

## Ineffizienz und Strukturunterschiede in der deutschen Wasserversorgung

*Dateneinhüllungsanalyse; Effizienzanalyse; Preissenkungspotential; Regressionsanalyse; Regulierung; Technische Effizienz; Wasserversorgung*

*Die deutsche Wasserversorgung ist durch eine starke Fragmentierung sowie durch hohe Unterschiede in den Wasserentgelten gekennzeichnet. Unabhängig von einer möglichen zukünftigen Entgeltkontrolle sind transparente Effizienzanalysen eine notwendige Voraussetzung zur Abschätzung von Preis- und Kostensenkungspotentialen. Der vorliegende Beitrag analysiert hierfür verschiedene Ansätze der Effizienzanalyse bezüglich ihrer Eignung für die deutsche Wasserwirtschaft und stellt anschließend die Ergebnisse einer Dateneinhüllungsanalyse für das Jahr 2006 dar. Die Ergebnisse offenbaren einen deutlichen Handlungsbedarf.*

### I. Einleitung

Seit mehreren Jahren wird in der Wasserwirtschaft und in der Öffentlichkeit über das Thema angemessener und gerechtfertigter Entgelte für die Versorgung mit Trinkwasser diskutiert. Unterstützt wird diese Debatte nicht zuletzt auch durch die Kartellverfahren gegen hessische Wasserversorger (Hirschhausen u. a. 2009) und das diese Verfahren unterstützende Urteil des Bundesgerichtshofs vom Februar dieses Jahres (KVR 66/08) sowie Forderungen der Monopolkommission nach einer Regulierung der deutschen Wasserversorgung (Europäischer Wirtschaftsdienst 2009). Eine mögliche Regulierung mit Anreizen zur Kostensenkung setzt eine fundierte Effizienzanalyse voraus. Ein reiner Kennzahlenvergleich, wie er von einzelnen Unternehmen der Wasserversorgung bereits heute praktiziert wird, ist für Zwecke der Regulierung *nicht* geeignet, da die Aussagekraft beschränkt ist und keine Kostensenkungspotentiale ausgewiesen werden. Vielmehr sind fortgeschrittene wissenschaftliche Effizienzanalysen notwendig, welche die ganzheitliche Betrachtung von Unternehmen ermöglichen und damit einem reinen Kennzahlenvergleich gegenüber zu bevorzugen sind, da dieser verschiedene Zusammenhänge im Unternehmen und auch mögliche Kosten-Interaktionen missachtet. Für eine wissenschaftliche Effizienzanalyse sind verschiedene Ansätze möglich, im Allgemeinen unterscheidet man zwischen parametrischen und nicht-parametrischen Ansätzen (Hirschhausen/Walter/Zschille 2009).

Im Bereich der nicht-parametrischen Ansätze kommt zumeist eine Dateneinhüllungsanalyse (engl. Data Envelopment Analysis, DEA) in Kombination mit Regressionsanalysen zur Anwendung, um zusätzliche statistische Rückschlüsse zur Auswirkung struktureller Einflüsse auf die Effizienz der Wasserversorgung ziehen zu können. Bei der Nutzung parametrischer Methoden ist die stochastische Effizienzgrenzenanalyse (engl. Stochastic Frontier Analysis, SFA) verbreitet, welche die Schätzung von Produktions- und Kostenfunktionen ermöglicht. Es können beispiels-

weise Größen-, Dichte- und Verbundvorteile geschätzt werden, was im Bereich der Wasserversorgung von hohem Interesse ist. Falls Größenvorteile vorliegen, können die Fusionspotenziale mit Effizienzanalysen unternehmensindividuell abgeschätzt werden (siehe etwa Walter/Cullmann (2008) für eine Anwendung auf den deutschen ÖPNV). Moderne Weiterentwicklungen wie beispielsweise der Ansatz der *latent classes* (Kumbhakar/Orea 2004) ermöglichen zudem die simultane Schätzung unterschiedlicher Kostenfunktionen, um zwischen mehreren Gruppen von Unternehmen mit verschiedenen zugrunde liegenden Technologien zu unterscheiden. Im Bereich der Wasserversorgung wäre eine Unterscheidung der Unternehmen anhand der Unternehmensgröße denkbar, um beispielsweise einen Vergleich eines ländlichen Wasserversorgers mit einem Großkonzern zu vermeiden.

Eine umfangreiche Datenbasis ist die notwendige Voraussetzung für wissenschaftliche Effizienzanalysen, um korrekte Rückschlüsse zu ziehen. In der praktischen Anwendung allerdings mangelt es zumeist an eben dieser umfangreichen Datenbasis. Demzufolge sind Bemühungen notwendig, eine umfangreiche und auf einheitlichen Angaben beruhende Datenbasis zu schaffen. Auf Grundlage öffentlich zugänglicher Daten aus dem Jahr 2006 soll im folgenden Beitrag im Detail eine nicht-parametrische Effizienzanalyse deutscher Wasserversorger dargestellt werden, wie sie unter methodischen Gesichtspunkten auch für eine mögliche zukünftige Effizienzanalyse zu Regulierungszwecken anwendbar wäre.

## II. Methodik der Dateneinhüllungsanalyse

Der DEA-Ansatz beruht auf einem linearen Optimierungsansatz, aus welchem ein Maß für die technische Effizienz jedes Unternehmens gewonnen werden kann (Hirschhausen/Walter/Zschille 2009).<sup>1</sup> Hierbei wird eine Effizienzgrenze, bestehend aus einer oder mehreren Beobachtungen mit Inputs und Outputs berechnet, welche die vorhandenen Beobachtungen einhüllt. Die Effizienzwerte, welche letztlich von Interesse sind, können durch den Abstand einer Beobachtung von der Effizienzgrenze gemessen werden. Die Effizienzgrenze repräsentiert die Menge an effizienten Unternehmen, welche entsprechend einen Effizienzwert von 1 (100 Prozent) aufweisen und die ineffizienten Beobachtungen einhüllen. Die vollständig effizienten Unternehmen mit maximalem Effizienzwert zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Vergleich mit anderen Unternehmen den gleichen Output unter minimalem Inputeinsatz erzeugen, falls eine Inputorientierung angenommen wird. Im Gegensatz dazu steht die Outputorientierung, bei welcher betrachtet wird, um wie viel der Output eines Unternehmens bei gegebenen Inputmengen erhöht werden könnte. Unter Inputorientierung wird beispielsweise die technische Effizienz des Punktes P in Abbildung 1 als Länge der Strecke a geteilt durch die Länge der Strecke b berechnet.

---

1 Die technische Effizienz ist das Effizienzmaß, das man ohne Berücksichtigung verschiedener Faktorpreise erhält, welche sicherlich mit die Rahmenbedingungen des Unternehmens diktieren.

