



Bundesnetzagentur

3. Sitzung des Konsultationskreises

Dr. Joachim Müller-Kirchenbauer

Dr. Maria Krogias

Bundesnetzagentur für

Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen

Bonn, 2. November 2005

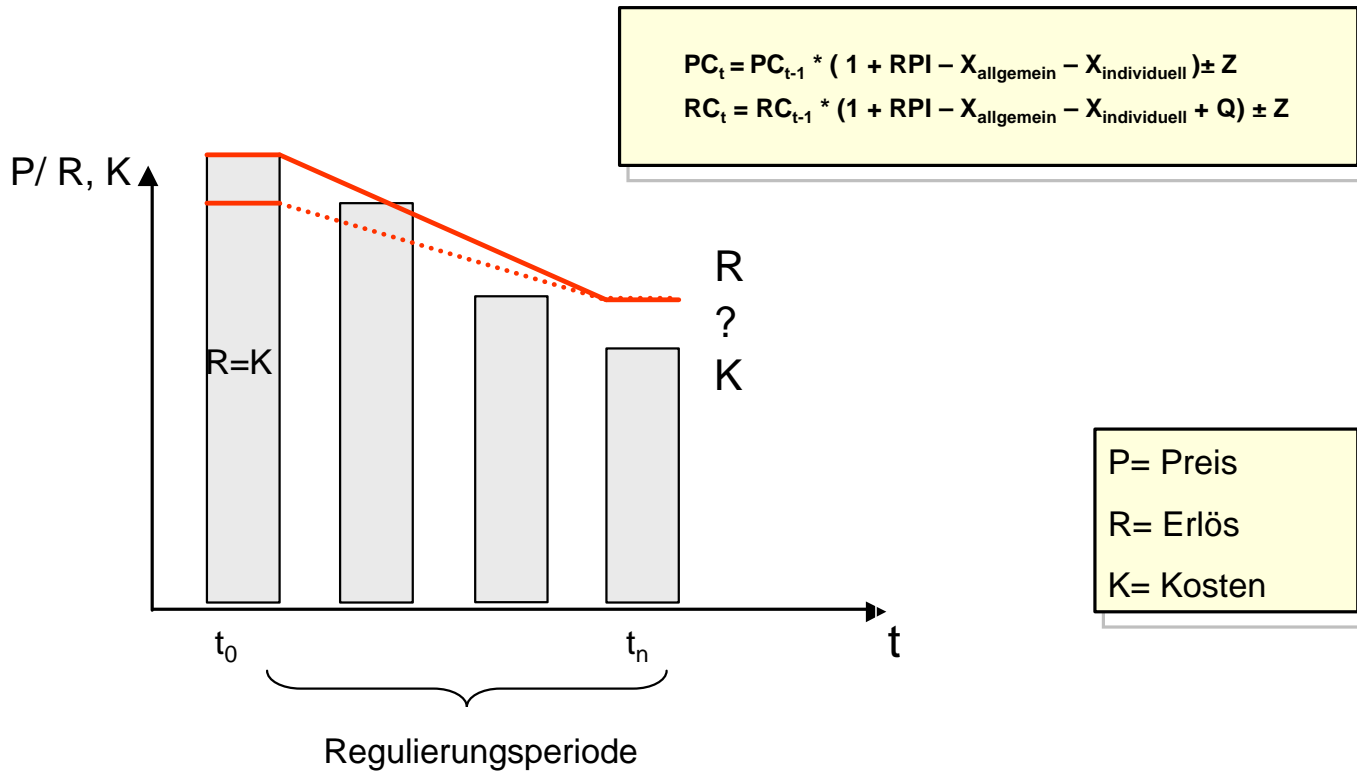
Tagesordnung

- 1. Nachbesprechung der Themen der letzten KK-Sitzungen**
- 2. Aktueller Stand der Arbeiten**
- 3. Benchmarking-Methoden**
- 4. Sonstiges**



1. Was ist Anreizregulierung? (1)

Entkopplung von Kosten und Erlösen





1. Was ist Anreizregulierung? (2)

Formel und Elemente

$$PC_t = PC_{t-1} * (1 + RPI - X_{\text{allgemein}} - X_{\text{individuell}}) \pm Z$$

$$RC_t = RC_{t-1} * (1 + RPI - X_{\text{allgemein}} - X_{\text{individuell}} + [Q]) \pm Z$$

PC_t = Zulässiger Preis im Jahr t

RC_t = Zulässiger Erlös im Jahr t

PC_{t-1} = Zulässiger Preis im Jahr vor t

RC_{t-1} = Zulässiger Erlös im Jahr vor t

RPI = Inflationsrate

$X_{\text{allgemein}}$ = Allgemeine Produktivitätssteigerungsrate

$X_{\text{individuell}}$ = unternehmensspezifische Produktivitätssteigerungsrate, abhängig vom Effizienzergebnis innerhalb des Benchmarking

