ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Sauer, Johannes

Working Paper

Die Ökonomie der (ländlichen) Wasserversorgung

Discussion Paper, No. 70

Provided in Cooperation with:
Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies (IAMO), Halle (Saale)

Suggested Citation: Sauer, Johannes (2004) : Die Ökonomie der (ländlichen) Wasserversorgung, Discussion Paper, No. 70, Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO), Halle (Saale), https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:3:2-22524

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/28471

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

DISCUSSION PAPER

Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe

DIE ÖKONOMIE DER (LÄNDLICHEN) WASSERVERSORGUNG

JOHANNES SAUER

DISCUSSION PAPER NO. 70
2004

Theodor-Lieser-Straße 2, 06120 Halle (Saale), Germany
Phone: +49-345-2928 110
Fax: +49-345-2928 199
E-mail: iamo@iamo.de
Internet: http://www.iamo.de

Dipl.-Pol. Johannes Sauer MSc (AgrEcon) is external scholar at the Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO), Division: External Environment for Agriculture and Policy Analysis, in Halle, Germany. His research mainly focuses on the economics of natural resources.

Mailing address: Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO)
Theodor-Lieser-Straße 2
06120 Halle (Saale)
Germany

Phone: +49-345-2928 110
Fax: +49-345-2928 199
E-mail: jobisa@ginko.de
Internet: http://www.iamo.de

Discussion Papers are interim reports on work of the Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO) and have received only limited reviews. Views or opinions expressed in them do not necessarily represent those of IAMO. Comments are welcome and should be addressed directly to the author(s).

The series *Discussion Papers* is edited by:

Prof. Dr. Alfons Balmann (IAMO)
PD Dr. Heinrich Hockmann (IAMO)
Dr. Peter Weingarten (IAMO)

ISSN 1438-2172

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Beitrag diskutiert die optimale Organisation der Wasserversorgung unter Berücksichtigung der grundlegenden Gutscharakteristika und der spezifischen Produktionsstruktur. Nach einer formalen Beschreibung der einzelnen Produktionsstufen und der realen Organisation des Wassersektors in Deutschland werden kurz verschiedene Modelle zur Sektororganisation vorgestellt. Anschließend wird versucht, die Bestimmung der ökonomisch optimalen Betriebs- und Angebotsorganisation zu erläutern. Schließlich werden zentrale ökonomische Konzepte der Produktionsanalyse und der industriellen Organisation für eine empirische Überprüfung am Beispiel der Wasserversorgung beispielhaft modelliert. Es zeigt sich, dass empirisch fundierte Organisationsmodelle bisher keinen Eingang in die aktuelle Liberalisierungsdiskussion in den Wassersektoren gefunden haben. Im Hinblick auf eine Restrukturierung der Wasserversorgung in ländlichen Regionen könnte das sog. 'Pool-Modell' eine Alternative zur derzeitigen integrierten Verbundlösung darstellen.

JEL: L95, Q25, R50
Schlüsselwörter: Wasserversorgung, Produktionsanalyse, Industrielle Organisation, Modellierung

ABSTRACT

THE ECONOMICS OF (RURAL) WATER SUPPLY'

This paper deals with the optimal organisation of the water supplying industry by having a close look on the basic characteristics of water as a economic good as well as the specific structure of production. After the formal description of the individual stages of production and the real organisation of the German water sector, different models for the sector organisation are briefly being considered. Subsequently, the determination of the optimal firm and industry structure is illustrated from the economic point of view. Finally, central economic concepts with respect to production analysis as well as industrial organisation are modelled for an empirical application to the water supplying industry. It is revealed that empirically based organisation models have not been considered in the course of the ongoing discussion on water sector liberalisation so far. The 'pool-model' seems to be a promising alternative with respect to the restructuring of the water supplying industry in rural areas.

JEL: L95, Q25, R50
Keywords: Water Supplying Industry, Production Analysis, Industrial Organisation, Economic Modelling

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung **3**

Abstract **3**

Verzeichnis der Abbildungen 6
Verzeichnis der Abkürzungen 7

1 Einführung **9**

2 Die Produktionsstruktur **10**
2.1 Rohwassergewinnung 10
2.2 Wasseraufbereitung 11
2.3 Wasserspeicherung 13
2.4 Wassertransport 14
2.5 Trinkwasserverteilung 14

3 Die Reale Organisation – Das Beispiel Deutschland **16**
3.1 Sektororganisation und -performanz 16
3.1 Unternehmensorganisation, aggregierte Produktionsfunktion und Kostenfunktionen 18

4 Liberalisierungsdiskussion – Verschiedene Modelle **21**
4.1 Wettbewerb um den Markt: Ausschreibungswettbewerb 22
4.2 Wettbewerb im Markt: Durchleitungswettbewerb 22
4.3 Wettbewerb mittels 'Yardstick'-Regulierung durch die Ermittlung einer Effizienzgrenze 22
4.4 Wettbewerb an den Grenzen der Versorgungsgebiete: Einsetzungsverträge 24
4.5 Desintegration auf Unternehmensebene – Die Trennung von Netz und Betrieb 24

5 Die optimale Organisation der Wasserversorgung **25**
5.1 Grundlegende Eigenschaften und Charakteristika der Ressource Wasser 26
5.2 Economies of Scale 26
5.3 Economies of Scope 28
5.4 Subadditivität und natürliches Monopol 29
5.5 Versunkene Kosten 31
5.6 Vertikale Integration 33
5.7 Transaktionskosten 34
5.8 Separabilität – Ökonomische Aggregation 35
5.9 Die optimale Angebotsorganisation – Markt und Betrieb 37

6 Modellierung zentraler ökonomischer Konzepte **45**
6.1 Separabilitätshypothese 45
6.2 Skalenertragshypothese 47
6.3 Subadditivitätshypothese 48
6.4 Irreversibilitätshypothese 50

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen **51**

8 Appendix 53
8.1 Der Hydrologische Zyklus 53
8.2 Dualität von Produktions- und Kostenfunktion 53
8.3 Sinkende Durchschnittskosten und Subadditivität 54
8.4 Translog-Produktionsfunktion eines Wasserversorgers (ausformuliert) 54
8.5 Restriktionen (ausformuliert) 56
8.6 Inputparameter Restriktionen 58

Literatur 59

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Die Produktionsstruktur eines Wasserversorgers 10
Abbildung 2: Wassergewinnung mittels Brunnen und Uferfiltrat 11
Abbildung 3a: Aufbereitung von Flusswasser 12
Abbildung 3b: Aufbereitung von Seewasser 12
Abbildung 4: Wasserspeicherung 13
Abbildung 5a: Beispiel für die Struktur eines Versorgungsgebietes 15
Abbildung 5b: Unterschiedliche Pumpanforderungen 15
Abbildung 6: Unternehmensformen (1997, 2000) 16
Abbildung 7: Rechtlicher Rahmen der Wasserversorgung in Deutschland 17
Abbildung 8: Unternehmensorganisation im deutschen Wassersektor 19
Abbildung 9: Unternehmensorganisation in der ländlichen Wasserversorgung 19
Abbildung 10: Das 'Pool-Modell' in der ländlichen Wasserversorgung 25
Abbildung 11: Skaleneffekte in der Wasserverteilung 28
Abbildung 12: Idealtypische Kostenverläufe 30
Abbildung 13: Investitionsanteile der einzelnen Produktionsstufen der Wasserversorgung 32
Abbildung 14: Transaktionskosten- und Produktionskostenvorteil marktlicher Koordination 35
Abbildung 15: Desintegrierte Produktionsstruktur – Zweistufige Optimierung 37
Abbildung 16: Die ökonomisch optimale Wassermarktorganisation 38
Abbildung 17: Verschiedene Modelle der Wassermarktorganisation 39
Abbildung 18: Natürliches Monopol – Preis-Mengen-Kombination 40
Abbildung 19: Marktstruktur – Preis-Mengen-Kombination 42
Abbildung 20: Skizze eines ländlichen 'Pool-Modells' 44
Abbildung 21: 'Pool-Modell' – Inputparameterabhängigkeiten 47
Abbildung 22: Vollständige Desintegration – Inputparameterabhängigkeiten 47

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

BGW	Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
DIN	Deutsche Industrienorm
GK	Gewerbekunde
GW	Grundwasser
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkung
HA	Haushalt
NUTS	Nomenclature of Territorial Units for Statistics
OFWAT	Office fo Water Regulation, England
OW	Oberflächenwasser
TWV	Trinkwasserverordnung
UF	Uferfiltrat
WA	Wasseraufbereitung
WAB	Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsbetrieb
WG	Wassergewinnung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WS	Wasserspeicherung
WT	Wassertransport
WV	Wasserverteilung
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Wasserwerk