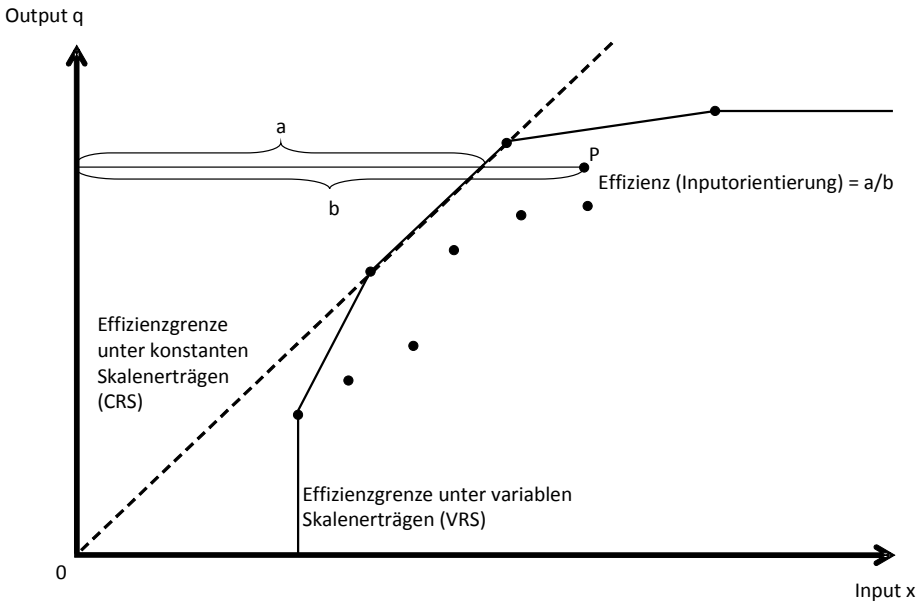


Abb. 1: DEA Input-Output-Streudiagramm

Quelle: Eigene Darstellung

Die Effizienzgrenze kann weiterhin unter konstanten (CRS) und variablen Skalenerträgen (VRS) konstruiert werden. Bei Verwendung von variablen Skalenerträgen, welche die Betrachtung unterschiedlicher Unternehmensgrößen ermöglicht, wird eine konvexe Grenze konstruiert, welche die Datenpunkte einhüllt. Entsprechend werden nur Unternehmen miteinander verglichen, welche eine ähnliche Größe aufweisen. Bei Verwendung konstanter Skalenerträge werden hingegen alle Unternehmen mit dem oder den effizientesten Unternehmen verglichen, ohne jedoch mögliche Größenunterschiede zu berücksichtigen.

### III. Vorgehensweise

In der folgenden Analyse soll eine so genannte Dateneinhüllungsanalyse (DEA) durchgeführt werden. Diese weist unter anderem den Vorteil auf, dass im Falle mehrerer Outputs bereits ein im Vergleich zu den anderen Beobachtungen optimaler Wert bei *einem* Output ausreichend ist, um vollständig effizient zu sein. Speziell in der Wasserversorgung werden somit Unternehmen nicht diskriminiert, die in Gegenden mit geringem durchschnittlichen Wassergebrauch tätig sind, während sie eine umfangreiche Netzausdehnung oder eine hohe Anschlussquote aufweisen. Der durchschnittliche Effizienzwert ist bei der DEA aber nicht grundsätzlich höher als bei anderen Methoden.

Zusätzlich bietet sich die nicht-parametrische DEA an, da für die vorliegende Analyse lediglich Daten aus dem Jahr 2006 vorliegen und somit keine Analyse mit Panel Daten (Daten mehrerer

Wasserversorger über mehrere Jahre) möglich ist, wie es für fortgeschrittene parametrische Verfahren empfehlenswert wäre. Zudem wird im Rahmen einer DEA ein Unternehmen nur mit strukturell ähnlichen Unternehmen verglichen, während es bei einem parametrischen Verfahren mit allen anderen betrachteten Unternehmen verglichen würde.

Durch die Verwendung variabler Skalenerträge wird verhindert, dass kleine kommunale Versorger mit großstädtischen Unternehmen verglichen werden. Da im Bereich der Wasserversorgung die Abgabemenge als exogen angesehen werden kann, ist weiterhin die Verwendung einer Inputorientierung zu bevorzugen.

Zur Bestimmung valider Effizienzwerte kommt ein dreistufiger Ansatz zur Anwendung (siehe Flussdiagramm in Abbildung 2). Die erste Stufe der Analyse besteht aus der Entfernung von Datenausreißern und der Berechnung erster Effizienzwerte. Ausreißeranalysen sind insbesondere dann durchzuführen, wenn nicht auszuschließen ist, dass die Daten Fehler beinhalten. Zuerst werden die Unternehmen aus dem Datensatz entfernt, die bei der einfachen Kennzahl *Umsatzerlöse pro Gesamtabgabemenge* starke Abweichungen von der mittleren Spannweite aufweisen. Zudem wird der Supereffizienz-Ansatz (Banker/Gifford 1988) in einer vorgelagerten Analyse genutzt. Dieser Ansatz berechnet die Effizienz eines Unternehmens nur durch Vergleich mit allen anderen Unternehmen, nicht aber mit sich selbst. Dadurch können einzelne Beobachtungen Effizienzwerte von größer als 1 erreichen und damit über der Effizienzgrenze liegen. Für die hier dargestellte Analyse wurden alle Unternehmen aus dem Datensatz entfernt, die einen Effizienzwert von größer als 1,2 erreichen, da die Ergebnisse bis zu diesem Wert dicht verteilt sind, darüber hinaus allerdings nur noch vereinzelt auftreten. Somit werden von 373 Unternehmen 33 als Ausreißer identifiziert und vom weiteren Vorgehen ausgeschlossen.<sup>2</sup>

---

2 Es gilt zu beachten, dass die Eliminierung von Ausreißern zumeist zur Verbesserung der Effizienzwerte der verbliebenen Unternehmen führt, da mögliche „Überperformer“ nicht mehr berücksichtigt werden. Bei Wahl höherer kritischer Werte von 1,3, 1,4 und 1,5 sinkt die Anzahl der eliminierten Unternehmen um jeweils etwa 4 und die mittlere Effizienz von Stufe 1 sinkt um 2,03, 3,98 bzw. 8,83 Prozentpunkte.