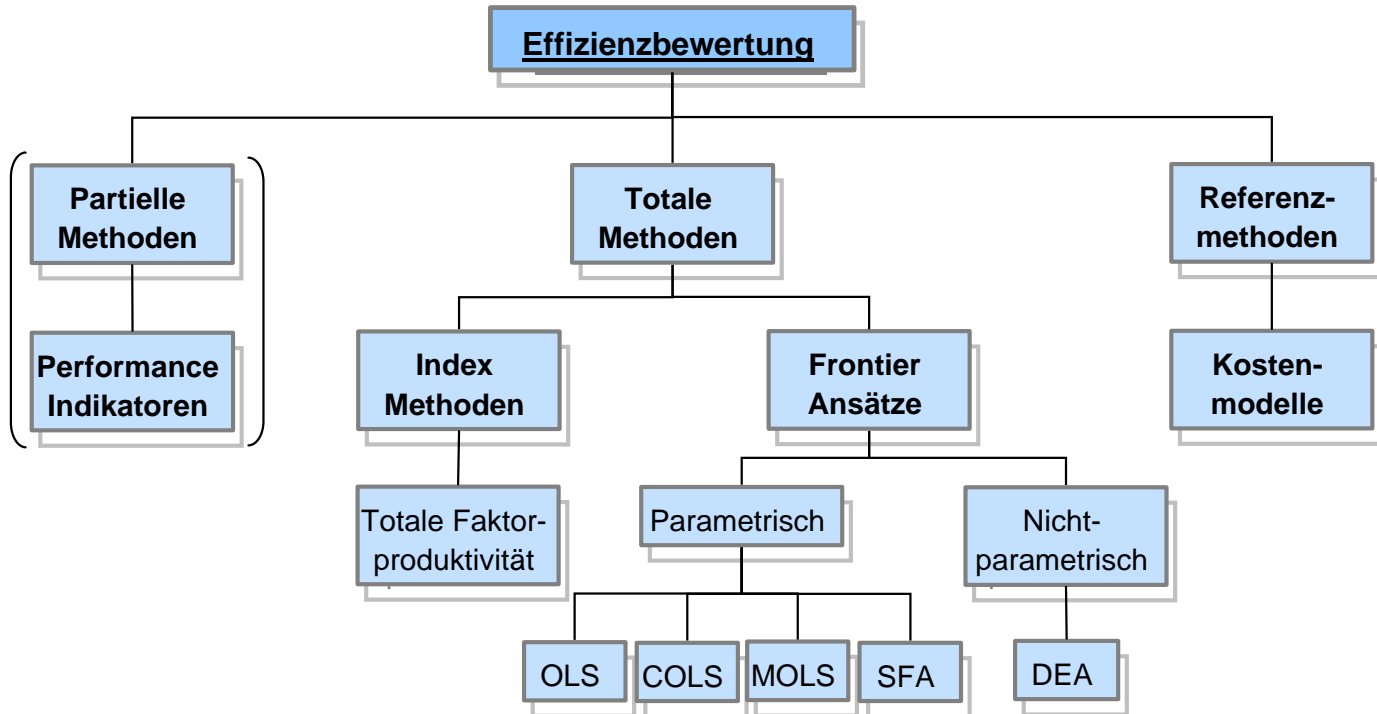
Q = Anpassungsfaktor für Mengenentwicklung

Z = Anpassungsfaktor u.a. für unvorhergesehene Ereignisse, die außerhalb des Einflusses der Unternehmen liegen, z.B. Naturkatastrophen, Umweltschutzpolitik, Steuererhöhungen etc.



2. Benchmarking-Verfahren (1)

$$1 + RPI - X_{\text{allgemein}} - X_{\text{individuell}}$$





2. Benchmarking-Verfahren (2)

Totale Faktorproduktivität

- Der individuelle X-Faktor in der Formel kann durch eine **unternehmensindividuelle Wachstumsrate** der totalen Faktorproduktivität (TFP) bestimmt werden.
- Die totale Faktorproduktivität gibt an, wie produktiv der **kombinierte Einsatz an Inputs** bei der **Generierung** verschiedener **Outputarten** (Anzahl Kunden, versorgte Einheiten etc.) ist.
- Für die **TFP**-Berechnung ist die Verwendung von **Gewichtungsfaktoren** notwendig, damit **heterogene Input-** und **Outputgüter** aggregiert werden können.
- Verschiedene Indizes können herangezogen werden. In der Literatur werden hauptsächlich die Indizes von **Törnqvist** und **Fischer** empfohlen.
- Alternativ kann auch der **Malmquist-Index** herangezogen werden, der auf Veränderungen von Distanzen beruht (Kombination DEA).