1 EINFÜHRUNG[1]

Die Sicherung einer nachhaltigen globalen Wasserversorgung hat höchste Priorität auf der aktuellen Agenda internationaler Entwicklungsbemühungen, wie das im März 2003 stattgefundene "3rd World Water Forum" in Kyoto zuletzt zeigte. Im Rahmen dieser Konferenz wurde einmal mehr betont, dass es in Zukunft im Hinblick auf die Versorgungssicherheit erheblicher Anstrengungen auf Seiten des Unternehmens- wie des öffentlichen Infrastrukturmanagements bedarf.[2]

Die Wassersektoren[3] vieler westlicher Volkswirtschaften – aber auch diejenigen einiger Entwicklungsländer – erfahren seit geraumer Zeit Liberalisierungs- und Privatisierungsmaßnamen, wie in Europa vor allem das Beispiel der englischen Wasserversorgung seit Ende der achtziger Jahre eindrucksvoll belegt (vgl. SCHEELE 1991, 1997). Der deutsche Wassermarkt – wenn man hier von einem Markt im Sinne sich gegenseitig beeinflussender Angebots- und Nachfragebewegungen sprechen möchte – ist durch ein umfassendes juristisches Regelwerk gekennzeichnet. Nachdem Mitte der neunziger Jahre ein im Auftrag der Weltbank erstellter Bericht über die Leistungsfähigkeit der deutschen Wasserwirtschaft eine erste Debatte über die Notwendigkeit struktureller Reformen auslöste (vgl. BRISCOE 1995), findet seit Anfang 2000 auf wirtschaftspolitischer wie -wissenschaftlicher Ebene eine umfassende und intensive theoretische Auseinandersetzung um eine Liberalisierung der Wasserwirtschaft in Deutschland statt (siehe v. a. EWERS et al. 2001; FRENZ 2002; MANKEL und SCHWARZE 2000; SCHEELE 2000a; CLAUSSEN und SCHEELE 2002).[4] Ungeachtet dieses eher schleppend verlaufenden Diskurses suchen die zumeist öffentlichen Wasserversorger in West- und Ostdeutschland inzwischen nach neuen Formen der Zusammenarbeit auf Unternehmensebene. Die Unternehmen sind bestrebt, ihre Wettbewerbsfähigkeit infolge von Effizienzsteigerungen, insbesondere durch Kooperationen und Zusammenschlüsse, nachhaltig zu verbessern (vgl. SAUER 2003a).

Der nachfolgende Diskussionsbeitrag hat zum Ziel, die faktische Organisationsstruktur der Produktion von und der Versorgung mit Trinkwasser aus der Perspektive ökonomischer Theorie zu beleuchten.[5] Hierzu wurden mit der Separabilität, der Skalenerträge, der Subadditivität sowie irreversibler Investitionen zentrale analytische Konzepte theoretisch diskutiert und mögliche empirische Anwendungen im Wassersektor skizziert. Welche Hinweise auf eine, im Hinblick auf ökonomische Effizienz eindeutig überlegene Form der Organisation der Wasserversorgung könnten hieraus gewonnen werden und welche Implikationen erwachsen hieraus

---

1 *Ausdrücklicher Dank für wertvolle Kommentare und Hinweise zu früheren Entwürfen dieses Papiers geht an Prof. Dr. Klaus Frohberg, Zentrum für Entwicklungsforschung, Universität Bonn.*

2 Dies gilt besonders auch für die Wasserversorgung in ländlichen Regionen der Transformationsökonomien Mittel- und Osteuropas (siehe SAUER 2001, 2002).

3 Unter 'Wassersektor' wird im Folgenden die Gesamtheit der nutzbares Wasser produzierenden und anbietenden Unternehmen, der solches Wasser verbrauchenden Nachfrager und Endkonsumenten sowie des rechtlichen Rahmens einer Volkswirtschaft verstanden.

4 Zwischen Europäischer Kommission, Bundesregierung, Sachverständigen und Verbänden ist umstritten, wie weit die vorgesehene Marktöffnung gehen sollte und welche Formen des Wettbewerbs möglich sind. Während die Gutachter im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (vgl. EWERS et al. 2001) sich für eine 'systemkonforme' Öffnung des Marktes und für mehr Wettbewerb aussprechen, verweisen z. B. das Umweltbundesamt und der Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) in zahlreichen Stellungnahmen auf Besonderheiten des Wassersektors und potenziell negative Konsequenzen für Umweltqualität und Versorgungssicherheit in Folge einer Liberalisierung. Ein konkretes Liberalisierungsinteresse zeigt sich von politischer Seite bisher jedoch nur rudimentär.

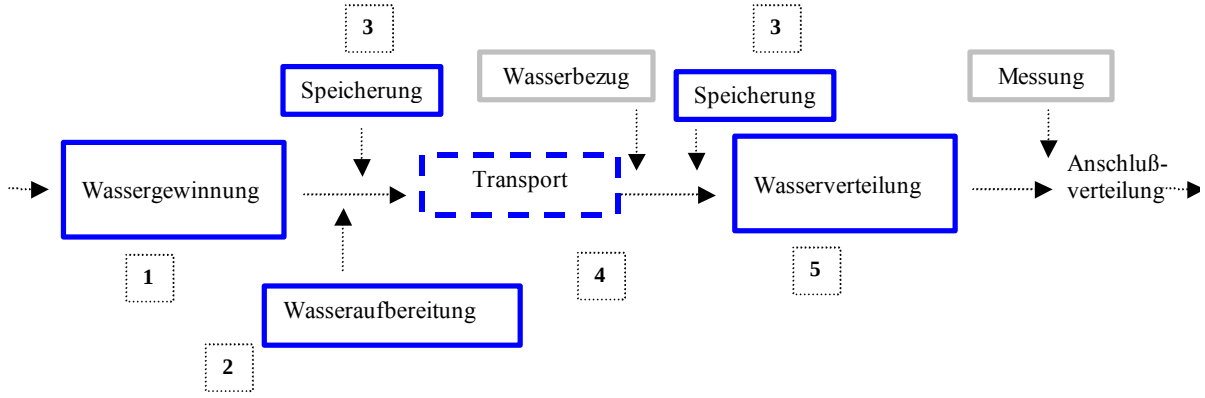
5 Die Versorgung mit Brauchwasser minderer Qualität spielt in den europäischen Wassersektoren keine Rolle. Eine solche würde ein paralleles Transport- und Verteilungsnetz erfordern. Siehe hierzu ausführlich SPULBER und SABBAGHI (1994, S. 211ff.).

für die im Verlauf der weiteren Liberalisierungsdiskussion angeführten Restrukturierungsoptionen? *Kapitel 2* abstrahiert zunächst die Produktionsstruktur eines durchschnittlichen Wasserversorgers und leitet korrespondierende Produktionsfunktionen für die weitere Diskussion ab. Ein Blick auf die reale Sektororganisation in Deutschland ist Gegenstand von *Kapitel 3*, während *Kapitel 4* einen Überblick über die hier herrschende Liberalisierungsdiskussion gibt. *Kapitel 5* diskutiert anschließend Aspekte einer optimalen Organisation der Wasserversorgung, um diese dann im Hinblick auf eine empirische Überprüfung zu modellieren (*Kapitel 6*). *Kapitel 7* fasst zusammen.

2 Die Produktionsstruktur

Die Wasserversorgung urbaner wie ruraler Regionen kann durch die nachfolgende Struktur als eine Sequenz verschiedener und sukzessiv anfallender Produktionsstufen ('multi-stage production') beschrieben werden:

Abbildung 1: Die Produktionsstruktur eines Wasserversorgers



Quelle: Eigene Darstellung.