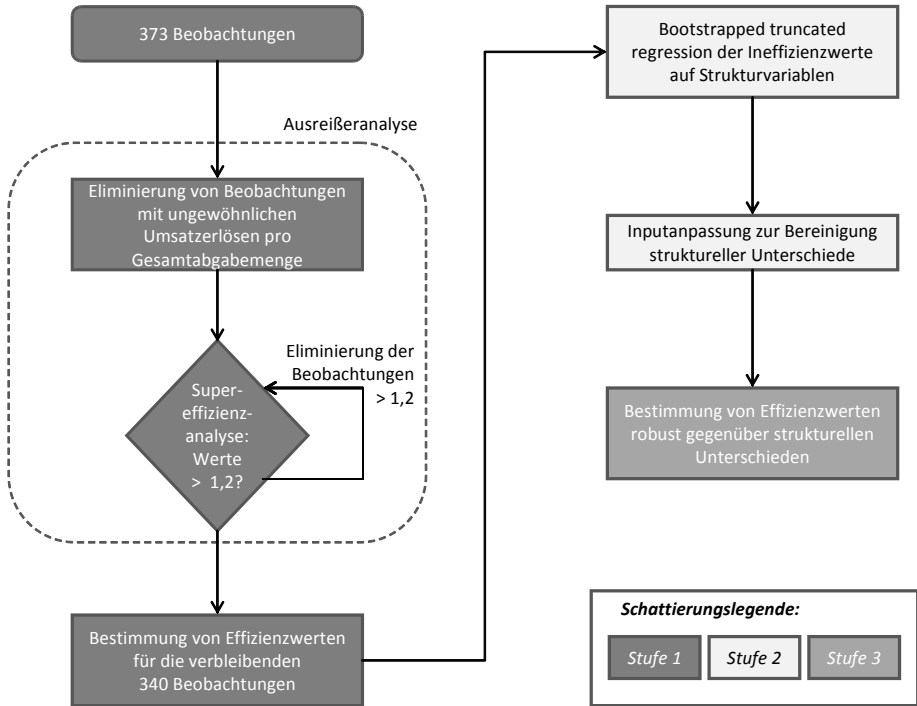


Abb. 2: Schematischer Ablauf der Analyse

Quelle: Eigene Darstellung

In der ersten Stufe werden nach der Ausreißeranalyse Effizienzwerte bestimmt, die aber noch nicht um strukturelle Einflüsse außerhalb der Kontrolle des Unternehmens bereinigt sind und demnach zu verzerrten Ergebnissen führen. Regressionsanalysen können angewandt werden, um zu bestimmen, welche dieser Strukturvariablen einen signifikanten Einfluss auf die Effizienzwerte haben.

Daher werden in Stufe 2 des Ansatzes die Ineffizienzwerte<sup>3</sup> aus Stufe 1 auf verschiedene Strukturvariablen regressiert.<sup>4</sup> Hierbei wird in der Literatur zumeist eine Tobit Regression verwendet, bei der die abhängige Variable auf einen bestimmten Wertebereich begrenzt ist (hier zwischen 0 und 1). Einem Vorschlag von Simar und Wilson (Simar/Wilson 2007) folgend, wird hier jedoch eine *bootstrapped truncated regression* angewendet.<sup>5</sup> Die *bootstrapped truncated regression* ba-

<sup>3</sup> Berechnung als 1 minus des Effizienzwertes.

<sup>4</sup> Aufgrund des im Folgenden noch beschriebenen Ansatzes der „Input-Anpassung“ werden hier die Ineffizienzwerte anstatt der eigentlichen Effizienzwerte auf Strukturvariablen regressiert.

<sup>5</sup> Bei Anwendung einer *truncated regression* (trunkierte Regression) werden die abhängigen Variablen innerhalb der Regression erst ab einem bestimmten Wert berücksichtigt, um die Verzerrungen einer Wahrscheinlichkeitsmasse zu reduzieren. Beispielsweise tritt bei Anwendung einer DEA eine Wahrscheinlichkeitsmasse beim Effizienzwert 1 auf, da selbst Unternehmen, welche möglicherweise Effizienzwerte höher als 1 erreichen könnten (vgl. Supereffizienz-Ansatz) einen Effizienzwert von 1 erhalten und somit bei der „Obergrenze“ eine Wahrscheinlichkeitsmasse entsteht.

siert auf einer Monte-Carlo Simulation, bei welcher durch 2000 Wiederholungen Pseudo-Datensätze auf Basis des vorhandenen Datenmaterials erzeugt werden. Mittels dieser generierten Datensätze werden bereinigte Effizienzwerte bestimmt, auf welche dann eine *truncated regression* angewandt wird. Damit wird die Qualität statistischer Rückschlüsse erhöht.

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse werden anschließend für eine Anpassung der Inputs an strukturelle Einflüsse verwendet, wie es von Fried u. a. (Fried/Schmidt/Yaisawarng 1999) vorgeschlagen wurde. Dabei wird für alle Unternehmen eine einheitliche Vergleichsbasis geschaffen, indem die Inputs aller Unternehmen entsprechend der schlechtesten strukturellen Umgebung angepasst werden. Hierbei werden um den Fehlerterm bereinigte Ineffizienzwerte zur prozentualen Anpassung der Inputs jedes Unternehmens verwendet.<sup>6</sup> Gemäß Fried/Schmidt/Yaisawarng (1999) lautet die formale Darstellung

$$x_j^{adj} = x_j + [Max\{I \hat{T} S_j\} - I \hat{T} S_j], \quad (2)$$

wobei  $I \hat{T} S_j$  die um den Fehlerterm bereinigten Ineffizienzen darstellt. Für alle Beobachtungen  $j = 1, \dots, N$  wird der Input  $x$  proportional um die Differenz zwischen der maximalen Ineffizienz  $Max\{I \hat{T} S_j\}$  aller Unternehmen und der Ineffizienz  $I \hat{T} S_j$  des jeweils betrachteten Unternehmens angepasst. Demnach erfolgt ein prozentualer Aufschlag auf die Inputmengen in Höhe der Differenz des Klammerausdrucks. Dies bedeutet, dass die Inputmengen desjenigen Unternehmens, welches den höchsten Ineffizienzwert aufweist und demnach per Annahme unter den schlechtesten Bedingungen tätig ist, nicht erhöht werden, da der Klammerausdruck den Wert 0 annimmt. Hingegen steigen die Inputs aller anderen Unternehmen prozentual an, da der Klammerausdruck einen Wert *größer 0* annimmt und somit ein Aufschlag auf die ursprünglichen Inputmengen erfolgt. Aufgrund der angewandten Inputorientierung (Minimierung der Inputmengen bei gegebenem Output) werden somit Unternehmen mit schlechten strukturellen Gegebenheiten im Vergleich zu anderen besser gestellt, da deren Inputmengen nicht oder nur marginal steigen, während die Inputmengen von Unternehmen mit geringer Ineffizienz prozentual stärker ansteigen. Somit werden die Effizienzwerte um strukturelle Einflüsse, welche nicht vom Unternehmen beeinflussbar sind, bereinigt. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass durch die Bereinigung hohe Ineffizienzen nicht mehr auf strukturelle Nachteile zurückgeführt werden können, da hierfür dem Unternehmen ein Sicherheitsabschlag gewährt wurde. Auf Basis der angepassten Inputs können dann in der dritten und letzten Stufe Effizienzwerte bestimmt werden, welche frei von den Einflüssen von Datenausreißern, Messfehlern und strukturellen Unterschieden sind.

