher guter Ausgangspunkt für Modellfindung in EVG4

Out of sample prediction

- **Ziel:** Überprüfen der Eignung des EVG3-Modells als Ausgangspunkt für die Modellfindung im Prozess des EVG4
- **Ansatz:** Schätzen der **EVG4-Kostendaten** anhand der **Koeffizienten des EVG3-Modells** und der Strukturdaten von EVG4

Translog-Schätzung EVG3

Tabelle 74 SFA Effizienzvergleichsmodell

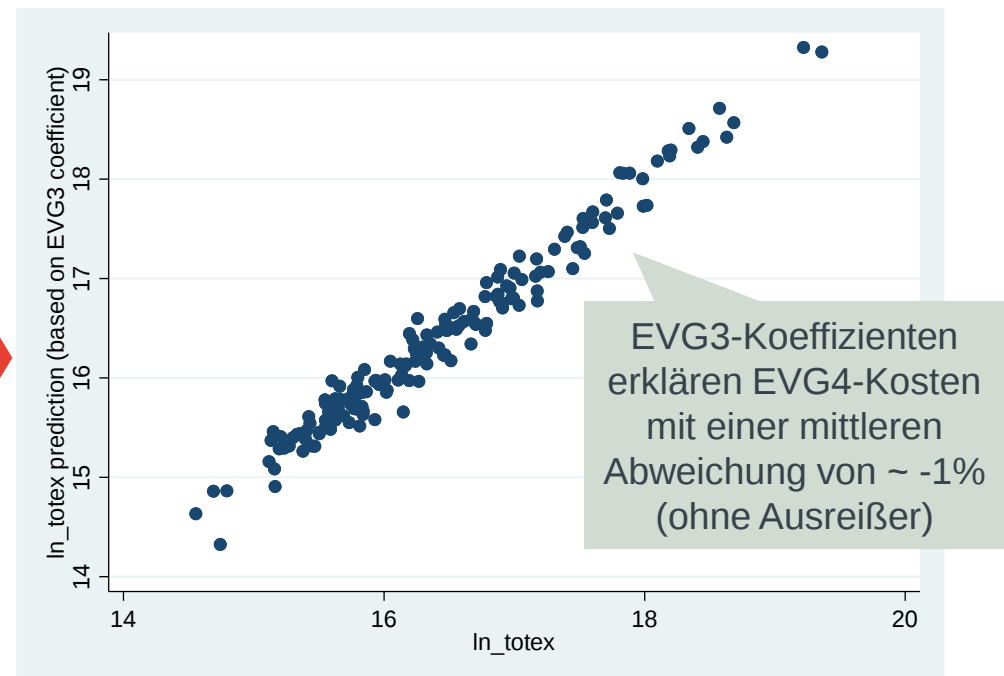
	Nicht-standardisierte Aufwandsparameter		Standardisierte Aufwandsparameter	
	OLS	SFA(exp.)	OLS	SFA (exp.)
y1 = ln(RVtot)	0,291***	0,291***	0,256***	0,262***
y2 = ln(JHLaus)	0,188***	0,204***	0,236***	0,246***
y3 = ln(MStot)	0,364***	0,348***	0,367***	0,345***
y4 = ln(NLV1BK456)	0,131***	0,131***	0,108***	0,113***
y5 = ln(APg5)	0,0184***	0,0174***	0,0162**	0,0160***
y11	-0,0641	0,00307	-0,183	-0,0889
y22	-0,143	-0,152	-0,289	-0,339*
y33	0,0749**	0,0767***	0,121**	0,134***
y44	-0,00271	0,00551	-0,0238	-0,0110
y55	0,00196**	0,00196**	0,00206**	0,00213**
y12	0,0733	0,0505	0,178	0,161
y13	-0,0529	-0,0778	-0,0986	-0,155
y14	-0,0395	-0,0655	0,0533	0,0229
y15	-0,00210	-0,00284	-0,00338	-0,00488
y23	0,0578	0,0795	0,0979	0,151
y24	0,0125	0,0260	-0,0274	-0,0151
y25	0,0115*	0,0117**	0,00915	0,0107*
y34	0,00842	0,0171	-0,0209	-0,0125
y35	-0,0172***	-0,0167***	-0,0134**	-0,0135***
y45	0,00414	0,00383	0,00506*	0,00475*
Konstante	16,17422***	16,08196***	16,21698***	16,11179***
N	169	169	168	168
Adj. R ²	0,978		0,977	
AIC	-135,6	-134,2	-130,6	-130,6
BIC	-69,85	-62,18	-65,04	-58,71

Quelle: Frontier Economics
Hinweis: Analyse ohne Ausreißer, Berechnung anhand von mittelwertskalierten Variablen
*/ ** / *** Signifikanz 10% / 5% / 1%

EVG4-Daten

- JHL
- Rohrvolumen
- Messstellen
- NLv1BK456
- AP > 5 bar

Kostenschätzer basierend auf EVG3 Koeffizienten



EVG3 Modell neu geschätzt – Modell bietet ähnlich hohen Erklärungsgehalt

Mittelwertskalierte Berechnung:
Koeffizienten zeigen Kosten-
Elastizität für ein
durchschnittliches Netz

Translog-Schätzung **EVG3**

	Totex		sTotex	
	OLS	SFA	OLS	SFA
y1 RVtot	0.291***	0.291***	0.256***	0.262***
y2 JHL	0.188***	0.204***	0.236***	0.246***
y3 MSotanz	0.364***	0.348***	0.367***	0.345***
y4 NLv1BK456	0.131***	0.131***	0.108***	0.113***
y5 AP > 5bar	0.0184***	0.0174***	0.0162**	0.0160***
Constant	16.17***	16.08***	16.23***	16.11***
Observations	169	169	168	168
AIC	-135.6	-134.2	-130.6	-130.6
BIC	-69.85	-62.18	-65.04	-58.71
r2_a	0.978		0.977	
Prob >= chibar2		0.054		0.024

Translog-Schätzung **EVG4**

	Totex		sTotex	
	OLS	SFA	OLS	SFA
y1 RVtot	0.153***	0.155***	0.186***	0.178***
y2 JHL	0.252***	0.244***	0.246***	0.243***
y3 MStotanz	0.536***	0.535***	0.506***	0.510***
y4 NLv1BK456	0.105***	0.108***	0.114**	0.119**
y5 AP BD > 5bar	0.0188**	0.0186**	0.0155**	0.0154**
Constant	16.20***	16.11***	16.27***	16.19***
Observations	171	171	169	169
AIC	-126.1	-124	-133.4	-130.5
BIC	-60.10	-51.78	-67.63	-58.47
r2_a	0.974		0.975	
Prob >= chibar2		0.08		0.15

- **Neuschätzung des EVG3-Modells** mit den Daten des EVG4 liefert grundsätzlich konsistente Ergebnisse bezogen auf Erklärungsgehalt und Koeffizienten
 - Messstellen mit etwas mehr Gewicht, dafür etwas geringere Elastizität beim Rohrvolumen
 - Signifikanzniveau der Ineffizienz geringer als im EVG3 und bei sTotex nicht hinreichend hoch

Vorgehen bei der Weiterentwicklung des EVG3-Modells

1

Test EVG3 Modell

- Eignet sich das EVG3-Modell als Ausgangsbasis für die EVG4-Modellspezifikation
- Out-of-sample prediction
- Neu-Schätzung

2

Punktuelle Veränderung im EVG4 Modell

- Punktueller Austausch von einzelnen ing.-wiss. als sinnvoll erachteten Parameterkandidaten (Prio 1 / Prio 2)
- Bewertung anhand der Informationsgüte, ing.-wiss. Einordnung, Erklärungsbeitrag

3

Testen weiterer Parameter

- Hinzufügen eines 6. Parameters auf Basis des überarbeiteten Modellvorschlags
- Untersuchung von Adressdichtedaten

4

Modell Bewertung

- Post-Estimation Analyse
- Analyse der Effizienzwerte DEA und SFA

Punktuelle Anpassungen des EVG3-Modells: wesentliche Abwägungsfragen

Wir überprüfen die Eignung von Vergleichsparametern, die aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht gut geeignet sind

Dimension der Versorgungsaufgabe	EVG3	Alternative Spezifikationen		Abwägung	
Ausdehnung	<i>RV_{tot}</i>	- Netzlänge - Versorgte Fläche	- Netzlänge < 5 bar - RV < 5 bar	Rohrvolumen zeigt beste Eigenschaften	✓
a Bereitstellung von Kapazität	<i>JHL</i>	Potenzielle JHL		Potenzielle JHL näher zu überprüfen	?
Verteilung von Energie zum Kunden	<i>MStot</i>	- AP_{tot} - Potenzielle AP - AP < 5 bar (AD)	- MS < 5 bar - AP < 5 bar (BD)	Messstellen zeigt beste Eigenschaften	✓
b Transport von Energie in Hochdrucknetzen	<i>AP > 5 bar (BD)</i>	- AP > 16 bar (BD) - AP > 5 bar (AD)	- NL > 5 bar - RV > 5 bar	- AP > 5 bar (BD) zeigt beste Eigenschaften - Definition nach AD / inkl. eigene AP nicht geeignet	✓ ?
c Geologische Besonderheit	<i>NLv1BK456</i>	Anpassung Auswahl BK / GBK / Aufwandsklassen		Änderung der Bodenklassen zu überprüfen	?
Granularität	<i>Über MStot</i>	Adressdichtedaten		Adressdichtedaten nicht geeignet	✓
Demographischer Wandel	<i>Physische Anlagen</i>	- Potenzielle JHL - Potenzielle AP		s.o.	✓

Multikriterielle Bewertung der punktuellen Veränderungen des Modells

Parameter aus EVG3 ersetzt durch ...	Veränderung Informationsgüte (AIC / BIC / adj. R2)	Signifikanter Erklärungsbeitrag (Koeffizienten)	ing.-wiss. Einordnung	Bewertung	SFA Konvergenz und Signifikanz der Ineffizienz
Alternative 1	...	...	...	...	...
- Veränderung der Informationsgüte bewertet anhand der Veränderung des AIC / BIC (Stichprobe EVG3-Modell) sowie des adj. R² - Für eine deutliche Verbesserung/ Verschlechterung müssen sich alle Gütemaße merklich verbessern/verschlechtern	- Koeffizienten der Kostentreiber sollten ein positives Vorzeichen aufweisen und hinreichend statistisch signifikant sein - Größenordnung der Koeffizienten sollte sich in sinnvollem Rahmen, gemessen an durchschnittlichem Netz, bewegen	- Einordnung der Vergleichsparameter im Modell aus ing.-wiss. Perspektive - Werden alle Dimensionen der Versorgungsaufgabe abgebildet? - Eignung des Parameters als Kostentreiber	Bewertung der Kriterien auch unter Würdigung der regulatorischen Konsistenz	Für Modelle, die als Kandidat in Frage kommen: - Konvergenz SFA - Sind die Ineffizienzterme mit ausreichend hoher Vertrauenswahrscheinlichkeit vom Fehlerterm separierbar?	