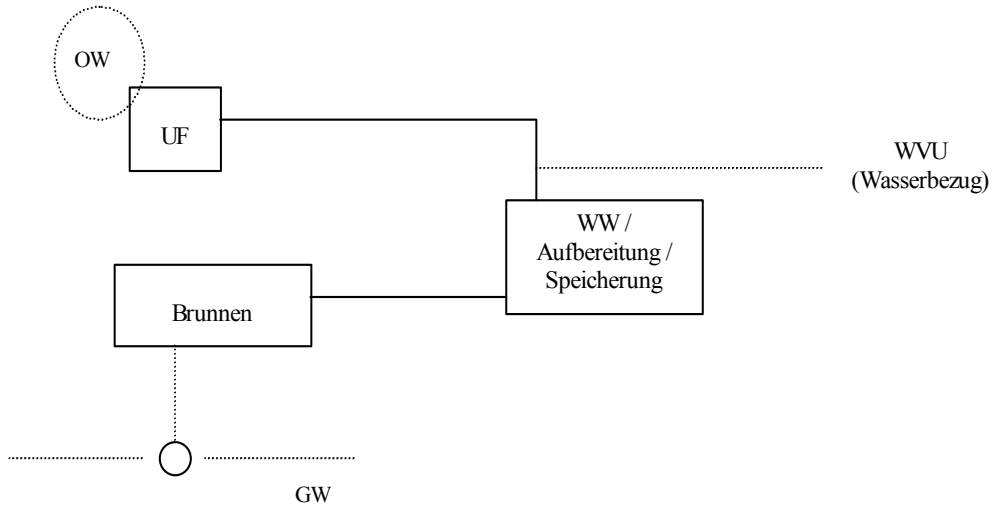
Wie aus *Abbildung 1* ersichtlich, kann im Hinblick auf die Produktion und Versorgung von Trinkwasser – rein analytisch – mindestens zwischen Wassergewinnung, Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung sowie Wassertransport und -verteilung differenziert werden (weitere Unterteilungen wären denkbar, so bspw. in Wasserbezug, Verbrauchsmessung und Abrechnung, Wartung und Instandhaltung usw.). Die Prozesse 1-5 können als die zentralen Aufgaben bzw. -leistungen eines Wasserversorgers betrachtet werden.

2.1 Rohwassergewinnung

Für den Mix sowie die jeweiligen Einsatzmengen der Inputs im Verlauf der Gewinnung des Rohwassers spielen v. a. die hydrologischen Gegebenheiten einer Region eine wesentliche Rolle: Welche Quantität an Grundwasser mit welcher Qualität liegt in welcher Tiefe vor und kann genutzt werden? Steht auch oder alternativ hierzu Oberflächenwasser (Talsperren, Seen, Flüsse) oder Quellwasser zur Verfügung? Mittels welcher Technik (Grundwasser, GW in *Abb. 2*: z. B. Bohrbrunnen und/oder Horizontalbrunnen; Oberflächenwasser, OW in *Abb. 2*: Uferfiltrat, Grundwasseranreicherung; Quellwasser: natürliches Gefälle) sollen die angestrebten Fördermengen gewonnen werden? *Abbildung 2* skizziert eine Gewinnungskombination aus Brunnen und Uferfiltrat (UF). In 2000 förderten die deutschen Wasserversorger Rohwasser vorwiegend aus Grundwasserquellen (ca. 65,7 %), gefolgt von Oberflächenwasser (ca. 25,6 %)

und Quellwasser (ca. 8,7 %).[6] Alternativ können Teile oder das gesamte Rohwasser auch von einem anderen Versorger bezogen werden.

Abbildung 2: Wassergewinnung mittels Brunnen und Uferfiltrat



Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Rohwassergewinnung eines ländlichen Versorgers kann also folgende allgemeine Produktions(sub)funktion beschrieben werden:

$$y_g = f\,(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_{eg}, c_g, rw_{gw}, rw_{suf}, rw_{sag}, rw_{qw}, b_{wg}, d_g, l_g, pu_g) \qquad [2.1]$$

mit: y_g – Menge des gewonnenen Rohwassers, x_{eg} – Energie, x_{mg} – Material, x_{lg} – Personal, k_g – Kapitalbestand/-stock, c_g – Kosten der Wassergewinnung, rw_{gw} – Menge Grundwasser, rw_{suf} – Menge Oberflächenwasser-Uferfiltrat, rw_{sag} – Menge Oberflächenwasser/angereichertes Grundwasser, rw_{qw} – Menge Quellwasser, bw_g – Menge bezogenes Wasser, d_g – Tiefe Grundwasser, l_g – Längentransport, pu_g – Menge gepumpt.

2.2 Wasseraufbereitung

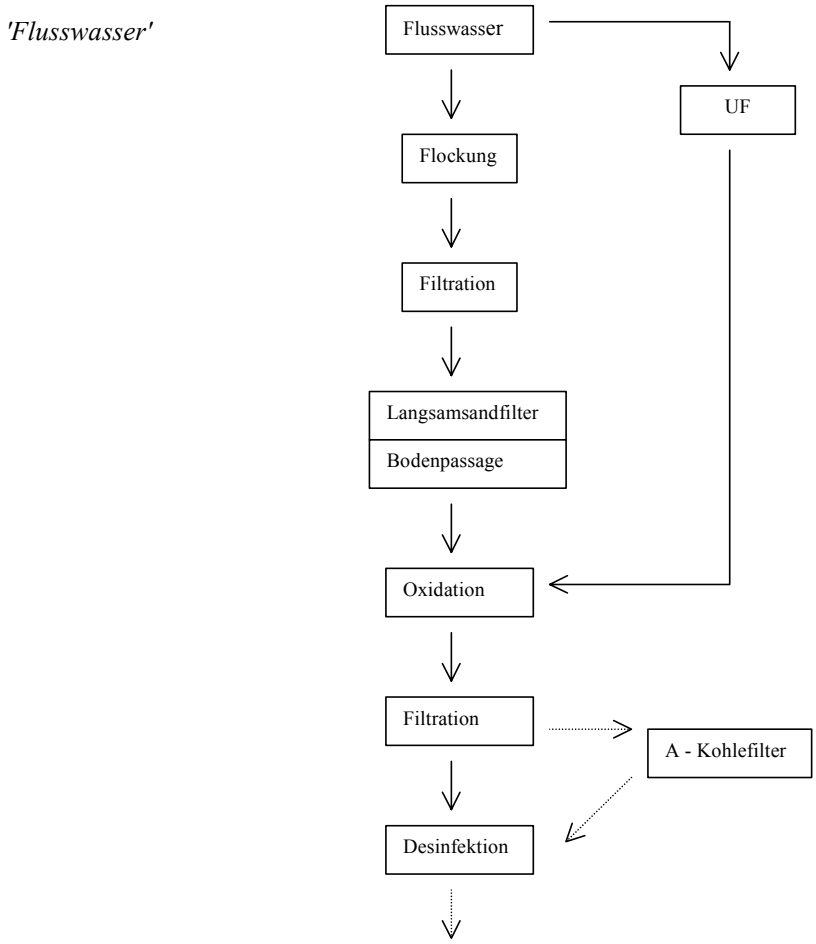
Die Inputmengen und der Inputmix im Verlauf der Produktionsstufe der Wasseraufbereitung sind im wesentlichen durch den Verschmutzungsgrad sowie die Herkunft des gewonnenen Rohwassers und die hierdurch anzuwendende Aufbereitungstechnik bestimmt. Letztere hat sich in ihren Ergebnissen – aufbereitetes Trinkwasser – an den Normen der Trinkwasserverordnung (TWV) (1998 bzw. 2003) zu orientieren. Grundwasser entspricht in den meisten Fällen[7] den dort enthaltenen Richtwerten für die jeweiligen mikrobiologischen und chemischen Inhaltsstoffe. Die zu entnehmenden Wasserproben (Kontroll- und Vollanalyse vor und nach Aufbereitung) sind durch die abzugebende Wassermenge gesetzlich bestimmt. Das aufzubereitende Wasser kann mehrere Aufbereitungsstufen und -techniken durchlaufen, wie *Abbildungen 3a* und *3b* beispielhaft verdeutlichen:

---

[6] Eigene Berechnungen auf der Basis Bundesverband Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) (2001). Hierin enthalten sind sowohl städtische als auch eher ländliche Wasserversorger.

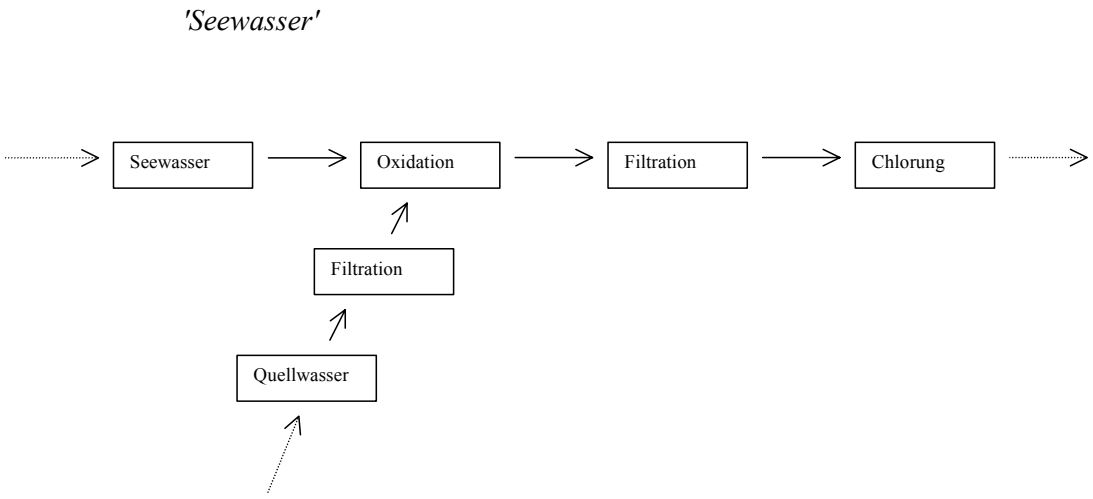
[7] Dies gilt zumindest für Deutschland.