6 Strukturelle Nachteile der Wasserversorgung spiegeln sich per Annahme in einer erhöhten Ineffizienz bzw. einem entsprechend niedrigen Effizienzwert wider. Daher werden dem Vorschlag von Fried u. a. (Fried/Schmidt/Yaisawarng 1999) folgend die Ineffizienzwerte für eine Anpassung der Inputmengen verwendet. Dafür werden die Ineffizienzwerte auf Basis der Regressionsergebnisse noch um den Fehler- bzw. Störterm aus der Regression bereinigt, um den Einfluss von Messfehlern oder statistischen Fehlern zu minimieren.

## IV. Datengrundlage

Die Analyse beruht auf der 118. Wasserstatistik für die Bundesrepublik Deutschland (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft 2008) für das Jahr 2006. Der Originaldatensatz umfasste 1096 Unternehmen. Leider wurde die genannte Statistik nicht jedes Jahr veröffentlicht, so dass keine Panel-Analyse möglich ist. Dies würde die Interpretationsmöglichkeiten der Analyse beträchtlich erhöhen, da dann Abschreibungs- und Investitionsaspekte, deren rechtlicher Rahmen und die verbundene Pfadabhängigkeit der Infrastrukturanlagen besser abgebildet werden könnten. Zusätzlich wurden die Umsatzerlöse für das Jahr 2006 aus den Jahresabschlüssen und Geschäftsberichten der Wasserversorger entnommen. Für insgesamt 373 Unternehmen waren die Daten vollständig verfügbar. Höhendifferenzen wurden aus topographischem Kartenmaterial entnommen.

Die deskriptive Statistik für den Datensatz kann Tabelle 1 entnommen werden. Die Korrelation zwischen den einzelnen Variablen ist in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt liefern die im Datensatz aufgeführten Versorger Trinkwasser an mehr als 32 Millionen Menschen in Deutschland, was etwa 39 Prozent der Gesamtbevölkerung Deutschlands entspricht.

Variable	Abk.	Klassifizierung	Summe	Min.	Mittelwert	Median	Max.	Std. Abw.
Umsatzerlöse [1000 €]	cost	Input	3.563.312	466	9.843	3.382	424.000	27.878
Wasserzähler [Anzahl]	meters	Output	6.850.857	1.653	18.925	9.073	1.008.732	57.151
Wasserabgabe an HuK [1000 m³]	wdelhh	Output	1.490.046	199	4.116	1.520	142.700	10.872
Wasserabgabe an sonstige Abnehmer [1000 m³]	wdelnh	Output	487.598	0,00	1.346	353	58.800	4.000
Rohrnetzlänge [km]	net	-*	156.834	39	433	224	7.858	675
Einwohner im Versorgungsgebiet [1000]	pop	-**	32.373	5	89	35	3.400	233
Metermengenwert [1000 m³ pro km Rohrnetzlänge]	dens	Strukturvar.	-	1,02	10,46	9,25	52,94	5,61
Verlustquote	leak	Strukturvar.	-	0,01	0,10	0,09	0,30	0,06
Grundwasseranteil	ground	Strukturvar.	-	0,00	0,57	0,71	1,00	0,42
Höhendifferenz [m]	elev	Strukturvar.	-	0,00	53,82	40,00	240,00	47,36
Dummy für Ostdeutschland	deast	Strukturvar.	65	0,00	0,18	0,00	1,00	0,38

\*Zur Berechnung des Metermengenwertes verwendet. \*\*Wird aufgrund der hohen Korrelation mit der Wasserabgabe an HuK nicht weiter betrachtet (siehe Korrelationsmatrix).

Tab. 1: Deskriptive Statistik der betrachteten Variablen

Quelle: Eigene Darstellung

Die Umsatzerlöse der Wasserversorger werden als Input-Variable definiert und als deckungsgleich mit den Gesamtkosten der Wasserversorgung angenommen. Mit diesem Ansatz wird dem Kostendeckungsprinzip Rechnung getragen, wie es in der europäischen Wasserrahmenrichtlinie

(Art. 9) sowie den Kommunalabgabengesetzen der einzelnen Bundesländer verankert ist.<sup>7</sup> Entsprechend sollten die Wasserentgelte und damit auch die Umsatzerlöse derart kalkuliert werden, dass sämtliche Kosten und Aufwendungen für Material, Personaleinsatz und Abschreibungen gedeckt werden. Mittels dieser Annahme ist es demnach möglich, sämtliche Kosten der Wasserversorgung in die Analyse einzubeziehen. Dieser Ansatz wurde in der Literatur u. a. bereits von Brunner und Riechmann (Brunner/Riechmann 2004) empfohlen.<sup>8</sup> Des Weiteren ist es zudem möglich, Effizienz anhand der seitens der Konsumenten für die Versorgung mit Trinkwasser notwendigen Ausgaben zu messen. Ziel der Effizienzanalyse ist die Ermittlung von Kosten- und somit Preissenkungspotentialen zum Vorteil des Verbrauchers. Dies lässt sich am Besten durch die Umsatzerlöse, welche auch die Entgelte widerspiegeln, messen. Der Verbraucher ist entsprechend weniger an den Kosten eines Wasserversorgers interessiert und an dessen Kapitalstruktur, sondern nur an den zu zahlenden Entgelten. Daher ist die Betrachtung von Umsatzerlösen als Inputparameter in der Analyse in erster Näherung sicherlich sinnvoll. Bei weiterführenden Analysen sollten die Umsatzerlöse jedoch um Abgaben wie das Wasserentnahmeentgelt oder Konzessionsabgaben vermindert werden, was hier aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit nicht möglich war. In den Wasserentgelten sind auch länderspezifisch unterschiedliche Gewinnmargen enthalten, zudem bestehen differente Kalkulationsverfahren. Weiterhin wäre bei einer transparenteren Datenverfügbarkeit zu problematisieren, welche Erträge aus dem Unternehmen entnommen werden, welche Umsatzerlöse durch Drittleistungen erzielt werden und welche Subventionen und Zuschüsse die Unternehmen zusätzlich erhalten.