Potenzielle Jahreshöchstlast zeigt guten Erklärungsbeitrag, verringert jedoch Aussagekraft anderer Outputs

Jahreshöchstlast ersetzt durch ...	Veränderung Informationsgüte (AIC / BIC / adj. R2)	Signifikanter Erklärungsbeitrag (Koeffizienten)	ing.-wiss. Einordnung	Bewertung	SFA Konvergenz und Signifikanz der Ineffizienz
Potenzielle Jahreshöchstlast	Verbesserung der Modellgüte	Verringerung des Signifikanzniveaus anderer Koeffizienten	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aus ing.-wiss. Sicht besser geeignet	Keine eindeutige Modellverbesserung	Signifikanzniveau nicht ausreichend hoch

Hintergrund

- $$\text{pot. JHL} = \frac{\text{Erschließungsgrad}}{\text{Anschlussgrad}} * \text{JHL}$$
- $$\text{Erschließungsgrad} = \frac{\text{Max.anschließbare AP}}{(\text{Max.anschließbare AP} + \text{Versorgungsobjekte} + \text{nicht stillgelegte AP and Dritte})} * \text{JHL}$$
- $$\text{Anschlussgrad} = \frac{\text{Anzahl nicht stillgelegter AP}}{(\text{Max.anschließbare AP} + \text{Versorgungsobjekte} + \text{nicht stillgelegte AP and Dritte})} * \text{JHL}$$

Im Ergebnis sprechen wir uns gegen die Verwendung der potenziellen anstelle der tatsächlichen JHL aus

Anzahl Ausspeisepunkte > 5 bar zur Abbildung der Hochdrucktransportaufgabe

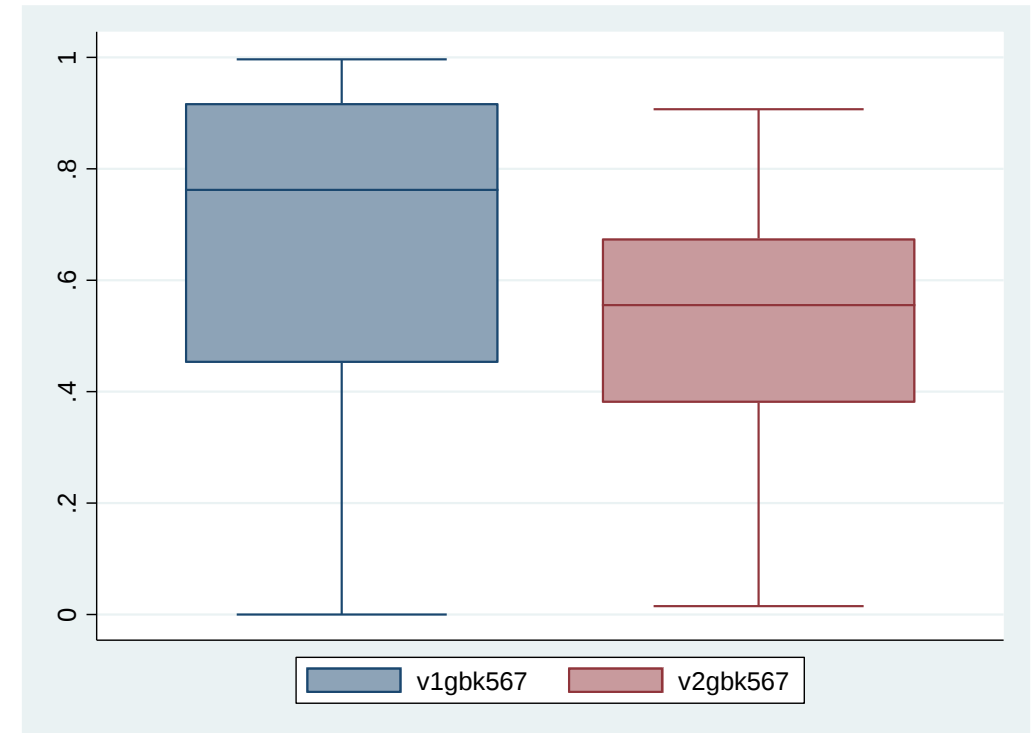
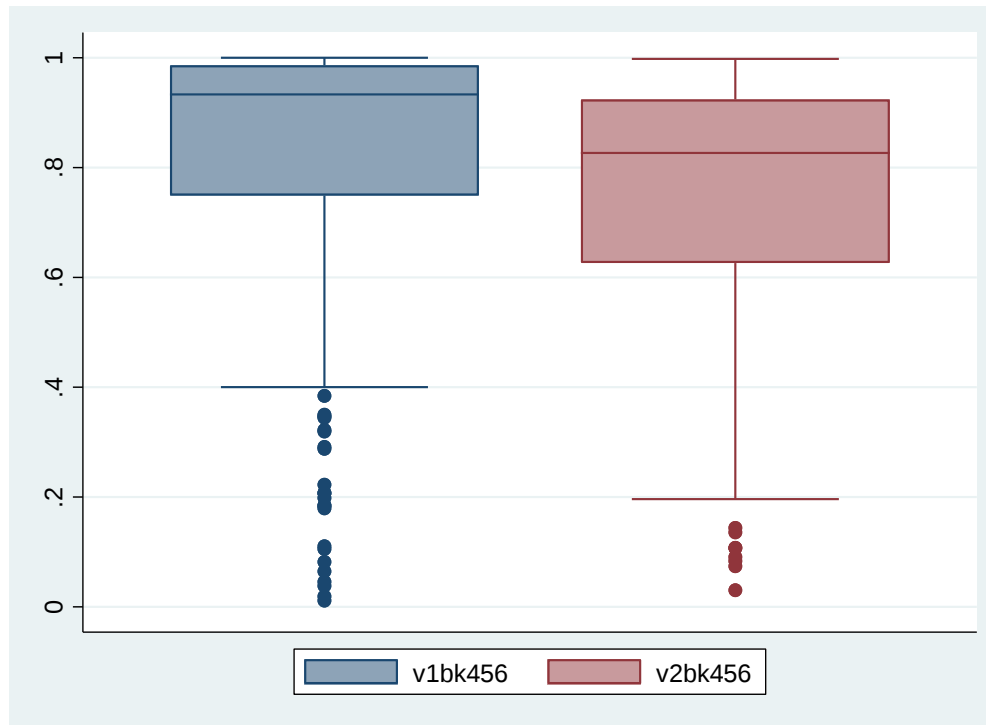
AP > 5 bar (BD) ersetzt durch...	Veränderung Informationsgüte (AIC / BIC / adj. R2)	Signifikanter Erklärungsbeitrag (Koeffizient)	ing.-wiss. Einordnung	Bewertung	SFA Konvergenz und Signifikanz der Ineffizienz
AP > 5 bar (AD)	Informationsgüte vergleichbar	Ja	Höhere Beeinflussbarkeit durch VNB	Keine Verbesserung	Ineffizienzterm hinreichend signifikant
AP > 5 bar (BD) inkl. eigener AP	Informationsgüte vergleichbar	Nein	Höhere Beeinflussbarkeit durch VNB	Keine Verbesserung	Signifikanz nicht bei beiden Kostenarten gegeben
AP > 16 bar (BD)	Informationsgüte vergleichbar	Negativer signifikanter Koeffizient	Grundsätzlich auch gut geeignet	Keine Verbesserung	/
AP > 16 bar (AD)	Informationsgüte vergleichbar	Negativer signifikanter Koeffizient	Weniger gut geeignet aufgrund Auslegungsdruck	Keine Verbesserung	/
NL > 5 bar (einzeln oder mit NL < 5 bar)	Verschlechterung der Modellgüte	Teilweise nicht signifikante Koeffizienten	Weniger gut geeignet aufgrund Auslegungsdruck	Keine Verbesserung	/
RV > 5 bar (einzeln oder mit RV < 5 bar)	Verschlechterung der Modellgüte	Teilweise nicht signifikante Koeffizienten	Weniger gut geeignet aufgrund Auslegungsdruck	Keine Verbesserung	/

Geologische Beschaffenheit der Versorgungsaufgabe

NLV1BK456 ersetzt durch...	Veränderung Informationsgüte (AIC / BIC / adj. R2)	Signifikanter Erklärungsbeitrag (Koeffizient)	ing.-wiss. Einordnung	Bewertung	SFA Konvergenz und Signifikanz der Ineffizienz
NLV2BK456	Informationsgüte Vergleichbar	Ja	Gute Eignung	Potenzielle Veränderung	Signifikanz gegeben
NLV1BK56	Informationsgüte Vergleichbar	Ja	Gute Eignung	Potenzielle Veränderung	Ineffizienzterme nicht hinreichend signifikant
NLV2BK56	Keine Verbesserung	Ja	Gute Eignung	Keine Verbesserung	/
NLV1GBK567	Informationsgüte Vergleichbar	Ja	Gute Eignung	Potenzielle Veränderung	Ineffizienzterme nicht hinreichend signifikant
NLV2GBK567	Leichte Verschlechterung	Nicht gegeben	Gute Eignung	Keine Verbesserung	/
NLV2GBK67	Leichte Verschlechterung	Signifikanzniveau anderer Koeffizienten sinkt	Gute Eignung	Keine Verbesserung	/
Aufwandsklassen	Verschlechterung der Informationsgüte	Nicht gegeben	Grundsätzlich auch geeignet	Keine Verbesserung	/

Analyse der Bodenklassen und Grabbarkeiten in Tiefe 0-1 vs. 0-2m

Verteilung der Bodenklassen 456 und Grabbarkeiten 567 nach 0-1m und 0-2m¹ Tiefe



Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
v1BK456	187	80.01%	27.41%	1.14%	100.00%
v2BK456	187	74.75%	24.59%	3.03%	99.79%

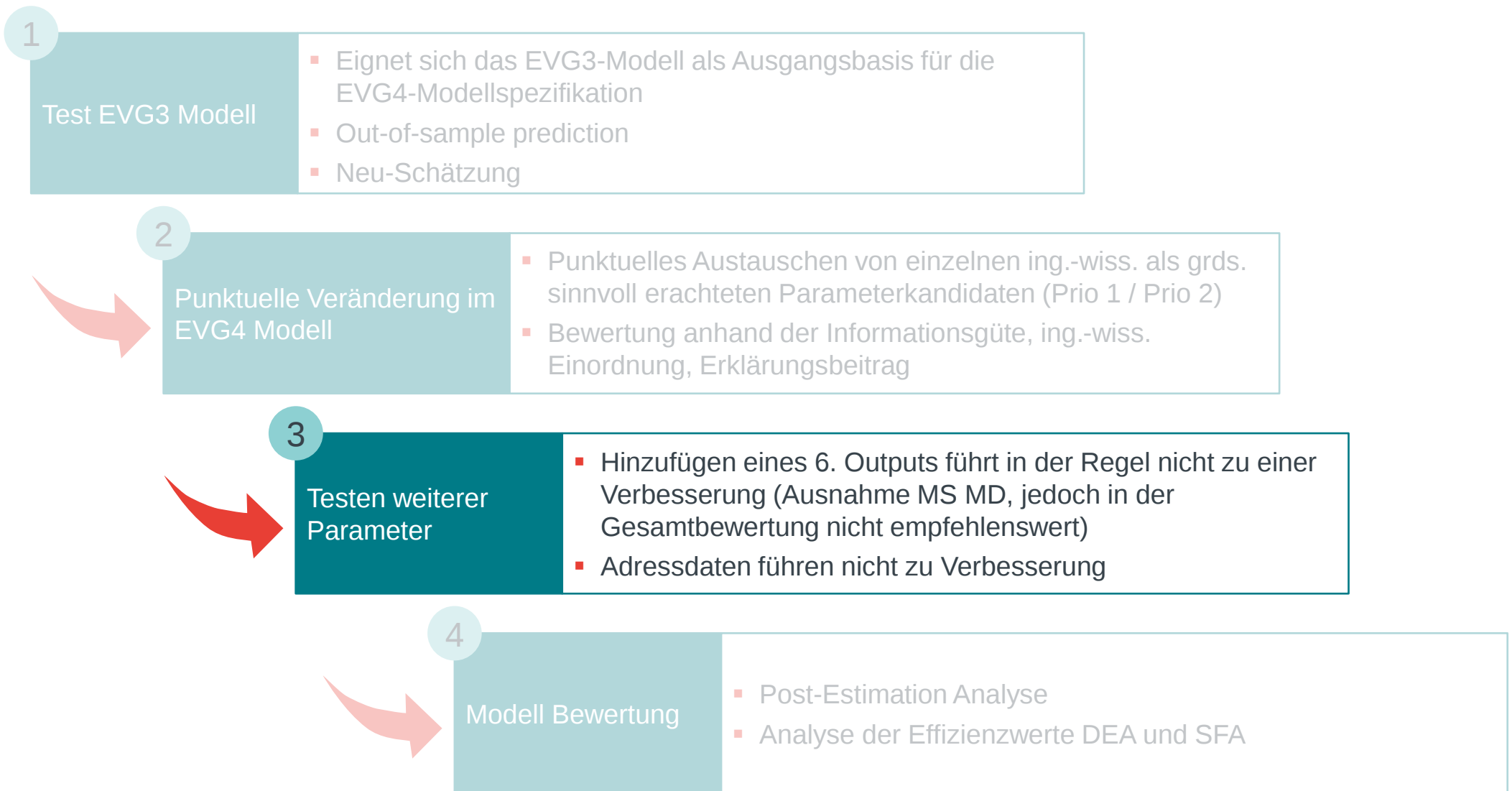
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
v1gbk567	187	65.61%	30.34%	0.00%	99.65%
v2gbk567	187	52.08%	21.55%	1.51%	90.69%