Abbildung 3a: Aufbereitung von Flusswasser



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 3b: Aufbereitung von Seewasser



Quelle: Eigene Darstellung.

Alternativ können Teile oder das gesamte aufbereitete Wasser auch von einem anderen Versorger mit Aufbereitung bezogen werden. Eine allgemeine Produktions(sub)funktion der Wasseraufbereitung eines ländlichen Versorgers kann wie folgt aussehen:

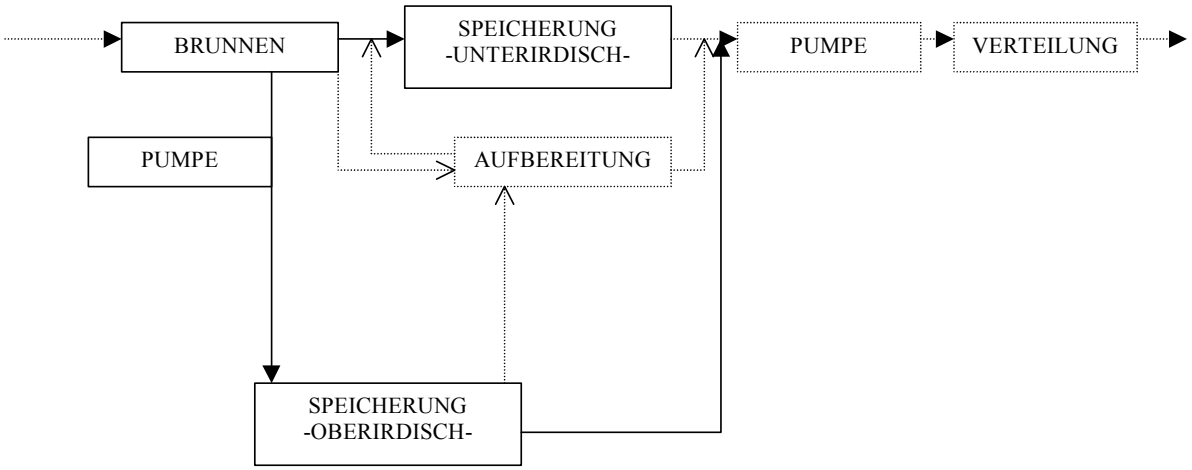
$$y_a = f\,(k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea}, c_a, \Delta q_a, l_a, pu_a, \Sigma_{o=1}{}^{r} w_{ao}, bw_a) \qquad [2.2]$$

mit: y_a – Menge des aufbereiteten Wassers, x_{ea} – Energie, x_{ma} – Material, x_{la} – Personal, k_a – Kapitalbestand/-stock, c_a – Kosten der Wasseraufbereitung, Δq_a – Veränderung Verschmutzungsindex: $\Delta q_a = q_{va}$ (Verschmutzungsindex vor Aufbereitng) – q_{na} (Verschmutzungsindex nach Aufbereitng), l_a – Längentransport, pu_a – Menge gepumpt, Σw_{ao} – Menge des aufbereiteten Wassers mittels der Technik: z. B. w_{FL}-Flockung, w_{FI}-Filtration, w_{BLU}-Bodenpassage, Langsamsandfilter, Uferfiltrat, w_{BOO}-Sandfang, w_{pH}-Ziel-pH-Werterreichung, w_{DUV}-Desinfektion, bw_a – Menge bezogenes Wasser.

2.3 Wasserspeicherung

Die Produktions(sub)funktion der Wasserspeicherung ist durch die Menge des zu speichernden Roh- und/oder Trinkwassers gekennzeichnet. Desweiteren ist die Verweildauer des Wassers in den Speichern für Größe und Anzahl dieser von Bedeutung. Die Art (unter- bzw. oberirdisch) sowie der Standort der Wasserspeicher beeinflussen den An- und Abtransport des Wassers, v. a. die Menge für welche zusätzlicher Pumpaufwand nötig ist. *Abbildung 4* beschreibt dies:

Abbildung 4: Wasserspeicherung



Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Wasserspeicherung eines ländlichen Versorgers kann also folgende allgemeine Produktions(sub)funktion beschrieben werden:

$$y_s = f\,(k_s, x_{ms}, x_{ls}, x_{es}, c_s, l_s, d_s, pu_s, \Sigma_{o=1}{}^{r} w_{so}) \qquad [2.3]$$

mit: y_s – Menge des gespeicherten Wassers, x_{es} – Energie, x_{ms} – Material, x_{ls} – Personal, k_s – Kapitalbestand/-stock, c_s – Kosten der Wasserspeicherung, l_s – Längentransport, d_s – Höhentransport, pu_s – Menge gepumpt, Σw_{so} – Menge des gespeicherten Wassers: z. B. w_{US} – unterirdisch, w_{OS} – oberirdisch.

2.4 Wassertransport

Der Transport des aufbereiteten Wassers zum Versorgungsgebiet ist hinsichtlich seiner Inputzusammensetzung vor allem von der zurückzulegenden Distanz abhängig. Desweiteren spielt die durchschnittliche Transportmenge eine wesentliche Rolle:

Durchschnittl. Transportmenge = Menge abgegebenes Wasser (in m^3) /

Länge des Transportnetzes (in km) [2.4]

Diese hat u.a. einen Einfluss auf die Instandhaltungsinvestitionen. Darüber hinaus werden diese ebenso vom Material (z. B. Gußeisen, Stahl, zementgebundene Werkstoffe, Kunststoff) und dem Alter der Rohrleitungen bestimmt. Schließlich ist eine eventuelle Nutzung des natürlichen Gefälles bzw. der erforderliche Pumpaufwand kostenrelevant, so dass sich folgende allgemeine Produktions(sub)funktion formulieren lässt:

$$y_T = f\,(k_T, x_{mT}, x_{IT}, x_{eT}, c_T, l_T, \Sigma_{o=1}^{r} le_T, d_T, pu_T, w_{Tv}, \Sigma_{\eta=1}^{w} cp_{T\eta}, bw_T) \quad [2.5]$$

mit: y_T – Menge des transportierten Wassers, x_{eT} – Energie, x_{mT} – Material, x_{IT} – Personal, k_T – Kapitalbestand/-stock, c_T – Kosten des Wassertransports, l_T – Längentransport, Σle_T – Transportnetz aus: z. B. le_{Tg}-Gußeisen, le_{Ts}-Stahl, le_{Tz}-zementgebundene Werkstoffe, d_T Höhentransport, pu_T – Menge gepumpt, w_{Tv} – Menge Wasserverlust, Σcp_T – Wasserverbrauch durch: cp_{HA}-Haushalte, cp_{IA}-Industriekunden, cp_{GA}-Gewerbekunden, $cp_{\ddot{O}A}$-öffentliche Anschlüsse, bw_T – Menge transportiertes Wasser durch Andere.

2.5 Trinkwasserverteilung

Die für die Verteilung des Trinkwassers bis zur 'Hauptabsperrvorrichtung' (Hausanschluss etc.) nötigen Inputs sowie die jeweiligen Mengen sind zunächst von der Größe und Art des Versorgungsgebietes abhängig: Welche Anschlussdichte (siehe *[2.6]*) wird erreicht?