Als Outputs werden die nutzbare Wasserabgabe an Haushalts- und Kleingewerbekunden (HuK-Kunden) sowie die nutzbare Abgabe an sonstige Abnehmer definiert. Zusätzlich wird die Anzahl der Hausanschlüsse als Output in die Betrachtungen einbezogen. Somit wird dem anzunehmenden Ziel der Wasserversorgung, einen möglichst hohen Anteil der Bevölkerung an die öffentliche Wasserversorgung anzuschließen, Rechnung getragen. Das Verhältnis von Gesamtwasserabgabe zu Wasserzähleranzahl könnte alternativ auch als Strukturvariable in die Analyse eingehen, ebenso das Verhältnis der Wasserabgabe an Haushalte zu sonstigen Abnehmern. Dabei würde man aber die zu Beginn der Beschreibung der Vorgehensweise erwähnten technischen Eigenschaften der DEA nicht für die Analyse ausnutzen. Die Rohrnetzlänge wird bei der Berechnung der Strukturvariable *Versorgungsdichte* (bzw. *Metermengenwert*) indirekt in die Betrachtung miteinbezogen.

Innerhalb der zweiten und dritten Stufe der Analyse werden unterschiedliche Strukturvariablen, wie beispielsweise die Versorgungsdichte, betrachtet. Bei der Betrachtung der Versorgungsdichte<sup>9</sup> wird erwartet, dass sich eine höhere Dichte positiv auf die Effizienz eines Versorgers auswirkt,

7 Auch wenn die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union bislang noch nicht umgesetzt wurde, sollten Wasserversorgungsunternehmen bereits frühzeitig ihre Tarifikalkulationen anpassen, um den neuen Anforderungen künftig gerecht werden zu können. Das Kostendeckungsprinzip wird zudem verbindlich in allen Kommunalabgabengesetzen der einzelnen Bundesländer aufgeführt und ist zumindest für öffentlich-rechtliche Unternehmen bindend. Bei Unter- oder Überdeckung von Kosten ist in der Regel ein Ausgleich innerhalb der folgenden drei bis fünf Jahre anzustreben. Bei privatrechtlich organisierten Unternehmen kann von der Erhebung kostendeckender Preise ausgegangen werden.

8 Erheben einzelne Unternehmen keine kostendeckenden Entgelte, werden für diese also niedrigere als die tatsächlichen Gesamtkosten angenommen. Daher werden solche Unternehmen bei der hier vorgenommenen Analyse tendenziell begünstigt.

9 Im deutschen Raum ist die Bezeichnung der Versorgungsdichte als *Metermengenwert* (MMW) gebräuchlich.



da mit einem geringeren Kapitaleinsatz in Form von Versorgungsleitungen eine höhere Abgabe erzielt wird. Diese Erwartung wurde bereits in der internationalen Literatur bestätigt (Renzetti/Dupont 2008, García-Sánchez 2006). Die Anzahl der versorgten Einwohner wird nicht in die Betrachtung einbezogen, da diese, wie in Tabelle 2 dargestellt, eine sehr hohe Korrelation mit der abgegebenen Menge an Wasser aufweist und somit bereits ausreichend Berücksichtigung findet.

	cost	meters	net	wdelhh	wdelnh	pop	dens	leak	ground	elev	deast
cost	1,000										
meters	0,644	1,000									
net	0,883	0,704	1,000								
wdelhh	0,976	0,753	0,883	1,000							
wdelnh	0,907	0,456	0,812	0,845	1,000						
pop	0,991	0,716	0,900	0,988	0,875	1,000					
dens	0,410	0,247	0,246	0,435	0,438	0,393	1,000				
leak	0,000	-0,011	0,069	-0,018	-0,045	-0,002	-0,210	1,000			
ground	-0,050	0,011	-0,027	-0,041	-0,012	-0,038	-0,187	-0,030	1,000		
elev	0,178	0,134	0,188	0,178	0,148	0,169	0,216	0,260	-0,324	1,000	
deast	-0,017	-0,013	0,107	-0,044	-0,004	-0,004	-0,217	0,235	-0,015	-0,031	1,000

Tab. 2: Korrelationsmatrix der betrachteten Variablen

Quelle: Eigene Darstellung

Zusätzlich wird die Verlustquote als Strukturvariable definiert. Diese berechnet sich aus der Differenz zwischen dem gesamten Wasseraufkommen und der gesamten nutzbaren Abgabe, dividiert durch das gesamte Wasseraufkommen. Außerdem wird der Anteil an Grundwasser am gesamten Wasseraufkommen betrachtet. Es wird erwartet, dass Wasserversorger mit einem hohen Grundwasseranteil eine höhere Effizienz aufweisen, da der Aufbereitungsaufwand hier zumeist geringer ist.

Interessant ist zudem die Betrachtung von Höhendifferenzen im Versorgungsgebiet. Einerseits können diese einen höheren Pumpaufwand zur Wasserverteilung sowie die Einrichtung verschiedener Druckzonen notwendig machen. Andererseits kann die Wasserverteilung begünstigt werden, wenn höher gelegene Gewinnungsanlagen einen natürlichen Vordruck erzeugen und somit den Pumpaufwand verringern. Die Variable *Höhendifferenz* misst den Abstand zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Punkt innerhalb eines Versorgungsgebietes.<sup>10</sup>

Neben diesen strukturellen Einflüssen soll zudem noch der Unterschied zwischen Wasserversorgern in Ost- und Westdeutschland abgebildet werden. Da nach der deutschen Wiedervereinigung sehr hohe Investitionen in die Wasserversorgung Ostdeutschlands getätigt wurden, die Anlagen aufgrund von Abwanderung und demographischem Wandel heute allerdings zumeist schwach ausgelastet sind, sollte dieser Unterschied in die Betrachtungen einbezogen werden. Daher wird eine Dummy-Variable eingeführt, welche den Wert 1 annimmt, falls das betrachtete Unternehmen in Ostdeutschland tätig ist, anderenfalls den Wert 0.

10 Bei Nutzung dieser Variablendefinition kann nicht sichergestellt werden, dass am höchsten oder tiefsten Punkt eines Versorgungsgebietes auch wirklich die Einrichtung von Anlagen zur Wasserversorgung notwendig ist, allerdings sollte sie zumindest eine gute Näherung darstellen.

## V. Ergebnisse

Die deskriptive Statistik der Effizienzwerte aus Stufe 1 ist Tabelle 3 zu entnehmen. Die Effizienzwerte weisen mit 64,24 Prozent ein relativ niedriges Niveau auf. Dies könnte allerdings auch auf strukturelle Einflüsse zurückgeführt werden, welche nicht vom Unternehmen selbst beeinflussbar sind. Zusätzlich sind die Ineffizienzen angegeben, welche multipliziert mit den Gesamtkosten eines Unternehmens direkt als Kostensenkungspotenzial angesehen werden können.