2. Benchmarking-Verfahren (3)

Totale Faktorproduktivität

Effizienzsteigerungsvorgabe abhängig von der historischen Entwicklung der unternehmensindividuellen Produktivität

Vorteil:

- Orientierung an der individuellen Situation des Unternehmens

Nachteil:

- Unternehmen, die ihre Produktivität in der Vergangenheit in starkem Umfang gesteigert haben, haben auch für die Zukunft höhere Effizienzsteigerungsvorgaben



2. Benchmarking-Verfahren (4)

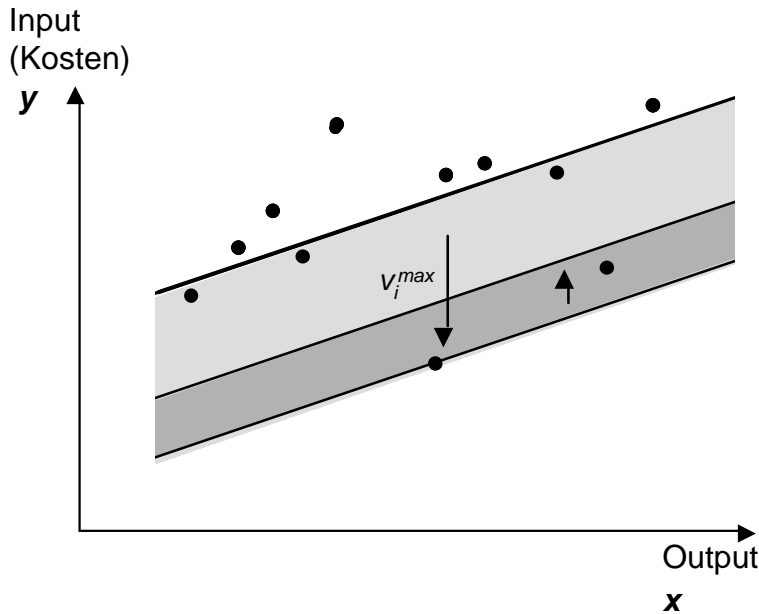
Regressionsanalyse

Parametrisch: Funktionaler Zusammenhang

$$\hat{y} = f(x_1 \dots x_n)$$

Einfachste Form linear:

$$\hat{y} = k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + \dots + k_nx_n + a$$



Effizienzmaßstab

$$OLS \quad y_i = \underbrace{kx + a_{OLS}}_{\hat{y}_{OLS}} \pm v_i \quad \text{Residuum}$$

$$SFA \quad y_i = \underbrace{kx + a_{SFA}}_{\hat{y}_{SFA}} \pm v_i + u_i$$

$$COLS \quad y_i = \underbrace{kx + a_{OLS} - v_i^{max}}_{\hat{y}_{COLS}} + u_i$$

OLS = Ordinary Least Square

COLS = Corrected OLS

SFA = Stochastic Frontier Analysis



2. Benchmarking-Verfahren (5)

Regressionsanalyse

Legende:

y = Kosten

\hat{y} = Schätzfunktion/ modellierte Kosten

$x_{1...n}$ = Kostentreiber

$k_{1...n}$ = Koeffizient (Relevanz eines Kostentreibers)

a = y-Achsenabschnitt

v_i = Abweichung einzelner Unternehmen von den im Mittel erwarteten Werten/ symmetrisch verteilter Störterm, der Messfehler und andere Zufälle (Streiks, Umwetter etc.) einfängt

v_i^{\max} = maximale Abweichung von den im Mittel erwarteten Werten

u_i = als technische und allokativer Ineffizienz zu interpretierender Störterm



2. Benchmarking-Verfahren (6)

Regressionsanalyse

Spezifizierung der Kosten- bzw. Produktionsfunktion

Beispielsweise als:

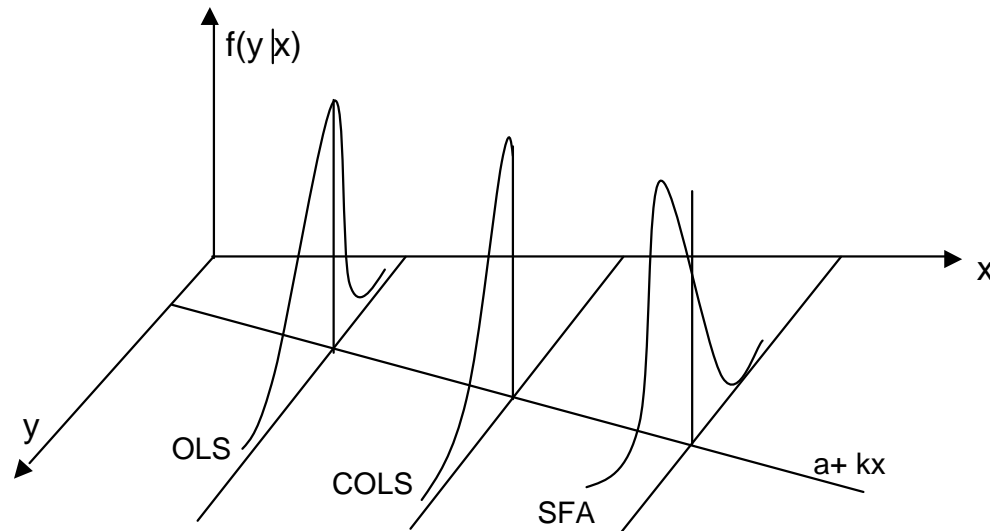
- Cobb-Douglas-Funktion
- Translog-Funktion