Anschlussdichte = Anzahl der zentralen Anschlüsse (n) /

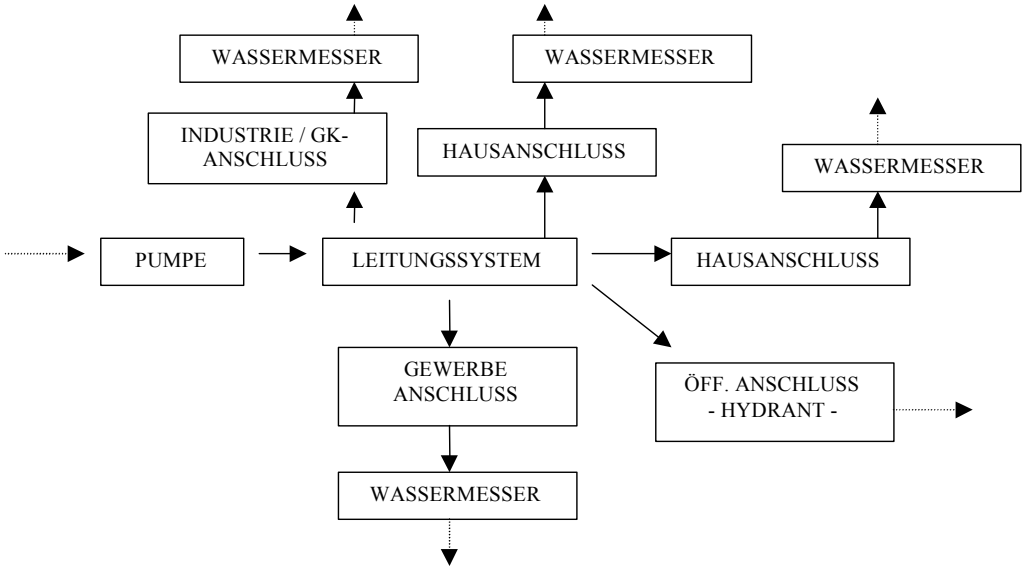
Länge des Verteilungsnetzes (in km) [2.6]

Kann das natürliche Gefälle genutzt werden oder ist ein umfassendes Pumpsystem erforderlich? Desweiteren ist im Hinblick auf Instandhaltungs- und Erweiterungsinvestitionen wie beim Wassertransport von Bedeutung, welches Rohrmaterial in der Vergangenheit verwandt wurde. Schließlich hat die Art und damit der durchschnittliche Verbrauch pro Kunde einen Einfluss auf die Produktions(sub)funktion (*Abbildung 5a*). Das Versorgungsgebiet ländlicher Wasserversorger ist in der Regel durch eine geringere Anschlussdichte infolge einer größeren Ausdehnung des Versorgungsgebietes (zu versorgende abgelegene Einzelhäuser, -höfe) gekennzeichnet. Ebenso resultieren hieraus zumeist auch zusätzliche Anforderungen an das Pumpsystem aufgrund zurückzulegender Höhenmeter (*Abbildung 5b*). Schließlich ist die Marktstruktur (siehe *[2.7]*) durch einen höheren Anteil an Haushaltskunden und damit geringeren Größenvorteilen infolge geringerer Absatzmenge pro Kunde/Anschluss ('decreasing returns to customer density') geprägt:

Marktstruktur = Anzahl Haushaltskunden (n) /

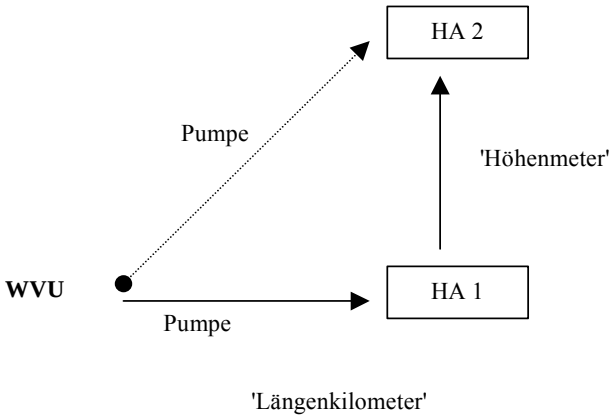
Anzahl sonstige Kunden (Industrie-, Gewerbe-, öffentliche Kunden) (n) [2.7]

Abbildung 5a: Beispiel für die Struktur eines Versorgungsgebietes



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 5b: Unterschiedliche Pumpanforderungen



Quelle: Eigene Darstellung.

Orientiert an der geringeren Anschlussdichte weisen Versorger in ländlichen Räumen im Verhältnis zu den versorgten Anschlüssen oftmals ein vergleichsweise großes Verteilungsnetz mit den entsprechenden anteiligen Investitions- und Instandhaltungskosten auf. Alternativ zur eigenen Verteilung können Teile oder das gesamte Wasser auch von einem anderen Versorger verteilt werden. Eine allgemeine Produktions(sub)funktion der Wasserverteilung eines ländlichen Versorgers kann wie folgt aussehen:

$$y_v = f\,(k_v, x_{mv}, x_{lv}, x_{ev}, c_v, l_v, \Sigma_{o=1}^{r} le_{vo}, d_v, pu_v, w_{vv}, \Sigma_{u=1}^{s} con_{vu}, \Sigma_{\eta=1}^{w} cp_{v\eta}, bw_v) \qquad [2.8]$$

mit: y_v – Menge des verteilten Wassers, x_{ev} – Energie, x_{mv} – Material, x_{lv} – Personal, k_v – Kapitalbestand/-stock, c_v – Kosten der Wasserverteilung, l_v – Längentransport während der Verteilung,

Σle_v – Verteilungsnetz aus: z. B. le_{vg}-Gußeisen, le_{vs}-Stahl, le_{vz}-zementgebundene Werkstoffe, d_v – Höhentransport während der Verteilung, pu_v – Menge gepumpt, w_{vv} – Menge Wasserverlust, Σcon_{vu} – Anzahl der Anschlüsse/Wasserzähler in Form von: con_{HA} – Hausanschlüsse, con_{IA} – Industrieanschlüsse/Großwasserzähler, con_{GA} – Gewerbeanschlüsse/Großwasserzähler, $con_{ÖA}$-öffentliche Anschlüsse, Σcp_v – Wasserverbrauch durch: cp_{HA}-Haushalte, cp_{IA}-Industriekunden, cp_{GA}-Gewerbekunden, $cp_{ÖA}$-öffentliche Anschlüsse, bw_v – Menge transportiertes/ verteiltes Wasser durch andere.

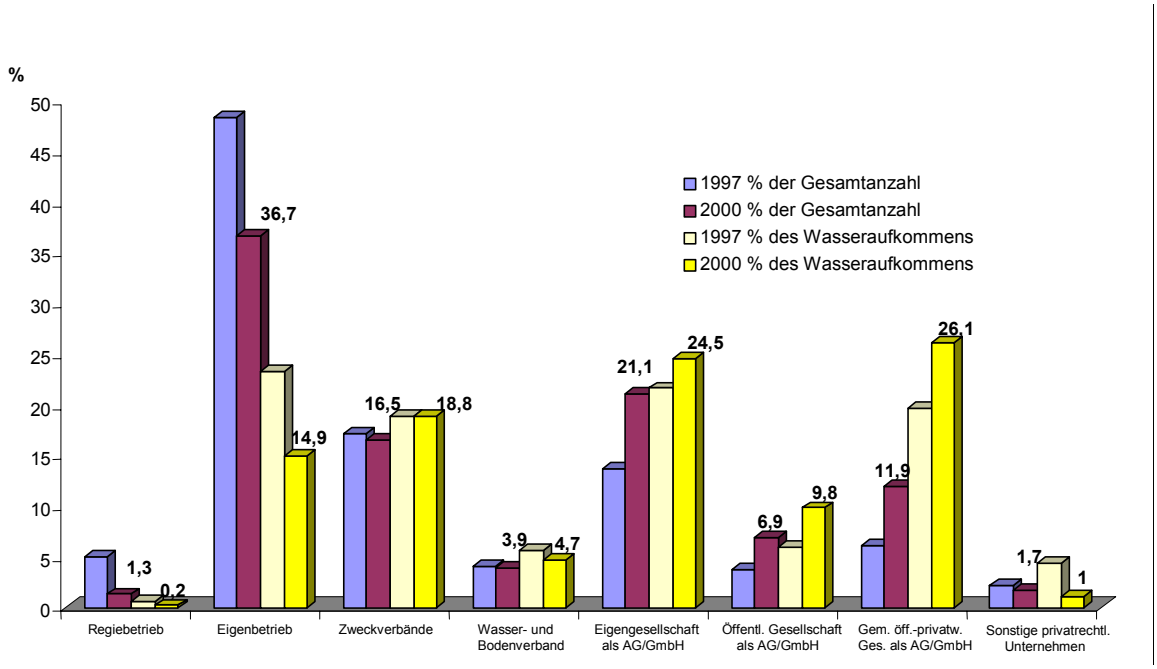
3 Die reale Organisation – das Beispiel Deutschland

Im folgenden Abschnitt soll die reale Organisation der Produktion und Versorgung mit Trinkwasser am Beispiel des deutschen Wassersektors betrachtet werden. Darüber hinaus sollen eventuelle Spezifika der Wasserversorgung in ländlichen Räumen herausgearbeitet werden.