		Mittelwert	Median	Std. Abw.	Min.	Max.
<b>Stufe 1</b>	Effizienz	0.6424	0.6050	0.1834	0.2983	1.0000
	Ineffizienz	0.3576	0.3950	0.1834	0.0000	0.7017
<b>Stufe 3</b>	Effizienz	0.6459	0.6094	0.1836	0.2909	1.0000
	Ineffizienz	0.3541	0.3906	0.1836	0.0000	0.7091

Tab. 3: Deskriptive Statistik der Effizienzwerte

Quelle: Eigene Darstellung

Zur Bereinigung um strukturelle Einflüsse werden die vorliegenden Ineffizienzwerte auf verschiedene exogene Variablen regressiert, um deren Einfluss auf die Effizienz der Wasserversorgungsunternehmen zu bestimmen. Die geschätzten Koeffizienten sind in Tabelle 4, Spalte *Regression #1* aufgeführt. Anhand der Vorzeichen der Koeffizienten ist erkennbar, dass eine höhere Versorgungsdichte,<sup>11</sup> ein höherer Grundwasseranteil und die Lage in Ostdeutschland tendenziell einen negativen Einfluss auf die Ineffizienzen und somit einen positiven Einfluss auf die Effizienz haben. Höhere Verlustquoten und stärkere Höhendifferenzen hingegen haben tendenziell einen negativen Einfluss auf die Effizienz.<sup>12</sup>

Variable	Regression #1	Regression #2	Regression #3
dens	-0.0085** (0.0022)	-0,0096** (0,0022)	-0,0088** (0,0022)
leak	0.3220* (0.1677)	-	-
ground	-0.0796** (0.0254)	-0,0775** (0,0253)	-0,0827** (0,0254)
deast	-0.0379 (0.0273)	-0,0276 (0,0264)	-
elev	0.0001 (0.0002)	0,0002 (0,0001)	-
constant	0.4746** (0.0378)	0,5084** (0,0353)	0,5106** (0,0312)
Log-Likelihood	145,3659	143,6198	142,4733

\* signifikant bei 5%, \*\* signifikant bei 1%. Standardabweichungen werden in Klammern angegeben.

Tab. 4: Geschätzte Koeffizienten der Regressionsanalysen

Quelle: Eigene Darstellung

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse werden im Folgenden für eine Anpassung der Inputs genutzt, um die Effizienzwerte um strukturelle Einflüsse zu bereinigen. Die bisherigen Regressionsergebnisse sind hierfür allerdings nicht geeignet, da die Effizienzwerte lediglich um exogene

11 In Bartsch (Bartsch 2007) hingegen wird die Aussagekraft des Meternmengenwertes widerlegt. Bei der Analyse niedersächsischer Wasserversorger konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Meternmengenwert und Durchschnittspreisen bestimmt werden.

12 Die Variable Höhendifferenz und die Dummy-Variabel für ostdeutsche Wasserversorger sind innerhalb dieser Regressionsanalyse allerdings nicht signifikant verschieden vom Wert 0 und bedürfen daher einer vorsichtigen Interpretation.

Gegebenheiten bereinigt werden sollen. Die Verlustquote kann allerdings sowohl als endogen und vom Unternehmen selbst beeinflussbar angesehen werden, allerdings in Zusammenhang mit bspw. schlechten Bodenverhältnissen auch als exogen. Zwar erschiene es relevant die Verlustquote im Weiteren einzubeziehen, da das Aufrechterhalten einer niedrigen Verlustquote und einer hohen Zuverlässigkeit Geld kostet. Um aber die statistische Korrektheit der Regressionen nicht zu gefährden, wird im Folgenden auf die weitere Betrachtung der Verlustquote verzichtet.<sup>13</sup>

Es werden zwei weitere Regressionen durchgeführt, welche unterschiedliche Modellspezifikationen aufweisen. Das Modell mit der besten Spezifikation wird im Anschluss weiterverwendet. Innerhalb der zweiten Regressionsanalyse werden alle vorhandenen Variablen außer der Verlustquote verwendet. Die Ergebnisse der Regression sind Tabelle 4, Spalte *Regression #2* zu entnehmen. Hierbei wird deutlich, dass die Höhendifferenzen und die Dummyvariable für Ostdeutschland insignifikante Koeffizienten aufweisen. Da sich hier nunmehr die Frage stellt, ob lediglich signifikante Ergebnisse oder aber alle Koeffizientenschätzungen für eine Anpassung der Inputmengen genutzt werden sollten, wird eine weitere Regressionsanalyse durchgeführt, welche lediglich die in Regression 2 signifikanten Variablen enthält. Die geschätzten Koeffizienten sind wiederum Tabelle 4, Spalte *Regression #3* zu entnehmen.

Für die Auswahl der besten Modellspezifikation werden Likelihood-Ratio-Tests (LR-Tests) verwendet. Der Likelihood-Ratio-Test legt eine Verwendung von Regression 3 nahe, bei welchem lediglich die signifikanten Strukturvariablen verwendet werden (der LR-Wert von 2,29 ist niedriger als der zugehörige  $\chi^2$  Wert von 5,99). Demnach werden diese Koeffizientenschätzungen für die Anpassung der Inputmengen genutzt.

Auf Basis der adjustierten Inputmengen werden in Stufe 3 finale Effizienzwerte berechnet. Die Ergebnisse hierfür sind Tabelle 3 zu entnehmen. Die Effizienzwerte weisen weiterhin ein geringes Niveau auf, die mittlere Effizienz steigt nur leicht von 64,24 Prozent auf 64,59 Prozent. Der minimale Effizienzwert ist nach der Berücksichtigung exogener Einflüsse niedriger als vor der Anpassung.<sup>14</sup>

## VI. Interpretation

Auf Basis dieser Ergebnisse bestehen somit sehr hohe Kostensenkungspotentiale in der deutschen Wasserwirtschaft. Im Mittel könnten etwa 35 Prozent der Gesamtkosten eingespart werden, ohne die hier definierten Outputmengen zu verringern. Dies spiegelt das erhebliche Kostensenkungspotential auf Seiten der Versorger und letztlich auch auf Seiten der Konsumenten in Form niedrigerer Entgelte wider.

Neben der lediglich geringen Veränderung der mittleren Effizienzwerte nach Berücksichtigung von strukturellen Gegebenheiten ändert sich auch die Reihenfolge der Unternehmen kaum. Dies lässt sich aus der Korrelation der Effizienzwerte aus Stufe 1 mit den Effizienzwerten aus Stufe 3

13 Auch bei weiterführender Betrachtung der Verlustquote in den folgenden Berechnungen ändern sich die Ergebnisse nur marginal.