Erweiterung des Basismodells mit 4 Parametern

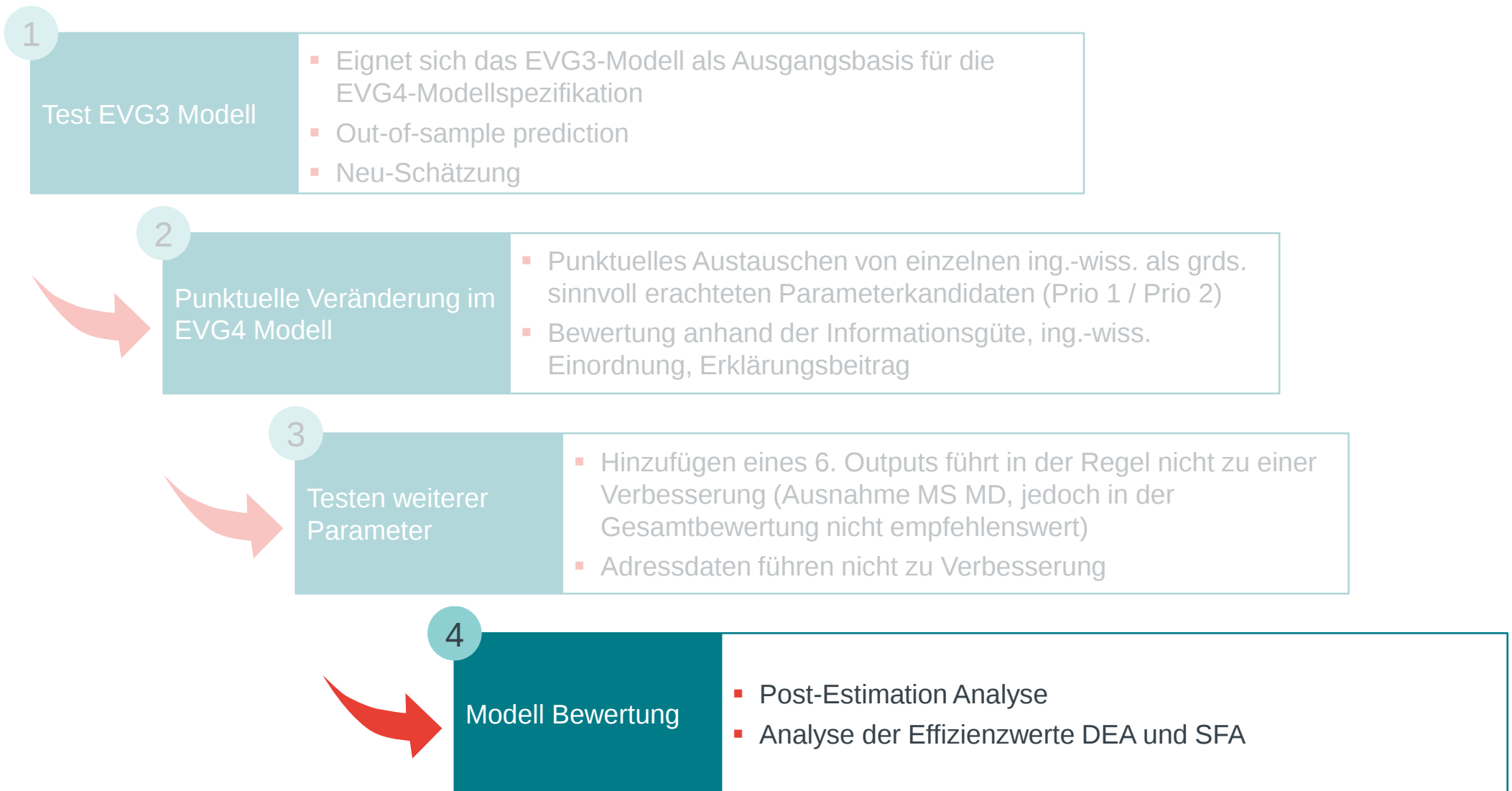
Basis			NLV1BK456		NLV2BK456		NLV1GBK567	
Kostenart	Totex	sTotex	Totex	sTotex	Totex	sTotex	Totex	sTotex
JHL	0.3151***	0.2941***	0.2518***	0.2460***	0.2479***	0.2603***	0.2856***	0.2982***
RVtot	0.2188***	0.2254***	0.1532***	0.1864***	0.1698***	0.1810***	0.1982***	0.1819***
MStot	0.5257***	0.5412***	0.5357***	0.5059***	0.4980***	0.5075***	0.4989***	0.5012***
AP>5bar	0.0194**	0.0194**	0.0188**	0.0155**	0.0177**	0.0155*	0.0163**	0.0163**
5. Parameter			0.1049***	0.1137**	0.1292**	0.1077***	0.0635***	0.0616***
Constant	16.2275***	16.2556***	16.1962***	16.2676***	16.2206***	16.2629***	16.1976***	16.2328***
Observations	174	173	171	169	170	173	167	170
AIC ¹	-103.02	-112.82	-120.66	-131.18	-117.20	-126.51	-111.24	-123.44
BIC ¹	-55.64	-65.52	-54.32	-64.96	-50.86	-60.29	-44.90	-57.22
Het_prob	0.987	0.9866	0.8889	0.9465	0.9145	0.9263	0.5684	0.2233
r2_a	0.9681	0.9697	0.9739	0.9752	0.9726	0.9743	0.974	0.9744
chi2_c (SFA exp)			1.963	1.105	4.255	2.2	0.00738	4.08

Modellvorschlag wird
nachfolgend näher
untersucht

Vorgehen bei der Weiterentwicklung des EVG3-Modells



Vorgehen bei der Weiterentwicklung des EVG3-Modells



Eigenschaften des Vorschlags auf Basis der EVG3-Weiterentwicklung

Modellkandidat aus EVG3-Weiterentwicklung

	Totex		sTotex	
FOC	OLS	SFA (exp)	OLS	SFA (exp)
Ln(RV)	0.170***	0.158***	0.181***	0.177***
Ln(JHL)	0.248***	0.238***	0.260***	0.255***
Ln(MStot)	0.498***	0.494***	0.507***	0.507***
Ln(AP>5bar)	0.0177**	0.0186**	0.0155*	0.0153**
Ln(NLv2BK456)	0.129**	0.144***	0.108***	0.114***
Constant	16.22***	16.11***	16.26***	16.18***
AIC	-118.2	-118.4	-128.8	-127
BIC	-52.33	-46.31	-62.57	-54.46
Het_prob	0.914		0.926	
Adj. R ²	0.973		0.974	
ll	80.09	82.22	85.39	86.49
chi2_c		4.255		2.200
Prob >= chibar2		0.02		0.069

- Modell berücksichtigt **gleiche / ähnliche Parameter wie im EVG3**
- Koeffizienten erster Ordnung zeigen alle **sinnvolle und signifikante Vorzeichen**
- **Summe aller Koeffizienten nahe 1:** Hinweis auf konstante Skalenerträge bei einem durchschnittlichen Netzbetreiber
- **Wesentliche Post-Estimation Tests sind unauffällig:**
 - Heteroskedastizität stellt kein Problem dar
 - Multikollinearität beschränkt sich auf Quadrat und Kreuzterme
 - Wald Test und LR-Test bestätigen Wahl Translog ggü. Cobb-Douglas
- **Ineffizienzterme in exp. SFA** weisen ausreichend hohes Signifikanzniveau auf

Modelleigenschaften DEA und SFA

DEA

- DEA mit konstanten Skalenerträgen
- **Ausreißer:** Jeweils drei Ausreißer Totex / sTotex
 - 2 Dominanzanalyse und 1 Supereffizienter Ausreißer
 - 12 (Totex) bzw. 11 (sTotex) Unternehmen mit Supereffizienzwert $> 100,01\%$
- **Effizienzgrenze** wird von 17 (Totex) bzw. 16 (sTotex) Unternehmen aufgespannt (Peers),
 - dazu gehören auch Netzbetreiber ohne Konzession, jedoch nicht mit großem Einfluss auf die gesamte Stichprobe;
 - Einflussreichste Peers sind eher kleinere VNB
- **Gewichte:**
 - Messstellen und NLV2BK456 sind die wichtigsten Outputs gemessen am durchschnittlichen Gewicht
 - Unternehmen auf der Effizienzgrenze bilden mit wenigen Ausnahmen 2 oder mehr Dimensionen ab

SFA

- SFA in Translog
- **Sinnvolle Koeffizienten** erster Ordnung auch in der SFA
- **Annahme: Ineffizienzterm** folgt einer Exponentialverteilung
 - Totex mit hohem Signifikanzniveau ($p=0.02$)
 - sTotex mit hinreichend hohem Signifikanzniveau ($p=0.07$)
- **Ausreißer** auf Basis Cook's Distance: 17 Ausreißer Totex und 14 Ausreißer sTotex
 - Dazu gehören bis auf einen alle Netzbetreiber ohne Konzessionsgebiet
- **Post-Estimation** unauffällig:
 - Multikollinearität beschränkt sich auf die Kreuz- und Quadratterme
 - Monotonie als Annahme nicht verletzt, da Anzahl der negativen Ableitungen eingegrenzt werden kann oder statistisch nicht signifikant ist

Verteilung des SFA-Ineffizienzterms: Wir schlagen Beibehaltung der Annahme exponentialverteilter Ineffizienz vor

- Im EVG3 und EVG2 ist ein Ineffizienzterm mit Exponentialverteilung unterstellt worden
- Im EVG4 führt die Exponentialverteilung gegenüber der Halbnormalverteilung zu besseren Informationskriterien und einer höheren Durchschnittseffizienz

SFA	Exponentialverteilung		Halbnormalverteilung	
	Totex	sTotex	Totex	sTotex
LogLikelihood	82.2	86.49	81.92	86.42
AIC	-118.4	-127	-117.8	-126.9
BIC	-46.3	-54.46	-46.31	-54.4
Chi Square Stat.	4.3	2.2	3.7	2.1
Durchschnittseffizienz (ohne SFA Ausreißer)	90.47%	91.89%	86.29%	87.74%