3.1 Sektororganisation und -performanz

Der deutsche Wassersektor besteht auf der Angebotsseite aus einer Vielzahl sehr kleiner und weniger großer Versorgungsunternehmen, welche in unterschiedlichen Rechtsformen geführt werden. Wasserver- und Abwasserentsorgung erfolgen i. d. R. durch verschiedene und getrennte Unternehmen. *Abbildung 6* zeigt die Bedeutung der verschiedenen Unternehmensformen.

Abbildung 6: Unternehmensformen (1997, 2000)



Quellen: Eigene Hochrechnung auf der Basis der BGW-Statistiken 1997, 2000. Durch die 111. Statistik (1997) wurden rd. 25 % aller Unternehmen erfasst, durch die 112. Statistik (2000) rd. 16 %.

In Deutschland existieren mehr als 6.500 Versorgungsunternehmen, die insgesamt ca. 17.800 Wasserwerke betreiben.[8] Die Abwasserentsorgung erfolgt durch rd. 8.000 Betriebe mit insgesamt mehr als 10.000 Anlagen. In den neuen Ländern sind aus den ehemals 16 staatlichen Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsbetrieben (WAB) ca. 550 Wasserver- und ca.

[8] Die 1.650 größten Unternehmen versorgen rd. 83 % der Bevölkerung mit Trinkwasser.

1.000 Abwasserentsorgungsbetriebe hervorgegangen. Im Jahr 2000 wurden rd. 85 % der Wasserversorgungsunternehmen in öffentlich-rechtlicher Form betrieben, auf diese entfielen ca. 73 % der Wasserabgabemenge (1997: 52 %). Lediglich 1,7 % aller Unternehmen befinden sich vollständig in privatem Eigentum. Dennoch werden in den letzten Jahren zunehmend private Dritte in Form von Minderheitsbeteiligungen oder zeitlich befristeten Betreiberverträgen involviert. Die an Haushaltskunden und Kleingewerbe abgegebene Wassermenge belief sich in 2000 auf ca. 80 % der gesamten Wasserabgabe. Etwa 14 % wurde an Industriekunden abgegeben, ca. 6 % an andere Einrichtungen.

Die Wasserversorgung und die Abwasserbeseitigung gelten in Deutschland als Aufgabe der kommunalen Selbstverwaltung im Rahmen der Daseinsvorsorge nach Art. 28 GG.[9] Wettbewerb zwischen den Wasserversorgern existiert nicht, Pläne der Streichung der §§ 103 und 103a GWB wurden inzwischen wieder ad acta gelegt. Gebietsabsprachen und die Vergabe von exklusiven Wegerechten durch die jeweilige Kommune sind nach wie vor zulässig. Die Gemeindeordnungen aller Bundesländer beschränken die wirtschaftliche Betätigung kommunaler Unternehmen: die wirtschaftliche Tätigkeit muss einem öffentlichen Zweck dienen. Hieraus wird dann ein räumlicher Bezug zum jeweiligen Gemeindegebiet abgeleitet: den kommunalen Unternehmen wird der bisherigen Rechtslage folgend, ein ökonomisches Engagement auf anderen Märkten außerhalb ihres Gemeindegebietes untersagt.[10] *Abbildung* 7 skizziert den rechtlichen Rahmen der deutschen Wasserversorgung:

Abbildung 7: Rechtlicher Rahmen der Wasserversorgung in Deutschland

- Kartellrechtlicher Ausnahmebereich (§§ 103 GWB)
- Kommunale Selbstverwaltung
- Kommunalwirtschaftliches Örtlichkeitsprinzip
- Preisaufsicht (Kommunalaufsicht d. Länder, Kartellrechtl. Missbrauchsaufsicht)
- Regulierung der Trinkwasserqualität (TWV 1998 bzw. 2003, DIN 2000, Landesgesundheitsämter)
- Regulierung des Gewässerschutzes (Wasserhaushaltsgesetz, Landeswassergesetze, Wasserbehörden)

Quelle: Eigene Darstellung.

Vor dem Hintergrund dieser gesetzlich geschützten Monopole konnte ein flächendeckendes Versorgungssystem aufgebaut werden, welches qualitativ hochwertiges Wasser liefert. Eine Expertenkommission der Weltbank konnte diesen hohen 'Versorgungsnutzen' – v. a. im internationalen Vergleich – bestätigen.[11] Allerdings verweist dieser Bericht ebenso auf zentrale Strukturprobleme der deutschen Wasserwirtschaft, also auf die im internationalen Vergleich ebenso hohen 'Versorgungskosten': der hohe technische Standard und das hohe Qualitätsniveau werden mit vergleichsweise hohen Preisen 'erkauft'. Eine korrekte ökonomische Analyse und Bewertung der Effizienz der deutschen Wasserversorgung müsse sich allerdings (unter Berücksichtigung der jeweiligen Besonderheiten) auch an der 'internationalen Produktions- bzw. Effizienzgrenze' für Wasserversorgungsunternehmen orientieren (siehe BRISCOE 1995).

Im Vergleich zu anderen Infrastruktursektoren ist die tatsächliche Wettbewerbsintensität im Wassersektor äußerst gering. Auf der Basis von Wasserentnahmerechten haben Verbraucher

---

[9] Die Wasserversorgung gilt hierbei als eine wirtschaftliche, steuerpflichtige Tätigkeit, während die Abwasserentsorgung zu den hoheitlichen Aufgaben der Kommunen zählt.

[10] U. a. SCHEELE (2000) betont, dass die Auslegung der Gemeindeordnungen in diesem Zusammenhang sowohl aus ordnungspolitischer, ökonomischer als auch verfassungsrechtlicher Perspektive umstritten bleibt.

[11] Siehe BRISCOE (1995). Dieser Bericht stieß innerhalb der Wasserbranche auf heftige Kritik (siehe z. B. BARRAQUE 1998).

grundsätzlich die Möglichkeit einer Eigenver- wie -entsorgung, welche aufgrund von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen in erster Linie von großen industriellen Verbrauchern genutzt wird. Substitutionsmöglichkeiten in Form von Regenwasser- und/oder Mineralwassernutzung bzw. neue Versorgungstechnologien und alternative Brauchwassernetze für private Konsumenten sollten in ihrer realen Bedeutung nicht überschätzt werden (SCHEELE 2000a). Systematische und effektive nationale wie internationale Preis- und Leistungsvergleiche ('benchmarking') sind – auch vor dem Hintergrund fehlender Sanktionsmöglichkeiten – de facto nicht vorhanden. Jedoch steht mit der intensivierten kartellrechtlichen Preisaufsicht ein Instrument zur Mißbrauchsaufsicht zur Verfügung.[12] In der Abwasserwirtschaft wird aufgrund des novellierten § 18a Abs. 2 WHG der Wettbewerb um Konzessionen zunehmen. Auf der Großhandelsstufe der Wasserversorgung ist ein relativer Wettbewerb zwischen verschiedenen Fernversorgungsunternehmen[13] gegeben. Schließlich hat sich infolge der Liberalisierungsmaßnahmen im Strom- und Gasbereich der Beteiligungswettbewerb intensiviert: Energieversorger (u. a. RWE, EON) versuchen über den Erwerb von Stadtwerkeanteilen sich zu 'multi-utilities', mit einem umfassendem Ver- und Entsorgungsangebot, zu entwickeln.

Ländliche Wasserversorgung

Die Versorgung der ländlichen Bevölkerung mit Trinkwasser erfolgt ebenso im oben skizzierten rechtlichen Rahmen. Der OECD-Methodik zufolge (OECD 1994), leben fast 1 % der Bevölkerung der EU-15-Mitgliedsländer in ländlichen Gemeinden ('rural communities'). Hierdurch sind ca. 80 % des EU-Territoriums umfasst. Wendet man diese Methodik unter Zuhilfenahme der NUTS-Klassifikation[14] der EU auf die deutschen Bundesländer an, so lassen sich 60 'vorwiegend ländliche Regionen' ('predominantly rural regions') identifizieren (entsprechend NUTS-Level 3).

Die Bevölkerung dieser 60 ost- und westdeutschen Regionen lebt in 3632 Gemeinden und Städten, welche die Wasserversorgung als Teil der öffentlichen Versorgungsleistungen selbst organisieren (Eigenbetrieb, Regiebetrieb), sich mit anderen zu Versorgungskooperationen zusammengeschlossen haben (Wasserbeschaffungsverband, Zweckverband) oder durch angrenzende Versorger (meist größere Stadtwerke) versorgt werden. Schließlich lassen sich auf der Basis dieser Definition ca. 630 ländliche Wasserversorger in Ost- und Westdeutschland identifizieren (SAUER 2003a). Private Beteiligungen an ländlichen Versorgern bzw. eine vollständig privat organisierte Versorgung ländlicher Gebiete sind eher die Ausnahme (private Beteiligung an Stadtwerken oder Zweckverbänden).