2. Benchmarking-Verfahren (7)

Regressionsanalyse

Verteilung des Residuums



OLS: Residuum rein stochastisch („random noise“)

COLS: Residuum rein deterministisch (Ineffizienz)

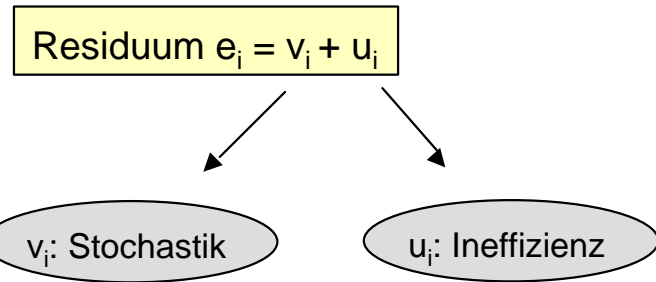
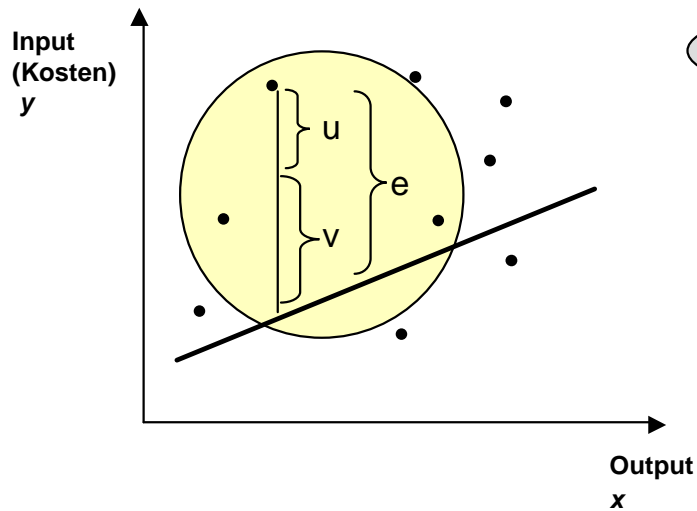
SFA: Residuum zusammengesetzt („composed error“)



2. Benchmarking-Verfahren (8)

Stochastic Frontier Analysis

Zerlegung der Residuen (e_i):





2. Benchmarking-Verfahren (9)

Stochastic Frontier Analysis

Zerlegung der Residuen (e_i):

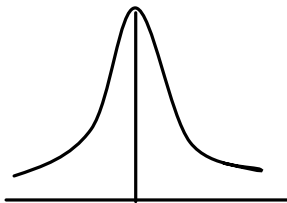
- Abweichungen (in beide Richtungen) zu den geschätzten Kosten bestehen aus
 - Stochastischen Effekten (v) und
 - Ineffizienz (u – nur nach oben)
- Um die Ineffizienz u herauszuarbeiten, wird e zerlegt.
- Es wird eine Verteilungsannahme für
 - Stochastische Fehler, v (z.B. Normalverteilung) und die
 - Ineffizienz, u (z.B. Halb-normalverteilung) unterstellt
- Dies geschieht über eine Schätzung, es wird also ein individueller Erwartungswert von u bestimmt.
- Es resultieren „Sollkosten“ unter Berücksichtigung von stochastischen Effekten
- Die Abweichungen davon sind die Ineffizienzen.