Berücksichtigung des Parameters NLV2BK456 erhöht Effizienzwerte leicht ggü. EVG3

Finales Effizienzvergleichsmodell EVG3*

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.18%	42.94%	67.05%	63.90%	67.05%
0.25 Quantil	63.95%	65.98%	89.93%	89.37%	90.34%
Durchschnitt	75.63%	77.86%	91.03%	90.61%	92.41%
0.75 Quantil	86.56%	88.75%	94.66%	94.57%	95.58%
Anzahl 100%	20.00	21.00	0.00	0.00	23.00
StdAbw	14.74%	14.71%	5.72%	6.06%	5.96%

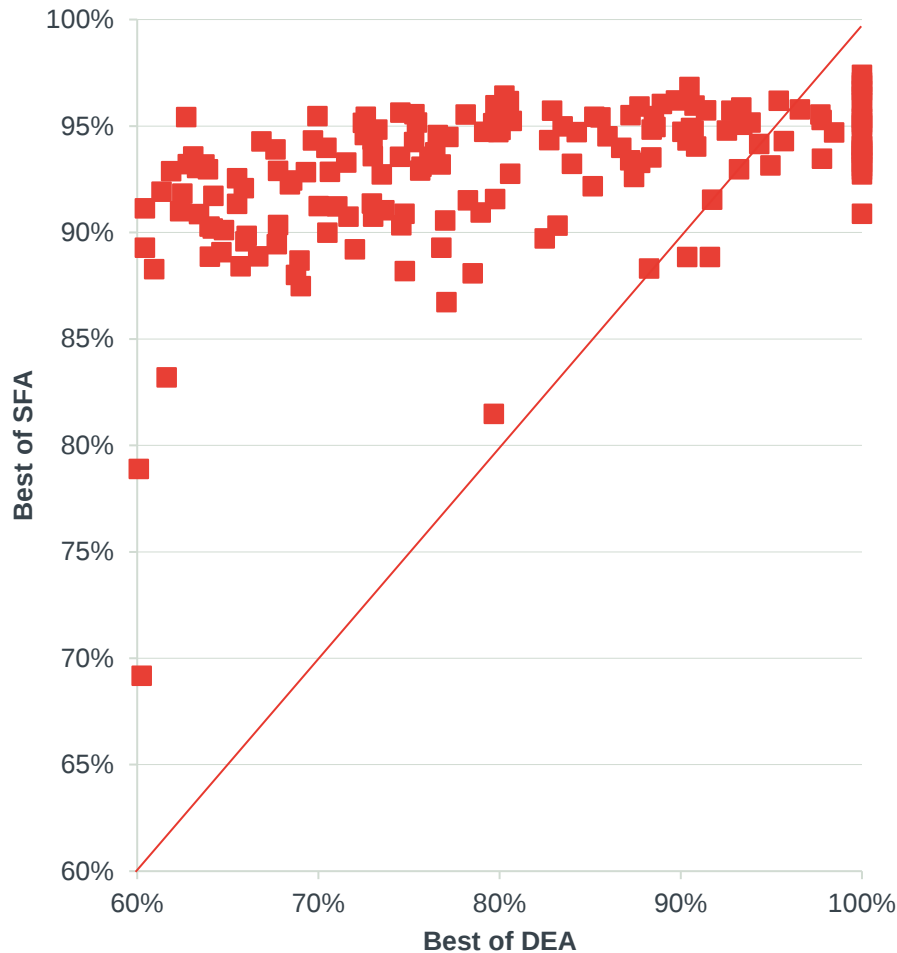
EVG3 Modell mit **NLV2BK456**

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.09%	43.27%	60.14%	66.45%	66.45%
0.25 Quantil	65.07%	65.52%	88.76%	90.58%	90.72%
Durchschnitt	76.35%	76.96%	90.48%	91.79%	92.61%
0.75 Quantil	88.19%	89.79%	94.39%	94.83%	95.46%
Anzahl 100%	20.00	19.00	0.00	0.00	22.00
StdAbw	14.73%	14.84%	6.15%	4.80%	5.43%

- Mittlere Effizienz steigt um 0.2 %-Punkte
- Effizienzwerte weisen eine ähnliche Verteilung auf wie im EVG3, mit einer leicht geringeren Standardabweichung
- SFA mit standardisierten Kosten stellen maßgeblichen Standard für die meisten Unternehmen dar (137), 16 Unternehmen erhalten ihren EW aus der SFA (Totex).
- DEA für 34 Unternehmen maßgeblich

DEA und SFA Ergebnisse sind in diesem Modell deutlich korreliert, SFA für die meisten Netzbetreiber ausschlaggebend

Best of SFA vs. Best of DEA



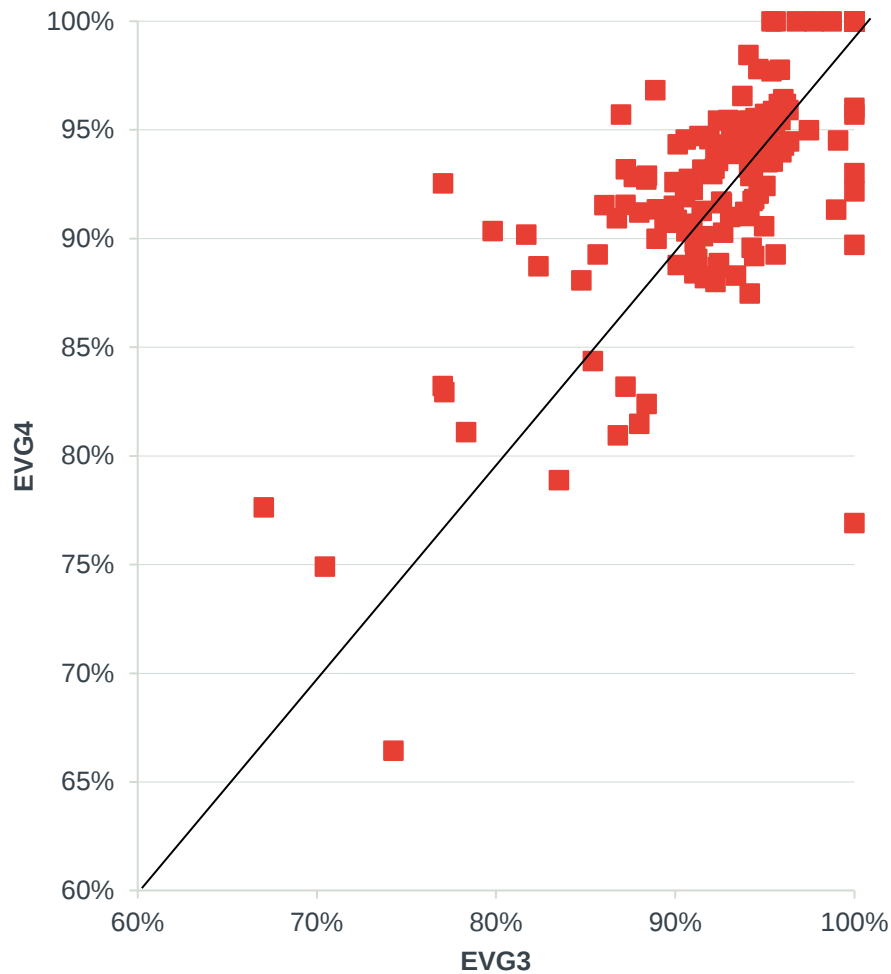
- Methodenimmanent ist die SFA für die meisten Netzbetreiber maßgeblich
- 34 Netzbetreiber erhalten ihren Effizienzwert aus der DEA
- Die Korrelation der EW zwischen DEA und SFA ist mit 63 % sehr deutlich, Rangkorrelation ebenfalls 64%

Korrelation Best-of-SFA und Best-of-DEA

Korrelation	EVG2	EVG3	EVG4 (TL)
Effizienzwerte	0.44	0.61	0.63
Rangkorrelation	0.69	0.61	0.64

Vergleich je VNB EVG4 (NLV2BK456) vs. EVG3* Best-of-Four Effizienz

Effizienzwerte im Vergleich EVG4 – EVG3*



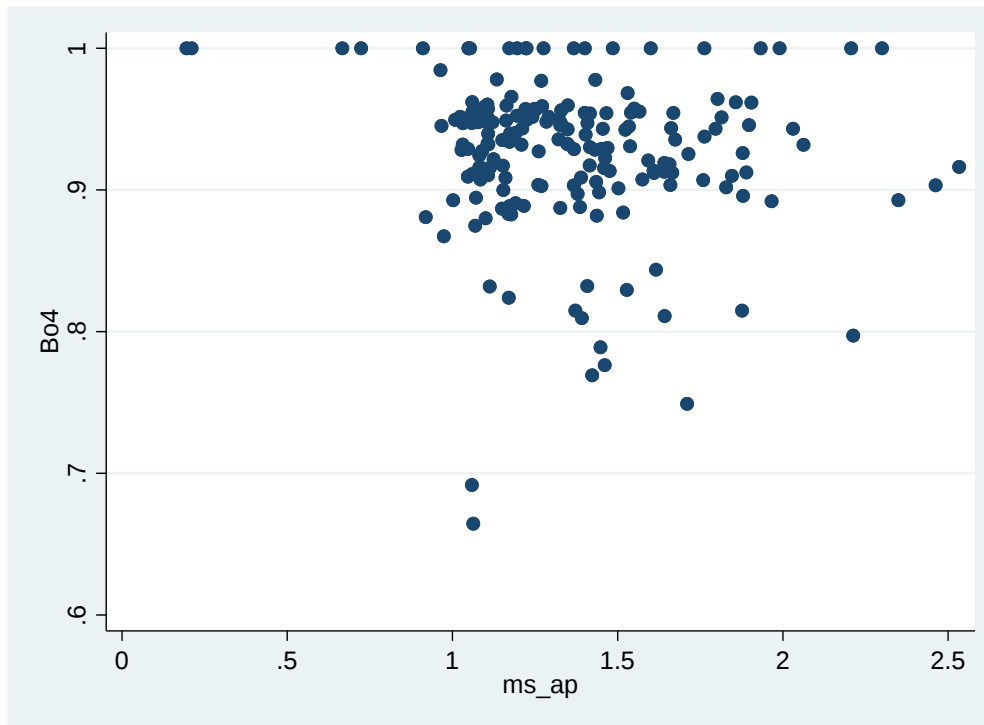
Gegenüberstellung je VNB anhand der BNR_NNR (N=163) (kein exaktes Matching)

- 80 VNB mit Verbesserung (Ø +2,8%-Punkte)
- 69 VNB mit Verschlechterung (Ø -3,1%-Punkte)

Größte negative Veränderung mit (-23%-Punkte)