3.1 Unternehmensorganisation, aggregierte Produktionsfunktion und Kostenfunktionen

Auf der Unternehmensebene ist die Organisation der Wasserversorgung in der Realität durch eine vollständige Integration der einzelnen Produktionsprozesse bzw. -stufen gekennzeichnet. Dies gilt für die weit überwiegende Mehrheit der Unternehmen (rund 84 %).

---

[12] Siehe z. B. das inzwischen mit einem Vergleich abgeschlossene Kartellverfahren nach § 103 GWB gegen die Stadtwerke Wiesbaden in 2000.

[13] Hier v. a. Bodenseewasserversorgung, Harzwasserwerke und Gelsenwasser.

[14] EUROSTAT (1999).

Abbildung 8: Unternehmensorganisation im deutschen Wassersektor

	Vertikal desintegriert		Vertikal integriert		Vertikal desintegriert
	Nur Wasser-förderung	Wasserförde-rung & -bezug	Wasserförde-rung und Verteilung	Wasserförde-rung & -bezug und Verteilung	Nur Verteilung
%	1,82	1,37	32,70	51,37	12,75

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis BGW, 2001.

Abbildung 8 zeigt deutlich, dass eine getrennte Organisation der Wasserförderung nur eine Minderheit der Unternehmen (Fernwasserversorger) betreiben (ca. 1,8 %). Immerhin ca. 12,7 % aller Unternehmen sind nur in der Endkundenverteilung engagiert. Der typische Wasserversorger im deutschen Wassersektor ist folglich durch eine integrierte Organisation aller Produktionsstufen gekennzeichnet.

Ländliche Wasserversorger weisen demgegenüber einen noch höheren Anteil an vollständiger Integration aller Produktionsstufen auf (rund 95 %). *Abbildung 9* weist desweiteren lediglich ca. 3,4 % aller ländlichen Wasserversorger als ausschließliche Endkundenverteiler und nur ca. 1,7 % als ausschließliche Wasserförderer aus. Auffällig ist, dass ländliche Versorger mit überdurchschnittlicher Häufigkeit dem Modell eigene Wasserförderung plus Endkundenverteilung folgen, hier ca. 55,2 % der Fälle (im Vergleich zu rund 33 % des gesamten Sektors, siehe *Abbildung 8*).

Abbildung 9: Unternehmensorganisation in der ländlichen Wasserversorgung

	Vertikal desintegriert		Vertikal integriert		Vertikal desintegriert
	Nur Wasser-förderung	Wasserförde-rung & -bezug	Wasserförde-rung und Verteilung	Wasserförde-rung & -bezug und Verteilung	Nur Verteilung
%	1,72	0,00	55,17	39,66	3,45

Quelle: Eigene Berechnungen

Die Wasseraufbereitung ist im deutschen Wassersektor an die Wasserförderung gekoppelt. Unternehmen, welche ausschließlich Wasser aufbereiten, sind nicht bekannt. Dementsprechend ist ebenso der Transport von aufbereitetem Wasser in den überwiegenden Fällen an die Endverteilung gekoppelt. Dennoch existieren vereinzelt Fernwasserversorgungsunternehmen, die auch ländliche Versorgungsgebiete mit aufbereitetem Wasser beliefern. welches schließlich durch den jeweiligen Versorger an die Endkunden verteilt wird. Die allgemeine Produktionsfunktion eines typischen (ländlichen) Wasserversorgers kann schließlich auf der Basis der Subfunktionen *[2.1]* bis *[2.4]* und *[2.8]* wie folgt beschrieben werden:

$$
\begin{aligned}
y_{wv} = y_g + y_a + y_s + y_T + y_v &= f_g\,(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_{eg}, c_g, rw_{gw}, rw_{suf}, rw_{sag}, rw_{qw}, b_{wg}, d_g, l_g,\\
&pu_g, \Sigma_{i=1}^{n} z_i, \Sigma_{j=1}^{m} t_j) + f_a\,(k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea}, c_a, \Delta q_a, l_a, pu_a, \Sigma_{o=1}^{r} w_{ao}, bw_a, \Sigma_{i=1}^{n} z_i, \Sigma_{j=1}^{m} t_j)\\
&+ f_s\,(k_s, x_{ms}, x_{ls}, x_{es}, c_s, l_s, d_s, pu_s, \Sigma_{o=1}^{r} w_{so}, \Sigma_{i=1}^{n} z_i, \Sigma_{j=1}^{m} t_j) + f_T\,(k_T, x_{mT}, x_{lT}, x_{eT}, c_T, l_T,\\
&\Sigma_{o=1}^{r} le_{To}, d_T, pu_T, w_{Tv}, \Sigma_{\eta=1}^{w} cp_{T\eta}, bw_T, \Sigma_{i=1}^{n} z_i, \Sigma_{j=1}^{m} t_j) + f_v\,(k_v, x_{mv}, x_{lv}, x_{ev}, c_v, l_v,\\
&\Sigma_{o=1}^{r} le_{vo}, d_v, pu_v, w_{vv}, \Sigma_{u=1}^{s} con_{vu}, \Sigma_{\eta=1}^{w} cp_{v\eta}, bw_v, \Sigma_{i=1}^{n} z_i, \Sigma_{j=1}^{m} t_j)\\
&= f_{wv}\,(k_{wv}, x_{ewv}, x_{mwv}, x_{lwv}, c_{wv}, \Sigma_{\zeta=1}^{\iota} rw_{wv\zeta}, bw_{wv}, d_{wv}, l_{wv}, pu_{wv}, \Delta q_a, \Sigma_{o=1}^{r} w_{wvo},\\
&\Sigma_{v=1}^{\tau} w_{vwv\tau}, \Sigma_{o=1}^{r} le_{wvo}, \Sigma_{u=1}^{s} con_u, \Sigma_{\eta=1}^{w} cp_\eta) \qquad [3.1]
\end{aligned}
$$

mit: y_{wv} – Menge des versorgten Wassers, x_{ewv} – Energie, x_{mwv} – Material, x_{lwv} – Personal, k_{wv} – Kapitalbestand/-stock, c_{wv} – Kosten der Wasserversorgung, $\Sigma w_{wv\zeta}$ – Menge Wasser gewonnen aus: rw_{gw} – Grundwasser, rw_{suf} – Menge Oberflächenwasser-Uferfiltrat, rw_{sag} – Menge Oberflächenwasser-angereichertes Grundwasser, rw_{qw} – Menge Quellwasser, bw_{wv} – Men-

ge bezogenes Wasser, d_{wv} – Höhenmeter insgesamt/Höhentransport, l_{wv} – Längentransport, pu_{wv} – Menge gepumpt, Δq_a – Veränderung Verschmutzungsindex, Σw_{wv} – Menge des aufbereiteten Wassers mittels der Technik: z. B. w_{FL}-Flockung, w_{FI}-Filtration, w_{BLU}-Bodenpassage, Langsamsandfilter, Uferfiltrat, w_{BOO}-Sandfang, w_{pH}-Ziel-pH-Werterreichung, w_{DUV}-Desinfektion, Σw_{vwv} – Menge Wasserverlust: beim Transport, bei der Verteilung, Σle_{wv} – Transportnetz aus: z. B. le_{Tg}-Gußeisen, le_{Ts}-Stahl, le_{Tz}-zementgebundene Werkstoffe, Σcon – Anzahl der Anschlüsse/Wasserzähler in Form von: con_{HA}-Hausanschlüsse, con_{IA}-Industrieanschlüsse/Großwasserzähler, con_{GA}-Gewerbeanschlüsse/Großwasserzähler, $con_{ÖA}$-öffentliche Anschlüsse, Σcp – Wasserverbrauch durch: cp_{HA}-Haushalte, cp_{IA}-Industriekunden, cp_{GA}-Gewerbekunden, $cp_{ÖA}$-öffentliche Anschlüsse,

bzw. aggregiert:

$$Y_{wv} = F\,(X_{wv}, C_{wv}, Z_{wv}) \qquad [3.2]$$

mit: Y_{wv} – Menge des versorgten Wassers, X_{wv} – fixe und variable Inputs[15], C_{wv} – Kosten der Wasserversorgung und Z_{wv} – exogene Faktoren. Hierbei bezeichnet Z_{wv} die Summe der die Produktion beeinflussenden exogenen Faktoren wie v.a. Qantität und Qualität der Wasserressourcen und Größe und Art des zugewiesenen Versorgungsgebiets.