14 Bei der Verwendung der DEA kann es zu solch ähnlichen Durchschnittseffizienzen kommen, da die vormals gut gestellten Unternehmen durch die Anpassung der Inputs an das Niveau strukturell benachteiligter Unternehmen schlechter abschneiden als zuvor. Es kommt also zur Aufhebung zweier gegensätzlicher Effekte.

ableiten. Der *Spearman Korrelationskoeffizient* nimmt einen hohen Wert von 0,98 an, ebenso wie der *Pearson Rang-Korrelationskoeffizient* einen Wert von 0,98 annimmt. Damit wird ersichtlich, dass die Effizienzwerte durch die Anpassung um strukturelle Gegebenheiten des Versorgungsgebietes nahezu unverändert bleiben und sich die Reihenfolge der Unternehmen insgesamt lediglich marginal ändert. Dies unterstreicht die Robustheit der berechneten Effizienzwerte gegenüber strukturellen Einflüssen.

Im *Salter-Diagramm* in Abbildung 3 sind die Effizienzwerte aus Stufe 3 grafisch dargestellt. Die Unternehmen sind entsprechend ihrer Effizienzwerte in aufsteigender Reihenfolge aufgeführt. Entlang der x-Achse ist die Unternehmensgröße, gemessen durch das gesamte Wasseraufkommen des jeweiligen Unternehmens, durch die Breite der zugehörigen Säule dargestellt. Es ist zu erkennen, dass vor allem kleinere Versorger die niedrigsten Effizienzwerte aufweisen (links), während die höchsten Effizienzwerte (rechts) sowohl von kleineren als auch größeren Versorgern erreicht werden. Das schlechte Abschneiden vor allem kleiner Versorger kann aufgrund der Annahme variabler Skalenerträge allerdings nicht durch Größennachteile kleiner Unternehmen erklärt werden. Jedoch existieren bei kleineren Wasserversorgern größere Effizienzunterschiede, d. h. man erhält eine breitere Streuung der Effizienzwerte für diesen Unternehmenstyp und eine Ballung ineffizienter Kleinunternehmen am unteren Rand. Dies kann eventuell auch an weiteren strukturellen Unterschieden, beispielsweise der Wasserqualität, liegen.

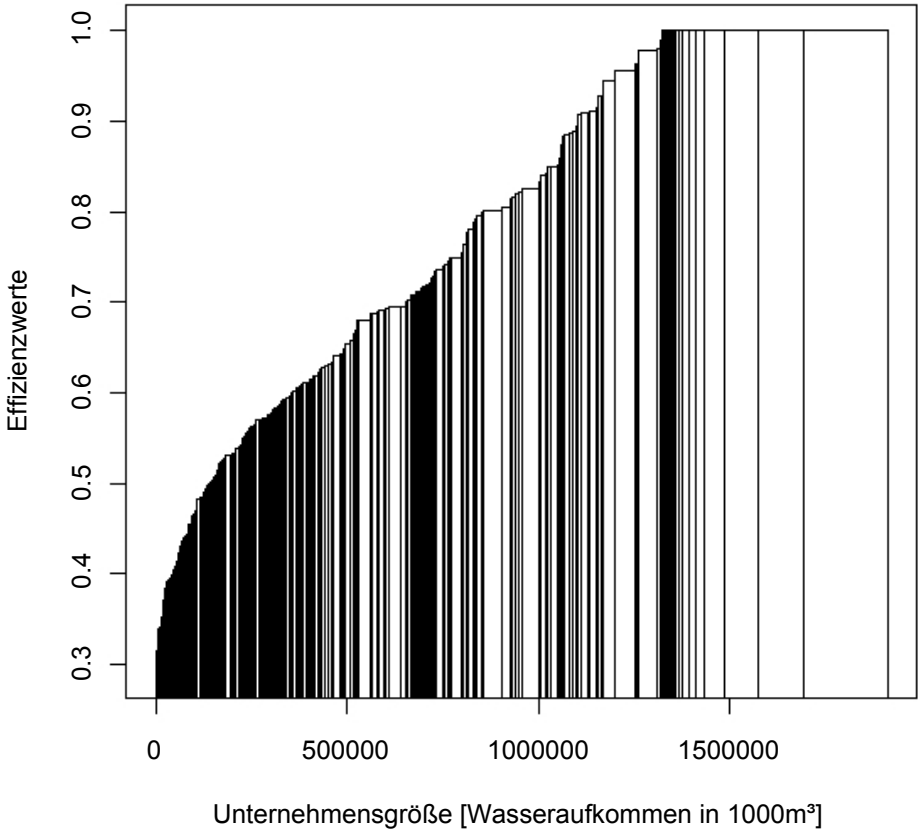


Abb. 3: Salter-Diagramm für die Effizienzwerte aus Stufe 3

Quelle: Eigene Darstellung

Abschließend soll noch auf mögliche Unterschiede in der Effizienz von ost- und westdeutschen Wasserversorgern eingegangen werden. Während die Dummy-Variable in der Regressionsanalyse keine signifikanten Ergebnisse aufweist, sind die Effizienzen im Mittel doch verschieden, die mittlere Effizienz sowie der Median liegen für Ostdeutschland jeweils höher als in Westdeutschland. Dieses Ergebnis ist überraschend, da sich die ostdeutschen Wasserversorger in Anbetracht hoher Investitionen, Überkapazitäten und demographischem Wandel unvorteilhaften Umständen gegenüber sehen. Allerdings ist die Streuung der Effizienzwerte für den Osten und den Westen nahezu identisch. Die leicht positive Korrelation der Verlustquote mit der Lage des Versorgers in Ostdeutschland spricht nicht dafür, dass die errechnete höhere Effizienz mit im Mittel neueren Anlagen zusammenhängt, sondern lässt vermuten, dass die höhere Effizienz auf Fördertatbestände bei einem großen Teil der Versorger zurückzuführen ist, welche vom zugrunde gelegten Datensatz nicht abgedeckt werden können.

## VII. Grenzen der eigenen Effizienzanalyse

Der vorliegende Beitrag stellt eine umfangreiche Effizienzanalyse deutscher Wasserversorger dar. Basierend auf Daten von 373 Wasserversorgern aus dem Jahr 2006 wurden um strukturelle Einflüsse bereinigte Effizienzwerte bestimmt, die vielfältige Interpretationen zulassen. Aufgrund der thematisierten begrenzten Datenverfügbarkeit liegt der Hauptbeitrag des Artikels in der aktuellen Diskussion in der Einführung einer neuen Methodik. Die Ergebnisse sollten zukünftig zumindest im internationalen Vergleich auf Robustheit geprüft werden. Bemerkenswert an der schlechten Datenlage ist, dass selbst traditionell intransparente Sektoren wie der deutsche ÖPNV eine bessere Datenzusammenstellung erlauben (siehe beispielsweise Walter 2010) und detaillierte Kostenpositionen in ihren Jahresabschlüssen veröffentlichen.