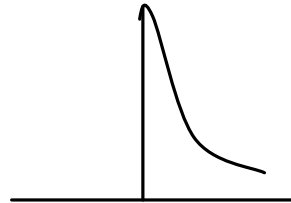
2. Benchmarking-Verfahren (10)

Stochastic Frontier Analysis

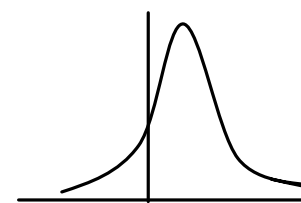
Wird eine Kostenfunktion geschätzt, weicht das Residuum e nach oben, wird eine Produktionsfunktion geschätzt, weicht es nach unten ab.



v („Zufall“)



u („Ineffizienz“)



$e = u + v$

Im Falle einer Kostenfunktion befindet sich die maximale Verteilungswahrscheinlichkeit im positiven Bereich (normalverteilter Zufall + positiv halbnormale „zusätzliche Kosten“ durch Ineffizienz)



2. Benchmarking-Verfahren (11)

Stochastic Frontier Analysis

Mögliche Verteilungsannahmen für u_i („Ineffizienz“)

- Exponentialverteilung (exponential)
- Halb-Normalverteilung (half-normal)
- Abgeschnittene Normalverteilung (truncated normal)

Je nach Verteilungsannahme für u (und v) folgt:

-> die relative Lage der Grenzfunktion zum Datensatz

-> und damit auch die Distanzen der Residuen,
die den als Ineffizienz zu interpretierenden Störterm u enthalten.



2. Benchmarking-Verfahren (12)

Regressionsanalyse

Parametrische Verfahren, d.h. Schätzung der Effizienzgrenze unter Annahme einer spezifischen Kosten- bzw. Produktionsfunktion

Vorteile:

- Signifikanz der verwendeten Kostentreiber kann getestet werden, d.h. Zusammenhang zwischen den verwendeten unabhängigen Variablen und der Kosten-/ Produktionsfunktion kann identifiziert werden
- nicht signifikante Variablen können im Vorfeld aussortiert werden

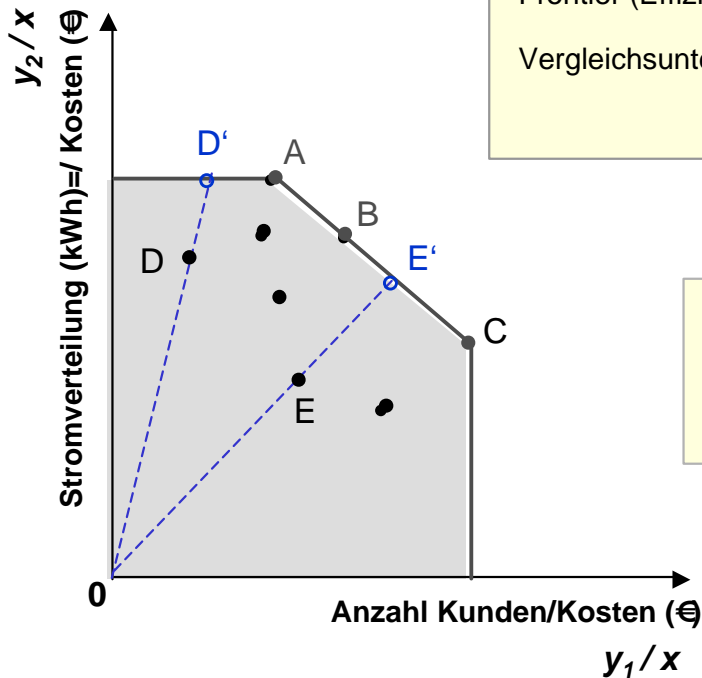
Nachteile:

- Vorab-Spezifikation der Kosten-/ Produktionsstrukturen
- Analyse erfordert große Anzahl an Untersuchungseinheiten und Daten
- OLS: Durchschnittsbetrachtung bietet zu geringe Anreizwirkung
- COLS: starke Anfälligkeit gegenüber Ausreißern
- SFA/MOLS: Hypothesen für Verteilungsfunktion des Störterms u_i



2. Benchmarking-Verfahren (13)

Data Envelopment Analysis



Reale Unternehmen: A, B, C, D, E etc.