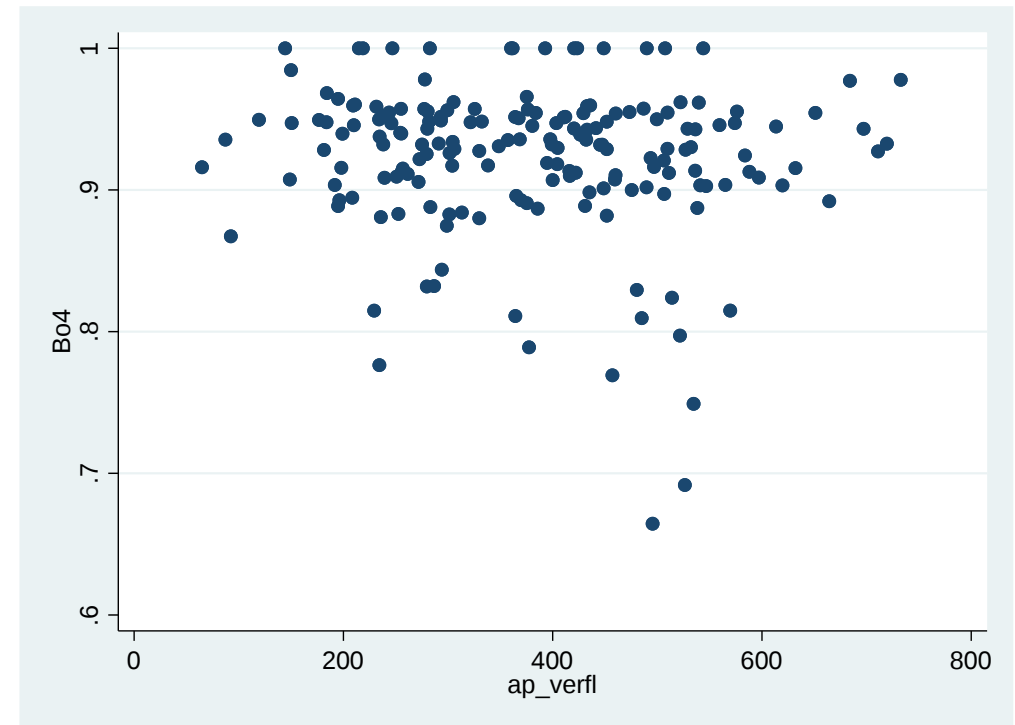
Erste Plausibilitätsanalysen zeigen keine Auffälligkeiten hinsichtlich eher städtisch oder eher ländlich geprägten Netzbetreibern

Best of 4 vs. Messtellen / Ausspeisepunkte



- **Hypothese:** Je größer MS/ AP desto dichter besiedelt ist das Versorgungsgebiet und desto größer sind die Kosten der Leitungsverlegung („City-Effekt“)
- **Ergebnis:** Kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen MS/AP und BO4-Effizienzwerten

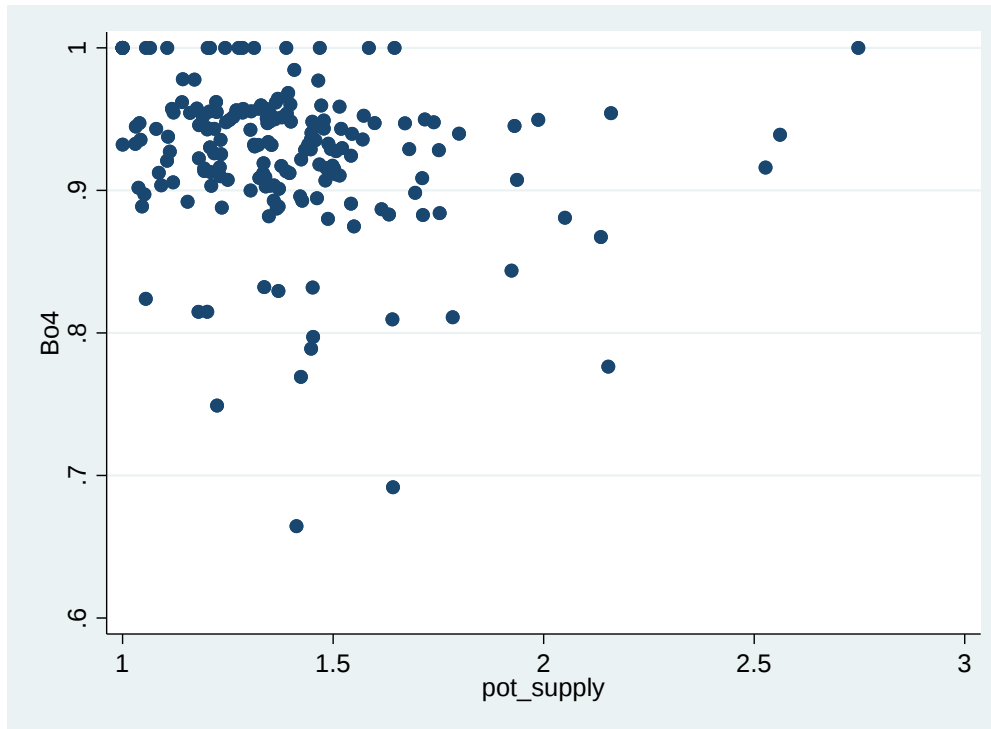
Best of 4 vs. Ausspeisepunkte / Fläche



- **Hypothese:** Je kleiner die Anzahl der AP im Verhältnis zur Fläche, desto eher ist ein Netzbetreiber ländlich geprägt und muss längere Wege in Kauf nehmen
- **Ergebnis:** Kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen AP/Fläche und BO4-Effizienzwerten

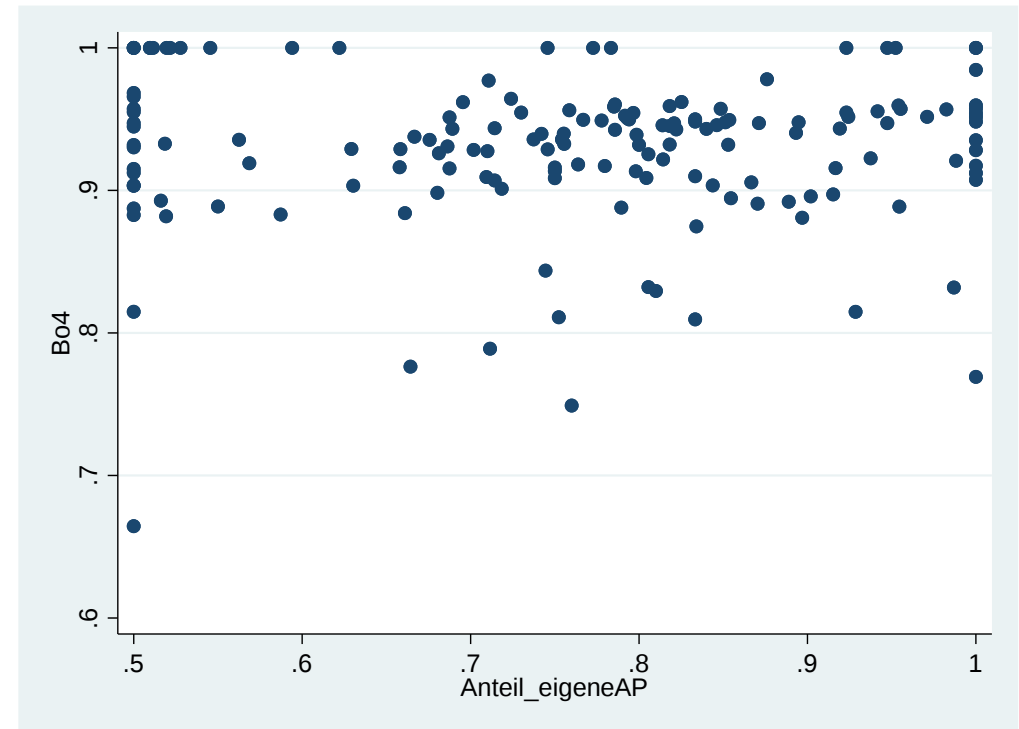
Netze mit hoher „Potenzieller Versorgungsaufgabe“ oder einem hohen Anteil von AP an eigene Netze nicht offensichtlich benachteiligt

Best of 4 vs. Erschließungsgrad¹ / Anschlussgrad²



- **Hypothese:** Demographischer Wandel führt zu einer Benachteiligung mancher Netzbetreiber, in deren Gebieten Kunden abgewandert sind
- **Ergebnis:** Kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen BO4 und dem Verhältnis aus Erschließungs-/Anschlussgrad

Best of 4 vs. Anteil eigener AP (>5 bar)



- **Hypothese:** Netzbetreiber mit einem hohen Anteil eigener AP (>5bar) werden nicht adäquat abgebildet, das Versorgungsaufgabe nicht vollständig erfasst wird
- **Ergebnis:** Kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen BO4 und dem Anteil der „eigenen AP“

Hinzufügen eines 6. Parameters (Anzahl MS MD) erhöht die Effizienzwerte nicht

EVG3 Modell mit NLV2BK456

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.09%	43.27%	60.14%	66.45%	66.45%
0.25 Quantil	65.07%	65.52%	88.76%	90.58%	90.72%
Durchschnitt	76.35%	76.96%	90.48%	91.79%	92.61%
0.75 Quantil	88.19%	89.79%	94.39%	94.83%	95.46%
Anzahl 100%	20.00	19.00	0.00	0.00	22.00
StdAbw	14.73%	14.84%	6.15%	4.80%	5.43%

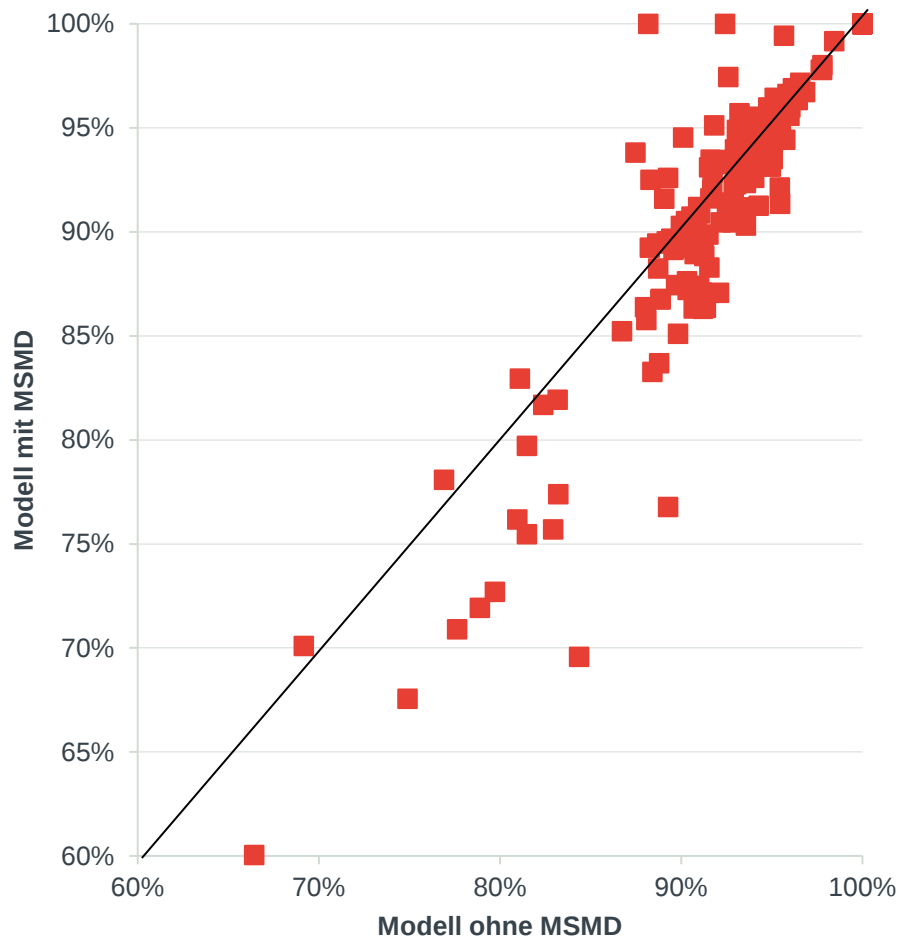
+ MS MD Anz

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.10%	43.27%	56.29%	60.05%	60.05%
0.25 Quantil	66.40%	65.85%	88.28%	89.01%	89.65%
Durchschnitt	77.23%	77.89%	90.12%	90.57%	91.90%
0.75 Quantil	89.26%	90.85%	94.48%	94.71%	95.76%
Anzahl 100%	22.00	22.00	0.00	0.00	24.00
StdAbw	14.91%	14.97%	6.98%	6.61%	6.91%

- Mittlere Effizienz sinkt durch Aufnahme eines 6. Parameters
- In der DEA gibt es 2 Netzbetreiber mehr, die 100% erreichen für die Mehrzahl der Unternehmen stellt es jedoch eine Verschlechterung dar