Die hohe Ineffizienz kleinerer Wasserversorger ist auffallend. Hier stellt sich die Frage nach angemessenen Versorgungsstrukturen und möglichen Effizienzgewinnen aus dem Zusammenschluss oder der Kooperation einzelner Unternehmen unter der Ausnutzung von Synergieeffekten. Die vorgestellte Methodik ist weniger geeignet auch hierfür Antworten zu geben. Dazu bedarf es des Einsatzes von Paneldaten und der stochastischen Effizienzgrenzenanalyse. Dabei können dann auch nach Unternehmensgrößen differenzierte Vorschläge zur Effizienzverbesserung gegeben werden. Weiterhin kann die SFA auch eingesetzt werden, um die errechneten Effizienzwerte auf Robustheit zu prüfen.

Weiterhin ist eine öffentliche Diskussion zwischen Versorgern, Wissenschaft und weiteren Experten vonnöten, um relevante und allgemein akzeptierte Outputs zu definieren. Hierfür kann die vorangegangene Erörterung eine gute Grundlage geben.

## VIII. Schlussfolgerungen

Die Regressionsanalysen zeigen, dass die Effizienz der Wasserversorgung maßgeblich von der Versorgungsdichte (Metermengenwert), dem Grundwasseranteil am gesamten Wasseraufkommen und den Wasserverlusten beeinflusst wird. Während die Versorgungsdichte und der Grundwasseranteil vom Unternehmen nicht unmittelbar beeinflussbar sind, können die Wasserverluste zumindest teilweise durch Erneuerungsinvestitionen und verbesserte Instandhaltung des Netzes seitens des Unternehmens verringert werden und somit Effizienzsteigerungspotentiale erschlossen werden. Jedoch haben auch exogene Einflüsse wie bspw. die Bodenart einen Einfluss auf die Wasserverluste. Die hohe Korrelation zwischen den Effizienzwerten aus Stufe 1, welche keine strukturellen Einflüsse berücksichtigen, sowie den um strukturelle Gegebenheiten angepassten Effizienzwerten aus dem letzten Schritt der Analyse unterstreicht die Validität des gewählten Ansatzes und die Robustheit der Ergebnisse gegenüber exogenen Einflüssen.

Trotz der Berücksichtigung struktureller Einflüsse verbleiben im Mittel hohe Ineffizienzen. Dieses schlechte Abschneiden verdeutlicht den Handlungsbedarf zur Sicherstellung einer effizienten und preiswürdigen Wasserversorgung. Während nur geringe Effizienzunterschiede beim Vergleich ost- und westdeutscher Wasserversorger bestimmt werden konnten und Versorger in den

neuen Bundesländern leicht besser abschneiden, bleibt die hohe Ineffizienz kleiner Wasserversorger auffallend.

## Abstract

*Michael Zschille, Matthias Walter and Christian von Hirschhausen; Inefficiency and Structural Differences in German Water Supply*

*Cost Decreasing Potential; Data Envelopment Analysis; Efficiency Analysis; Regression Analysis; Regulation; Technical Efficiency; Water Supply*

*The German water supply industry is characterized by a high fragmentation and high differences in prices for water delivery. Currently the form of an adequate price regulation is discussed. A possible future price regulation requires a profound efficiency analysis in order to create incentives to minimize cost and corresponding prices. This article analyzes different approaches for efficiency analysis and presents the results of a Data Envelopment Analysis for Germany with data from the year 2006, considering 373 water utilities. The results underline the necessity of an active price regulation in order to use potentials for cost savings.*

## Literaturverzeichnis

- Banker, Rajiv D. und Jonathan L. Gifford (1988), A Relative Efficiency Model for the Evaluation of Public Health Nurse Productivity, Mimeo, Carnegie Mellon University.
- Bartsch, Volker (2007), Technische, natürliche und rechtliche Einflussfaktoren auf betriebliche Kennzahlen von Wasserversorgungsunternehmen, Bonn.
- Brunner, Uli und Christoph Riechmann (2004), Wettbewerbsgerechte Preisbildung in der Wasserwirtschaft, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, 27. Jg., Heft 2, S. 115-130.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2008), 118. Wasserstatistik Bundesrepublik Deutschland 2006, Bonn.
- Europäischer Wirtschaftsdienst (EUWID) (2009), Monopolkommission fordert mehr Regulierung in der Wasserwirtschaft, in: EUWID Wasser und Abwasser, 12. Jg., Heft 10, S. 1-2.
- Fried, Harold O., Shelton S. Schmidt und Suthathip Yaisawarng (1999), Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency, in: Journal of Productivity Analysis, 12. Jg., Heft 3, S. 249-267.
- García-Sánchez, Isabel Maria (2006), Efficiency Measurement in Spanish Local Government: The Case of Municipal Water Services, in: Review of Policy Research, 23. Jg., Heft 2, S. 355-371.
- Hirschhausen, Christian von, Astrid Cullmann, Matthias Walter und Michael Zschille (2009), Fallende Preise in der Wasserwirtschaft – Hessen auf dem Vormarsch, in: DIW Wochenbericht, 76. Jg., Heft 10, S. 150-155.
- Hirschhausen, Christian von, Matthias Walter und Michael Zschille (2009), Effizienzanalyse in der Wasserversorgung – Internationale Erfahrungen und Schlussfolgerungen für Deutschland, in: GWF Wasser/Abwasser, 150. Jg., Heft 2-3, S. 170-175.
- Kumbhakar, Subal C. und Luis Orea (2004), Efficiency Measurement Using a Latent Class Stochastic Frontier Model, in: Empirical Economics, 29. Jg., Heft 1, S. 169-183.
- Renzetti, Steven und Diane Dupont (2008), Measuring the Technical Efficiency of Municipal Water Suppliers: the Role of Environmental Factors, Working Papers 0802, Brock University, Department of Economics.
- Simar, Léopold und Paul W. Wilson (2007), Estimation and Inference in Two-Stage, Semi-Parametric Models of Production Processes, in: Journal of Econometrics, 136. Jg., Heft 1, S. 31-64.
- Walter, Matthias (2010), Cost Efficiency and Some of its Determinants in German Local Public Transport, in: Journal of Transport Economics and Policy, im Erscheinen.

Walter, Matthias und Astrid Cullmann (2008), Potential Gains from Mergers in Local Public Transport – An Efficiency Analysis Applied to Germany, DIW Discussion Papers 832.