Frontier (Effizienzgrenze): A-B-C

Vergleichsunternehmen: für D → D'
für E → E'
E' = Kombination aus B und C

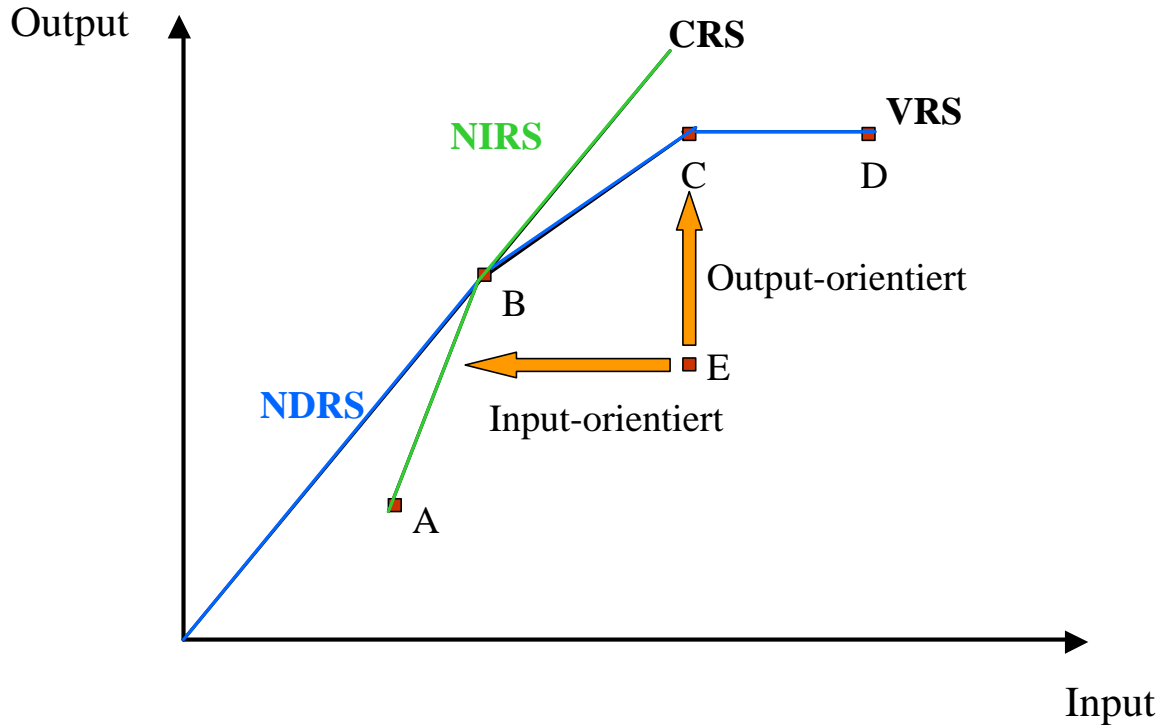
$$\frac{\sum_i y_i p_i}{\sum_j x_j q_j} = \frac{\text{gewichtete Summe der Outputs}}{\text{gewichtete Summe der Inputs}}$$



2. Benchmarking-Verfahren (14)

Data Envelopment Analysis

Festlegung der Effizienzgrenze



2. Benchmarking-Verfahren (16)

DEA: Transformation in lineares Programm

$$\max \sum_i y_{0i} * p_i$$

Nebenbedingungen:

$$\sum_i y_{ki} * p_i \leq \sum_j x_{kj} * q_j \quad \forall k$$

$$\sum_j x_{0j} * q_j = 1$$

$$p_i, q_j \geq 0 \quad \forall i, j$$

- Analoges Vorgehen bei outputorientierter Betrachtung
- Bei Verwendung des VRS-, NIRS-, NDRS-Modells muss ein weiterer Parameter in der Maximierungsbedingung berücksichtigt werden



2. Benchmarking-Verfahren (17)

Data Envelopment Analysis

Festlegung des geeigneten Modells:

- Konstante vs. variable Skalenerträge (bzw. NIRS, NDRS)
- Input- oder Outputorientierung (gleiche Ergebnisse nur bei CRS-Modell)
- Radiales vs. nicht-radiales Distanzmaß

Modellerweiterungen:

- Intertemporale Analyse → Malmquist Index
- Stochastic DEA
-



2. Benchmarking-Verfahren (18)

Data Envelopment Analysis

Nicht-parametrisches Verfahren, d.h Bestimmung der Effizienzgrenze durch Linearkombination ohne Hypothesen über zugrunde liegende Verteilung der Kosten-/ Produktionsfunktion

Vorteile:

- Keine Vorab-Spezifikation der Kosten-/Produktionsstrukturen
- Analyse auch mit geringerer Anzahl von Untersuchungseinheiten möglich

Nachteile:

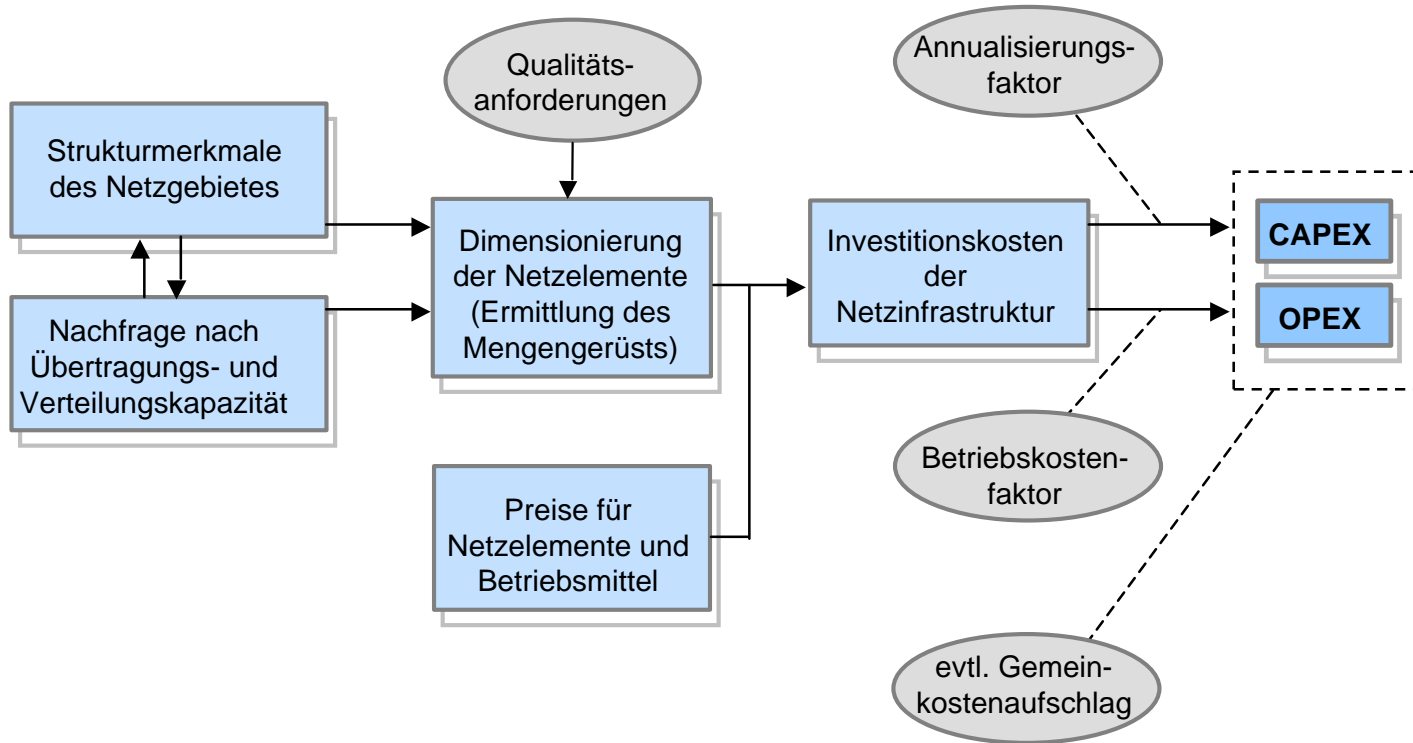
- Keine Klärung der funktionalen Zusammenhänge
- Ergebnisse reagieren relativ sensibel auf Ausreißer (Verschiebung der Frontier)
- Effizienzmaß ist stark abhängig von definierten Strukturfaktoren (Outputs)

⇒ zentral ist die Bestimmung der relevanten Strukturparameter



2. Benchmarking-Verfahren (19)

Kostenmodelle





2. Benchmarking-Verfahren (20)

Kostenmodelle

Ingenieurwissenschaftliche Herangehensweise zur

- Modellierung optimaler Netze (Modellnetze) und/oder
- Modellierung eines Netzes für ein bestimmtes Versorgungsgebiet (Vergleichsnetz)

Vorteile:

- Ingenieurwissenschaftlich fundierte Herangehensweise bei der Bestimmung der relevanten Kostentreiber
- Effizienzgrenze bestimmt sich nicht nur aus der aktuell ausgewiesenen Produktivität der in das Benchmarking einbezogenen Unternehmen, sondern auch darüber hinausgehendes Effizienzpotential wird aufgezeigt

Nachteil:

- Beim Modellnetz keine Berücksichtigung der individuellen Situation des Unternehmens



2. Benchmarking-Verfahren (21)

Modellnetz

Modellnetz

- Ansatz: Netzoptimierung
 - Definition der Modell- Versorgungsaufgabe
 - durch Abgrenzung homogener Netzgebiete (z.B. nach geographischen Kriterien)
 - Ermittlung eines kostenminimalen Anlagen-Mengengerüst für die betrachtete Modell-Versorgungsaufgabe
 - Einbeziehung von Planungsvorgaben wie
 - Historische Entwicklung
 - Fixe Variablen (z.B. Standorte Verdichter, „scorched-node“-Ansatz)

- Kostenermittlung
 - Ermittlung der mit Errichtung und Betrieb verbundenen Kosten
 - unter Anwendung standardisierter, spezifischer Investitions- und Betriebskostenansätze und Kalkulationsparameter



2. Benchmarking-Verfahren (22)

Modellnetz

Modellnetz

- Ziel
 - Überprüfung der Relevanz von Kostentreibern
 - Beurteilung der Beeinflussbarkeit von Kostentreibern
 - durch Variierung von Planungsvorgaben und Freiheitsgraden/
Sensitivitätsanalysen
- Geplante Anwendung
 - Im Rahmen der Kostentreiberanalyse zur Konzepterstellung