Für die meisten VNB ergibt sich eine Verschlechterung des Ergebnisses

Effizienzwerte im Vergleich mit/ohne MSMDanz



Gegenüberstellung je VNB (N=187)

- 73 VNB mit Verbesserung (Ø +1.3%-Punkte)
- 91 VNB mit Verschlechterung (Ø -2,5%-Punkte)

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Vorgehen beim „Grüne-Wiese-Ansatz“

Nachfolgend zeigen wir
wesentliche Abwägungsfragen und
Ergebnisse

1

Testen Prio 1
Parameter

- Alle Prio 1 Parameter zur Beschreibung der Dimensionen Ausdehnung, Kapazität, Versorgung Endkunden, Versorgung Hochdruck
- Auswahl von Ausgangs- und Alternativmodell

2

Hinzufügen Geol.
Besonderheit

- Ausgangs und Alternativmodell werden um Parameter Bodenklassen (Netzlängengewichtung) und Grabbarkeiten ergänzt

3

Testen Prio 2
Parameter

- Hinzufügen / Ersetzen von Parametern der Priorität 2
- Insb. zur Abbildung des demographischen Wandels (Potenzialparameter)

4

Erneutes testen
aller Parameter

- Abschließendes Testen aller Parameter

Schritt 1: Beschreiben der Versorgungsaufgabe durch Prio 1 Parameter (ohne Geologische Besonderheit)

Dimension der Versorgungsaufgabe	Getestete Variablen	Ergebnis
Ausdehnung des Versorgungsgebietes	- Versorgte Fläche - Leitungslänge Rohrvolumen	- Das Modell EVG3 (ohne Bodenklassen) weist gemessen am AIC / BIC höchste Modellgüte auf - Alternatives Modell mit Netzlänge und Messstellen > 5 bar ebenfalls gute Modellgüte, (sogar leicht höheres adj. R^2) jedoch nicht signifikante Koeffizienten erster Ordnung - Modelle mit Versorgter Fläche schneiden schlechter ab, weisen z.B. negative Koeffizienten erster Ordnung auf
Bereitstellung von Kapazität	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen - Rohrvolumen	
Verteilung der Energie zum Kunden	- Anz. Ausspeisepunkte (AP) (exkl. interne AP) Anz. Messstellen	
Transport von Energie in Hochdrucknetzen	Anzahl AP nach Betriebsdruckstufen (<u>exkl. interne AP</u>) > 5 bar - Anzahl MS & MeLo nach Druckstufen	

Schritt 2: Hinzufügen der Dimension „Geologische Besonderheit“

Dimension der Versorgungsaufgabe	Getestete Variablen	Ergebnis
Ausdehnung des Versorgungsgebietes	▪ Versorgte Fläche ▪ Leitungslänge ▪ Rohrvolumen	▪ Auch durch Hinzunehmen der Bodenklassen und Grabbarkeiten ändern sich die Aussagen in Schritt 1 nicht ▪ Vorherrschende Bodenklassen 456 in Tiefe 0-1m und 0-2m verbessern Modellgüte und vervollständigen Modell → Ansatz 2 a) führt zum selben Modellvorschlag wie Ansatz 1
Bereitstellung von Kapazität	▪ Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen ▪ Rohrvolumen	
Verteilung der Energie zum Kunden	▪ Anz. Ausspeisepunkte (AP) (exkl. interne AP) ▪ Anz. Messstellen	
Transport von Energie in Hochdrucknetzen	▪ Anzahl AP nach Betriebsdruckstufen (<u>exkl. interne AP</u>) > 5 bar ▪ Anzahl MS & MeLo nach Druckstufen	
Geologische Besonderheit	▪ Vorherr. Bodenklassen der folgenden Gruppen: (4,5,6), (5,6), gewichtet nach Netzlänge ▪ Maximale Grabbarkeit der folgenden Gruppen: (6,7), (5,6,7), gewichtet nach Netzlänge	

Schritt 3 und 4: Testen der Prio2-Parameter und weiterer Test verworfener Parameter

Dimension der Versorgungsaufgabe

Getestete Variablen

Ergebnis

Ausdehnung des Versorgungsgebietes

- Versorgte Fläche
- Leitungslänge
- **Rohrvolumen**

Bereitstellung von Kapazität

- **Potenzielle Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen**
- Rohrvolumen

Verteilung der Energie zum Kunden

- Anz. Ausspeisepunkte (AP) (exkl. interne AP)
- **Anz. Messstellen**

Transport von Energie in Hochdrucknetzen

- **Anzahl AP nach Betriebsdruckstufen (exkl. interne AP) > 5 bar**
- Anzahl MS & MeLo nach Druckstufen

Geologische Besonderheit

- **Vorherr. Bodenklassen der folgenden Gruppen: (4,5,6), (5,6), gewichtet nach Netzlänge**
- Maximale Grabbarkeit der folgenden Gruppen: (6,7), (5,6,7), gewichtet nach Netzlänge

- Potenzielle JHL führt teilweise zu einer Verbesserung der Informationsgüte
- Signifikanzniveau anderer Kostentreiber sinkt
- Ineffizienzterme bei min. einer Kostenart nicht statistisch signifikant vom Störterm trennbar
- Keine Verbesserung durch Berücksichtigung anderer Parameter in den übrigen Dimensionen

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Vorgehen beim „Grüne-Wiese-Ansatz“ – analog zum Ansatz 2a)

Nachfolgend zeigen wir
wesentliche Abwägungsfragen und
Ergebnisse

1

Testen Prio 1
Parameter

- Alle Prio 1 Parameter zur Beschreibung der Dimensionen Ausdehnung, Kapazität, Versorgung Endkunden, Versorgung Hochdruck
- Auswahl von Ausgangs- und Alternativmodell

2

Hinzufügen Geol.
Besonderheit

- Ausgangs und Alternativmodell werden um Parameter Bodenklassen (Netzlängengewichtung) und Grabbarkeiten ergänzt

3

Testen Prio 2
Parameter

- Hinzufügen / Ersetzen von Parametern der Priorität 2
- Insb. zur Abbildung des demographischen Wandels (Potenzialparameter)

4

Erneutes testen
aller Parameter

- Abschließendes Testen aller Parameter

Ansatz 2: Entwicklung normiert-linearer Modelle anhand der ing.-wiss. Prioritätenliste

Modellspezifikation anhand der ing.-wiss. Prioritätenliste

Dimension der Versorgungsaufgabe	Kostentreiber Prio 1	Kostentreiber Prio 2	Kostentreiber Prio 3
Ausdehnung des Versorgungsgebietes	- Versorgte Fläche - Leitungslänge / Rohrvolumen		
Bereitstellung von Kapazität	- Zeitgleiche Jahreshöchstlast (JHL) - Rohrvolumen	Potenzielle zeitgleiche Jahreshöchstlast	
Verteilung der Energie zum Kunden	- Anz. Ausspeisepunkte (AP) (exkl. interne AP) - Anz. Messstellen und <u>MeLo</u>	Anzahl potenzieller AP	- Entnommene Jahresarbeit - Bevölkerung
Transport von Energie in Hochdrucknetzen	Anzahl AP nach Druckstufen (exkl. interne AP)	- Anzahl MS & <u>MeLo</u> nach Druckstufen - AP nach Druckst. <u>inkl.</u> <u>int.</u> AP	Druckdifferenzierung Leitungslänge/ Rohrvolumina nach Druckbereich
Granularität des Versorgungsgebietes	Anzahl der Messstellen oder Ausspeisepunkte in Verbindung mit Ausdehnungsparameter		- Adressdichtedaten - Anzahl der Versorgungsobjekte
Umweltbedingungen			
Geologische Besonderheit der Versorgungsaufgabe	<u>Vorherr.</u> Bodenklassen <u>Vorherr.</u> Grabbarkeiten - Aufwandklassen	- Maximale Bodenklassen - Maximale Grabbarkeiten	
Demographischer Wandel	Abbildung über Anlagen	- Anzahl <u>potenz.</u> AP - Potenzielle JHL	

- Vielzahl an Spezifikationen mit 6 oder 7 Vergleichspar.
- Normierungsparameter: AP, VersFI, NL



Spezifikation des EVG2 Modells mit 9 Inputvariablen (inkl. der Pflichtparameter)

Hauptresultate der statistischen Beurteilung

- Leitungslänge eignet sich aus statistischer Sicht am besten als Normierungsparameter
- Heteroskedastizität** als großes Problem bei den allermeisten Spezifikationen (unabhängig von Normierungsparameter)
- Spezifikationen mit mehr als 6 Parametern weisen zudem oftmals „falsche“ Koeffizienten auf (Insignifikanz, negatives Vorzeichen)
- R² deutlich niedriger als bei TL Modellen (<< 90%)
- SFA Durchschnittseffizienzen liegen deutlich unter denen der TL Modelle (<< 90%)**
- Oftmals implizite Bestätigung der Modellfindung bei TL
 - Rohrvolumen besser geeignet als Versorgte Fläche
 - Abstellen auf pot. JHL verbessert zwar statistische Eigenschaften jedoch zulasten der Reg.koeffizienten
 - Bodenklassen-Modell V2BK456 mit besseren Eigenschaften als V1BK456

EVG2 Modell mit Pflichtparametern nicht geeignet

Modell aus Ansatz 1 / 2a) als normiert-linearen Form: Heteroskedastizität bleibt trotz Normierung problematisch

Das präferierte Modell weist in normiert-linearer Form ebenfalls signifikante Koeffizienten aus

	TOTEX		sTOTEX	
VARIABLES	OLS	SFA	OLS	SFA
norm_RVtotm	85.92***	72.87***	90.37***	75.06***
norm_JHLausmnh	24.85***	26.50***	24.23***	25.06***
norm_MStotanz	209.4***	184.7***	218.7***	198.0***
norm_APbdgt5anz	20,303***	14,847**	20,767***	17,489***
norm_NLv2BK456	4,025***	3,746***	4,255***	3,873***
Constant	12,455***	10,769***	12,766***	11,072***
Observations	178	178	178	178
R-squared	0.767		0.774	
AIC	3232	3212	3236	3219
BIC	3252	3237	3255	3245
Het_prob	0.271		0.192	
r2_a	0.760		0.767	
ll	-1610	-1598	-1612	-1602
chi2_c		24.60		20.02
converged		1		1

Heteroskedastizität
problematisch

- Cameron Trivedi Test zwar nicht signifikant (hier dargestellt), aber
- Strengerer Breusch-Pagan Test: Nullhypothese konstanter Varianz muss verworfen werden

Ergebnisse nach Mittelwertskalierung

Zusätzlicher Parameter „Netzlänge“ in der DEA führt nicht zu eindeutig höheren Effizienzwerten

EVG3 Modell mit NLV2BK456 (Translog)

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.09%	43.27%	60.14%	66.45%	66.45%
0.25 Quantil	65.07%	65.52%	88.76%	90.58%	90.72%
Durchschnitt	76.35%	76.96%	90.48%	91.79%	92.61%
0.75 Quantil	88.19%	89.79%	94.39%	94.83%	95.46%
Anzahl 100%	20.00	19.00	0.00	0.00	22.00
StdAbw	14.73%	14.84%	6.15%	4.80%	5.43%