2. Benchmarking-Verfahren (23)

Vergleichsnetz

Vergleichsnetz

- Ansatz: Versorgungsgebiet
 - Bestimmung des minimal notwendigen Netzes für das Versorgungsgebiet eines Stromnetzbetreibers
 - unter Berücksichtigung aller charakteristischen Eigenschaften der anzuschließenden Netzkunden
 - bei Vernachlässigung des aktuellen Anlagenbestandes und historischer Entwicklungen

- Kostenermittlung
 - Bestimmung der Kosten des notwendigen Netzes
 - aufbauend auf standardisierten Investitions- und Betriebskostenansätzen



2. Benchmarking-Verfahren (24)

Vergleichsnetz

Vergleichsnetz

- Ziel
 - Ermittlung wettbewerbsanaloger Kosten

- Geplante Anwendung
 - Vergleichsnetzanalysen nur langfristig realisierbar
 - Im Rahmen der Konzepterstellung nur Methodenentwicklung



2. Benchmarking-Verfahren (25)

Benchmarking-Verfahren

Im Rahmen des Benchmarking wird die im Hinblick auf einen Vergleichsmaßstab relative Effizienz eines Unternehmens bestimmt.

TFP	→ Erwartungswert, der sich aus der Fortschreibung der individuellen historischen Produktivitätsentwicklung ergibt	Vergleichsmaßstab
OLS	→ das durchschnittlich effiziente Unternehmen	
COLS	→ das Unternehmen, das aufgrund der niedrigsten Kosten als das effizienteste gilt	
SFA	→ das Unternehmen, das aufgrund der niedrigsten, um stochastische Unsicherheiten korrigierten Kosten als das effizienteste gilt	
DEA	→ das effizienteste, hinsichtlich der definierten Strukturvariablen vergleichbare Unternehmen	
Modellnetze	→ ein ingenieurwissenschaftlich modelliertes effizientes Netz	

Die verschiedenen Ansätze bergen spezifische Vor- und Nachteile.

⇒ Eine **komplementäre Nutzung** verschiedener Verfahren kann die **sachgerechte, zuverlässige** und **robuste Ausgestaltung** des Gesamtverfahrens sicherstellen.



2. Benchmarking-Verfahren (26)

Beispiele aus anderen Ländern

Verwendete Benchmarking-Verfahren

Land	DEA	Regression	Modellnetz
Norwegen	X		
England/Wales	(X)	X	
New South Wales	X		
Niederlande	X		
Finnland	X		
Schweden	(X)		X
Polen	X		
Österreich	X	(X)	(Modellnetz als Teil der DEA)
Dänemark		X	
Spanien			X
Neuseeland	X		



2. Benchmarking-Verfahren (27)

Beispiele aus anderen Ländern

- **Norwegen**

DEA 1997	DEA 2001
<p><u>Input:</u> Anzahl Arbeitsstunden pro Jahr Netzverluste Kapitalstock Material Fremdleistungen</p>	<p><u>Input:</u> Anzahl Arbeitstunden pro Jahr Netzverluste Kapitalstock Material Fremdleistungen aktueller Wert der nicht gelieferten Energie</p>
<p><u>Output:</u> Anzahl der Kunden gelieferte Energie (kWh) Länge der Hochspannungsleitungen Länge der Niederspannungsleitungen</p>	<p><u>Output:</u> Anzahl der Kunden gelieferte Energie Länge der Hochspannungsleitungen Länge der Niederspannungsleitungen erwarteter Wert der nicht gelieferten Energie</p>



2. Benchmarking-Verfahren (28)

Beispiele aus anderen Ländern

- **Großbritannien**

OPEX: Regressionsanalyse (COLS) als Haupt- und DEA als Kontrollmethode

<u>Input:</u> Betriebskosten (Kapitalkosten)
<u>Output:</u> Anzahl der Kunden (25%) Energienmenge kWh (25%) Länge des Stromnetzes (50%)

CAPEX:

Benchmarking als Zusatzinformation bei der Bewertung von Investitionsplänen
-> COLS-Regression in Bezug auf einzelne Anlagegüter



2. Benchmarking-Verfahren (29)

Beispiele aus anderen Ländern

- **Schweden**

Modellnetzansatz mit paralleler Anwendung der DEA als Zusatzinformation

Input:

Betriebskosten

Kapitalkosten

Netzverluste

Output:

Netzlänge (Nieder-, Mittelspannung)

Anzahl Trafos

Installierte Wirkleistung

Anzahl der Kunden (Nieder-, Mittelspannung)

Gelieferte Energie (Nieder-, Mittelspannung)

Höchstlast

Klimatischer Faktor (nur 2000)