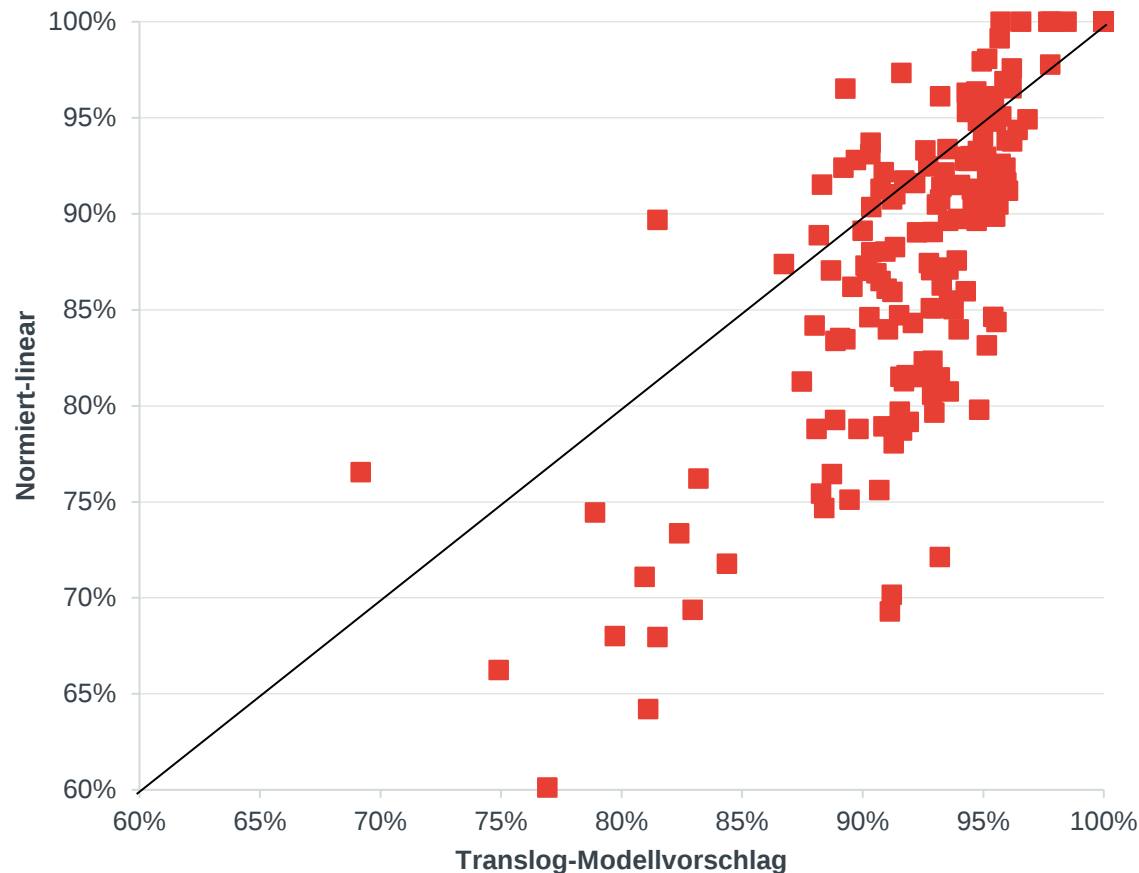
EVG3 Modell mit NLV2BK456 (Norm-Lin NL)

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.46%	44.57%	49.68%	49.12%	49.68%
0.25 Quantil	66.57%	65.76%	80.66%	81.22%	83.50%
Durchschnitt	78.16%	77.62%	85.22%	85.61%	88.13%
0.75 Quantil	91.58%	90.45%	91.88%	92.21%	94.87%
Anzahl 100%	26.00	21.00	0.00	0.00	27.00
StdAbw	15.05%	14.92%	9.64%	9.40%	9.84%

- Durch die Verwendung der normiert-linearen Form (trotz *Hinweisen auf Heteroskedastizität*), sinken die Effizienzwerte gegenüber dem Translog Modell
- EW in der SFA weisen größere Streuung auf und sind im Durchschnitt >5%-Punkte geringer

Für die meisten VNB ergibt sich eine Verschlechterung des Ergebnisses

Effizienzwerte im Vergleich normiert-lineares Modell vs. Translog-Vorschlag



Zusätzlich 5 Unternehmen mit 100% in der DEA, da mit Netzlänge eine zusätzliche Output-Dimension zur Verfügung steht

Gegenüberstellung je VNB anhand der BNR_NNR (N=187)

- 35 VNB mit Verbesserung (Ø +2.4%-Punkte)
- 129 VNB mit Verschlechterung (Ø -7.1%-Punkte)

Grüne-Wiese Ansatz: Einzelne Modelle mit 7 Parametern liefern Ergebnisse mit signifikantem Erklärungsgehalt

Normierung anhand der Netzlänge

	Totex / NL		sTotex / NL	
	OLS	SFA	OLS	SFA
RVtot / NL	79.69***	83.73***	91.18***	86.71***
JHLausmnh / NL	25.19***	25.19***	21.90***	21.99***
APtotanz / NL	188.4***	168.0***	196.0***	181.0***
NLv2BK456 / NL	25,540***	19,709***	28,351***	26,021***
APbdgt5anz / NL	3,233***	3,341***	3,287***	3,221***
APpotanz / NL	79.66***	72.97***	77.47***	68.13***
Constant	12,343***	10,899***	12,610***	11,218***
Observations	176		176	
AIC	3164	3157	3162	3159
BIC	3186	3186	3184	3188
Het_prob	0.275		0.245	
r2_a	0.791		0.918	
Prob >=chibar2	0.000		0.005	

Ergebnisse nach Mittelwertskalierung

Normiert-lineare Modelle mit 7 Vergleichsparemtern

- Ergebnisse der statistischen KTA auf Basis der ing.-wiss. Prioritätenliste führen zu vergleichbaren Modellkandidaten wie Ansatz 2a)
- Die meisten 7-Parameter Modelle in normiert-linearer Form weisen deutliche statistische Probleme auf (insb. bzgl. Heteroskedastizität und nicht plausiblen Regressionskoeffizienten)
- Ein Modell, das zumindest positive signifikante Koeffizienten aufweist, basiert auf dem TL-Modell, ergänzt um Netzlänge (als Normierungsparameter) und den potenziellen Ausspeisepunkten:
 - Vergleichsweises hohes adj. R^2 bei hohem Signifikanzniveau der Ineffizienz
 - Signifikante und positive Koeffizienten
 - **Problem mit Heteroskedastizität bleibt bestehen**

Zusätzliche Verwendung der potentiellen Anschlusspunkte als 7. Parameter lässt DEA Effizienzwerte leicht ansteigen

EVG3 Modell mit NLV2BK456 (Norm-Lin NL)

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.46%	44.57%	49.68%	49.12%	49.68%
0.25 Quantil	66.57%	65.76%	80.66%	81.22%	83.50%
Durchschnitt	78.16%	77.62%	85.22%	85.61%	88.13%
0.75 Quantil	91.58%	90.45%	91.88%	92.21%	94.87%
Anzahl 100%	26.00	21.00	0.00	0.00	27.00
StdAbw	15.05%	14.92%	9.64%	9.40%	9.84%

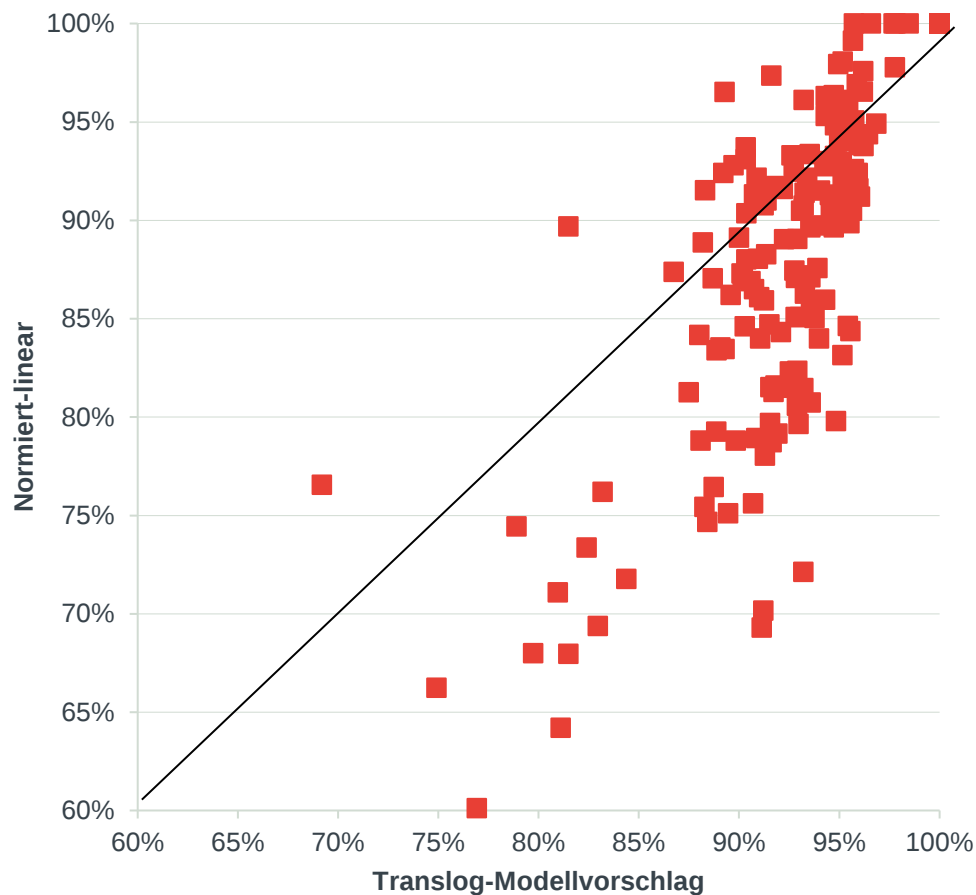
... und **pot. AP** (Norm-Lin NL)

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	46.56%	45.55%	49.71%	50.09%	50.09%
0.25 Quantil	69.32%	68.08%	82.87%	84.26%	85.01%
Durchschnitt	80.00%	79.39%	86.46%	87.28%	89.92%
0.75 Quantil	93.61%	92.57%	92.82%	93.30%	95.78%
Anzahl 100%	29.00	27.00	0.00	0.00	32.00
StdAbw	14.92%	14.93%	9.30%	8.72%	9.00%

- Verwendet man im präferierten TL-Modell in normiert-linearer Form neben der Leitungslänge noch zusätzlich die **potentiellen Anschlusspunkte**, ergeben sich im Vergleich zum Modell ohne potentielle Anschlusspunkte etwas höhere EW bei der DEA
- Hinzunahme potentieller Anschlusspunkte lässt bei der DEA zusätzliche VNB auf Effizienzgrenze springen
- Anstieg der EW nach der BO4 Abrechnung ist durch DEA und SFA zu erklären
- Durchschnittliche BO4 EW beim normiert-linearen Modell mit 7 Parametern liegt deutlich unter den BO4 EW bei der TL

Für die meisten VNB ergibt sich dennoch eine Verschlechterung des Ergebnisses gegenüber der präferierten Translog-Spezifikation

Effizienzwerte im Vergleich normiert-linear (7 Parameter) vs. Translog-Modellvorschlag



Gegenüberstellung je VNB anhand der BNR_NNR (N=187)

- 54 VNB mit Verbesserung (Ø +2.96%-Punkte)
- 111 VNB mit Verschlechterung (Ø -5.96%-Punkte)

Zusätzlich 10 VNB mit 100%

Korrelation DEA-SFA	EVG2	EVG3	EVG4 (TL)	EVG4 (NL)
Effizienzwerte	0.44	0.61	0.63	0.61
Rangkorrelation	0.69	0.61	0.64	0.54

1.	Hintergrund und Prozess des EVG4	3
2.	Datenerhebung und Datendefinition	7
3.	Datenplausibilisierung	9
4.	Ing.-wiss. Kostentreiberanalyse – Vorgehen und Ergebnisse	11
5.	Statistische Kostentreiberanalyse – Übersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse	26
6.	Statistische Kostentreiberanalyse – Vorauswahl	32
7.	Statistische Kostentreiberanalyse – Funktionale Form	35
8.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 1: EVG3 Weiterentwicklung	43
9.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 a) Translog Modelle	67
10.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 b) Normiert-Lineare Modelle	72
11.	Statistische Kostentreiberanalyse – Ansatz 2 c) Cobb-Douglas Modelle	81

Vorgehen beim „Grüne-Wiese-Ansatz“ – analog zum Ansatz 2a) und 2b)

Nachfolgend zeigen wir
wesentliche Abwägungsfragen und
Ergebnisse

1

Testen Prio 1
Parameter

- Alle Prio 1 Parameter zur Beschreibung der Dimensionen Ausdehnung, Kapazität, Versorgung Endkunden, Versorgung Hochdruck
- Auswahl von Ausgangs- und Alternativmodell

2

Hinzufügen Geol.
Besonderheit

- Ausgangs und Alternativmodell werden um Parameter Bodenklassen (Netzlängengewichtung) und Grabbarkeiten ergänzt

3

Testen Prio 2
Parameter

- Hinzufügen / Ersetzen von Parametern der Priorität 2
- Insb. zur Abbildung des demographischen Wandels (Potenzialparameter)

4

Erneutes testen
aller Parameter

- Abschließendes Testen aller Parameter

Modellspezifikation anhand der Prioritätenliste ergibt ähnliche Parameter wie die Translog-Spezifikation (Ansatz 1 und Ansatz 2a)

Dimension der Versorgungsaufgabe

Zusammenfassung der Ergebnisse

Ausdehnung des Versorgungsgebietes

- Modell mit dem Rohrvolumen als Ausdehnungsparameter weisen die höchste Informationsgüte auf

Bereitstellung von Kapazität

- Potenzielle Jahreshöchstlast führt zu etwas besseren Informationskriterien, es bestehen jedoch eher Probleme mit Heteroskedastizität

Verteilung der Energie zum Kunden

- Messstellen aus statistischer Sicht besser geeignet als Ausspeisepunkte

Transport von Energie in Hochdrucknetzen

- Ausspeisepunkte > 5 bar besser geeignet als Messstellen > 5 bar oder AP > 16 bar

Granularität des Versorgungsgebietes

- Abbildung über Messstellen und Ausdehnung

Geologische Besonderheit der Versorgungsaufgabe

- Bei Aufnahme der Bodenklassen/Grabbarkeiten ändern sich Vorzeichen und Signifikanz der übrigen Parameter

Demographischer Wandel

- Potenzielle Jahreshöchstlast führt zu etwas besseren Informationskriterien, jedoch eher Probleme mit Heteroskedastizität

Überprüfung Modell Ansatz 1 / 2a): In der einfachen log-linearen Form weisen die Fehlerterme die falsche Schiefe auf

Präferiertes Modell als Cobb-Douglas (log-lineare) Form

	TOTEX		sTOTEX	
VARIABLES	OLS	SFA	OLS	SFA
Ln(RV)	0.231***	0.232***	0.212***	0.212***
Ln(JHL)	0.426***	0.427***	0.455***	0.455***
Ln(MStot)	0.170***	0.168***	0.186***	0.185***
Ln(AP>5bar)	-0.000615	-0.000744	-0.00207	-0.00211
Ln(NLv2BK456)	0.158***	0.159***	0.144***	0.145***
Constant	6.706***	6.622***	6.526***	6.470***
Observations	176	176	175	175
R-squared	0.971		0.972	
AIC	-113.9	-110.8	-116.7	-113
BIC	-94.83	-85.48	-97.67	-87.64
Het_prob	0.993		0.968	
r2_a	0.970		0.971	
ll	62.93	63.42	64.33	64.48
chi2_c		0.993		0.294
converged		1		1

AP >5bar nicht signifikant

Keine signifikante Ineffizienz in der SFA

Alternative Modell-Kandidaten aus dem Grüne-Wiese-Ansatz weisen schlechtere Informationskriterien auf

6. Output Parameter verbessert die Modellgüte auf Basis von diesem Modell **nicht**

Kostenart	Totex	sTotex
ln_RVtotm	.2308815***	.2120253***
ln_JHLausmnh	.4255908***	.455197***
ln_MStotanz	.1704485***	.1860279***
ln_APbdgt5anz	-.0006154	-.0020707
ln_NLv2BK456	.1575012***	.144462***
Konstante	16.38079***	16.41775***
N	176	175

r2_a	0.970	0.971
aic	-113.854	-116.660
bic	-94.831	-97.671
ll	62.927	64.330
hetprob	0.993	0.968
lr_test	0.993	0.294

- Das beste Modell nach Ansatz 1 weist in CD-Form weniger gute Eigenschaften auf

Kostenart	Totex	sTotex
ln_NLtotkm	.1773054***	.153864***
ln_potJHLausmnh	.5579219***	.5731194***
ln_appotanz	.017657***	.0197752***
ln_msgt5anz	.005707**	.0058435**
ln_NLv2BK456	.1628504***	.1631405***
Konstante	16.38814***	16.41924***
N	177	176

r2_a	0.949	0.949
aic	-19.364	-19.926
bic	-0.307	-0.903
ll	15.682	15.963
hetprob	0.160	0.361
lr_test	3.810	2.268

- Alternativmodell mit teilweise guten Eigenschaften: Netzlänge, pot.JHL und Pot. AP sowie MS>5bar
- Heteroskedastizität jedoch kritischer zu bewerten als in anderen Modellen

Kostenart	Totex	sTotex
ln_NLtotkm	.1046433**	.0939779*
ln_JHLausmnh	.6190866***	.6227195***
ln_appotanz	.0277152***	.0287365***
ln_msgt5anz	.004092*	.0041546*
ln_nlm1gbk567	.2207922***	.2225742***
Konstante	16.39163***	16.4192***
N	176	176

r2_a	0.952	0.951
aic	-39.256	-36.574
bic	-20.233	-17.551
ll	25.628	24.287
hetprob	0.785	0.822
lr_test	4.335	2.091

- Netzlänge, JHL und Pot. AP sowie MS>5bar und maximaler GBK 567
- Geringere Informationsgüte als TL-Model
- Zusätzlich mit maximaler Bodenklasse geringer priorisierte Abbildung der geologischen Beschaffenheit

Auch die Effizienzwerte fallen aufgrund der fehlenden Abbildung von Skalen und Verbundeffekten in der SFA geringer aus

Translog-Modell

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	42.09%	43.27%	60.14%	66.45%	66.45%
0.25 Quantil	65.07%	65.52%	88.76%	90.58%	90.72%
Durchschnitt	76.35%	76.96%	90.48%	91.79%	92.61%
0.75 Quantil	88.19%	89.79%	94.39%	94.83%	95.46%
Anzahl 100%	20.00	19.00	0.00	0.00	22.00
StdAbw	14.73%	14.84%	6.15%	4.80%	5.43%

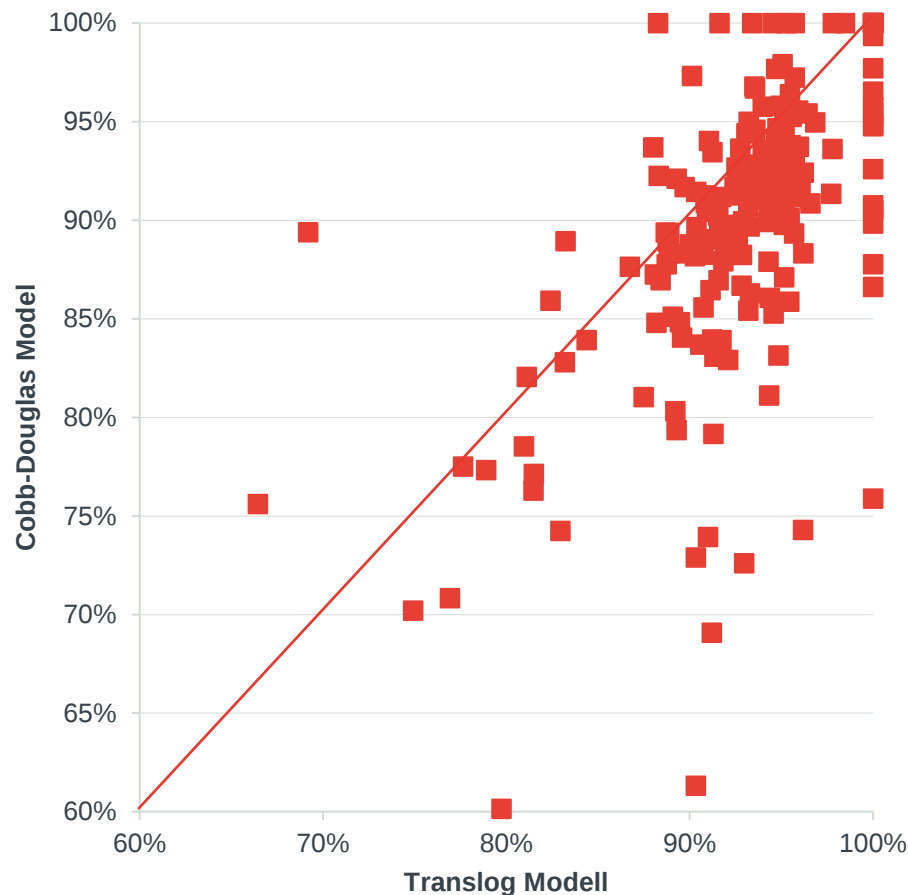
Cobb-Douglas (NL, JHL, pot. AP, MS>5bar, NLm1GBNK567)

	DEA		SFA		
	TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX	Best of Four
Min	32.86%	27.06%	49.42%	53.08%	53.08%
0.25 Quantil	55.66%	52.29%	83.64%	86.37%	86.95%
Durchschnitt	69.87%	66.41%	86.49%	88.34%	89.46%
0.75 Quantil	85.08%	80.87%	92.39%	92.72%	93.71%
Anzahl 100%	15.00	13.00	0.00	0.00	15.00
StdAbw	18.25%	19.17%	8.72%	6.91%	7.65%

- Cobb Douglas Modell mit Netzlänge, JHL, pot. AP, MS>5bar sowie NLm1GBK567 führt zu niedrigeren Effizienzwerten und einer größeren Streuung
- Abbildung von Skaleneffekten durch Quadratterme und Verbundeffekte von Kreuzterme führt zu sachgerechteren Ergebnissen

Deutliche Verschlechterung für eine Vielzahl von VNB durch andere Parameterauswahl und geringere Modellgüte

Effizienzwerte im Vergleich Cobb-Douglas (5 Parameter) vs. Translog



Gegenüberstellung je VNB (N=187)

- 40 VNB mit Verbesserung (Ø +3.4%-Punkte)
- 139 VNB mit Verschlechterung (Ø -5.2%-Punkte)

Korrelation DEA-SFA	EVG2	EVG3	EVG4 (TL)	EVG4 (NL)	EVG4 (CD)
Effizienzwerte	0.44	0.61	0.63	0.61	0.56
Rang- korrelation	0.69	0.61	0.64	0.54	0.56



Frontier Economics Ltd ist Teil des Frontier Economics Netzwerks, welches aus zwei unabhängigen Firmen in Europa (Frontier Economics Ltd) und Australien (Frontier Economics Pty Ltd) besteht. Beide Firmen sind in unabhängigem Besitz und Management, und rechtliche Verpflichtungen einer Firma erlegen keine Verpflichtungen auf die andere Firma des Netzwerks. Alle im hier vorliegenden Dokument geäußerten Meinungen sind die Meinungen von Frontier Economics Ltd.