Die zu *[3.2]* korrespondierende Kostenfunktion lautet dann:

$$C_{wv} = F\,(Y_{wv}, W_{wv}, Z_{wv}) \qquad [3.3]$$

mit: Cwv – Kosten der Wasserversorgung , Y_{wv} – Menge des versorgten Wassers, W_{wv} – Preise der Inputs und Z_{wv} – exogene Faktoren.

[3.2] entspricht einer primalen Produktionsfunktion nach:

$$Y = F\,(X) = F\,(X_1, \ldots, X_n) \qquad [3.4]$$

mit: *F(X)* als eine zweimal stetig differenzierbare, streng konvexe und homothetische Funktion mit einer endlichen Anzahl an Inputs *(X_n)* welche jeweils ein streng positives Grenzprodukt aufweisen (see CHAMBERS 1988; BERNDT und CHRISTENSEN 1973).

Bzw. *[3.3]* einer zu *[3.4]* dualen Kostenfunktion (siehe auch *Appendix A.2*)[16] nach:

$$C = F\,(W, Y) = H\,(Y)\,G\,(W_1, \ldots, W_n) \qquad [3.5]$$

mit: *H(Y)* als Funktion des Outputs und *G(W_1, ..., W_n)* als Funktion der n-Inputpreise. Gemäß dieser Dualität der Produktions- und Kostenfunktion können die Eigenschaften der Produktionsfunktion auf die Kostenfunktion übertragen werden und umgekehrt. Anhand empirisch ermittelter Kostenfunktionen lassen sich so die Eigenschaften der Produktionsfunktion eines Wasserversorgungsunternehmens erschließen.

Unter der Annahme, dass ein Wasserversorgungsunternehmen die eingesetzten Inputs im Sinne einer Minimierung der langfristigen Produktionskosten wählt:

---

[15] Als fixer Input wird im Folgenden Kapital i. S. von Anlagevermögen verstanden. Investitionen bezeichnen demzufolge die Ausgaben für diesen fixen Input (periodenlängenabhängig). Als variable Inputs werden im Folgenden Material, Energie und Personal verstanden. Ausgaben für diese i. S. von 'current input' (laufender Faktoreinsatz) als Kosten der variablen Inputs verstanden.

[16] Zum Theorem der Dualität in der Produktionstheorie siehe z. B. erschöpfend CHAMBERS (1988, S. 82ff.), jüngst MUNDLAK (2001, S. 28ff.) und historisch JORGENSEN (1986). Diesem zufolge, kann die der primalen Produktionsfunktion neben den Faktormengen zugrundeliegende Produktionstechnologie durch eine duale Funktion wie die durch Faktorpreise und Output charakterisierte Kostenfunktion angemessen beschrieben werden. Zum Beweis des Dualitätstheorems auf der Basis des *MINKOWSKI*-Theorems siehe SHEPHARD (1953) oder DIEWERT (1971).

$$\min_{xwv \geq 0} \Sigma\, w_i x_i \qquad [3.6]$$

mit: x_{wv} als Inputs Kapital, Arbeit, Energie und Material und w_i als Preis des Inputs x_i.

so dass:

$$F(X) = F(X_{wv}, C_{wv}, Z_{wv}) = f(y, x; Z) = 0 \qquad [3.7]$$

läßt sich die langfristige Kostenfunktion C_{lr} *[3.8]* formulieren:

$$C_{lr}(y, w; Z) = \Sigma_i\, w_i x_i(w, y; Z) \qquad [3.8]$$

mit C_{lr} als nicht-negative und für $y \geq 0$ und $w >> 0$ zunehmende, homogen vom Grad 1, konkave und für w stetige Funktion und $i = K, L, E, M$.

Im Hinblick auf den quasi-fixen Inputfaktor Kapital (Aufbereitungsanlagen, Transport- und Verteilungsnetz) kann desweiteren die kurzfristige Kostenfunktion C_{sr} *[3.11]* mittels Minimierung des Vektors variabler Inputs nach:

$$\min_{xvwv \geq 0} \Sigma\, w_{i'} x_{i'} \qquad [3.9]$$

mit x_{vwv} als Vektor der variablen Inputs Arbeit, Energie und Material und w_i als Preis des Inputs x_i, so dass:

$$f(y, x_v, x_k; Z) = 0 \quad \text{und} \quad x_k = K \qquad [3.10]$$

formuliert werden:

$$C_{sr}(y, w_v, w_k; K, Z) = \Sigma_{i'}\, w_{i'} x_{i'}(w_V, y; K, Z) + w_k K =$$
$$VC(w_v, y; K, Z) + FC \qquad [3.11]$$

mit $w_v = (w_L, w_E, w_M)'$ als Vektor variabler Inputpreise, *VC* als variable Kosten (mit der zusätzlichen Eigenschaft: nicht-zunehmend im Hinblick auf *K*) und *FC* als fixe Kosten.

Die langfristige Kostenfunktion *[3.8]* kann aus der kurzfristigen Kostenfunktion *[3.11]* abgeleitet werden, sofern diese für Kapital minimiert wird.[17]

4 LIBERALISIERUNGSDISKUSSION – VERSCHIEDENE MODELLE

Infolge einer Weiterentwicklung der Wettbewerbs- und Regulierungstheorie und den Erfahrungen mit den Liberalisierungsmaßnahmen in anderen Infrastruktursektoren werden inzwischen verschiedenste Modelle auch für die Organisation der Wasserversorgung diskutiert (siehe v. a. EWERS et al. 2001; FRENZ 2002; MANKEL und SCHWARZE 2000; SAUER und STRECKER 2003; SCHEELE 2000a, 2002)[18]. Nach einer überblicksartigen Darstellung der wesentlichsten Modelle soll hier v. a. die Option einer Desintegration der einzelnen Produktionsstufen diskutiert werden.

---

[17] Die Modellierung der Wasserversorgung als Mehrproduktunternehmung (siehe z. B. KIM und CLARK 1988, hier werden die Produkte Wasser für Haushaltskunden und Wasser für Industriekunden unterschieden) erscheint für die ländliche Wasserversorgung (rd. 85 % Wasser für Haushaltskunden in 2000/2001) als nicht relevant.

[18] Hintergrund sind vor allem die folgenden Faktoren: die Weiterentwicklung von Wettbewerbs- und Regulierungstheorie im Hinblick auf die Besonderheiten ehemaliger GWB-Ausnahmebereiche, eine konkretere Fassung der Regulierungsanforderungen, Liberalisierungserfahrungen im Energie- und im Telekommunikationsektor sowie internationale Liberalisierungserfahrungen in der Wasserwirtschaft (hier v. a. England, Frankreich).

4.1 Wettbewerb um den Markt: Ausschreibungswettbewerb

Wettbewerb um den Markt bezeichnet die regelmäßige Ausschreibung des Rechts zur Wasserversorgung im jeweiligen Versorgungsgebiet. Dieser Ansatz ist mittlerweile zum dominierenden Wettbewerbsmodell in der Wasserwirtschaft geworden und hat vor allem in Frankreich eine lange Tradition. Große französische Unternehmen wie Vivendi oder Lyonnaise des Eaux haben das Modell des Ausschreibungswettbewerbs zudem mit der Unterstützung internationaler Entwicklungsinstitutionen in andere Länder exportiert. Auch ländliche Versorgungsgebiete werden nach diesem Modell bewirtschaftet. Im deutschen Wassermarkt wurden Ausschreibungsmodelle bisher vor allem im Abwasserbereich angewandt. Experten gehen davon aus, dass in Folge der sog. niedersächsischen Betreibermodelle Kosteneinsparungen von bis zu 50 % im Vergleich zur Planung des jeweiligen öffentlichen Unternehmens realisiert wurden. Dennoch gilt die mangelnde Kontroll- und Durchsetzungsmacht der Kommunen gegenüber den privaten Betreibern als ein zentraler Erfolgsfaktor. Ungeachtet der beschriebenen Probleme stellen die Modelle des Wettbewerbs um den Markt nach Meinung vieler Experten die vielversprechendste Wettbewerbslösung für den deutschen Wassermarkt dar. Für diese Lösung sprechen insbesondere die Abwesenheit von technischen Problemen und die relative Planungssicherheit für die Unternehmen, die diese für eine Amortisation der i. d. R. hohen Investitionen benötigen.

4.2 Wettbewerb im Markt: Durchleitungswettbewerb

Wettbewerb mittels Durchleitung ('common carriage') erfordert keine Desintegration und keinen Neubau von parallelen Versorgungsnetzen. Ein bereits angeschlossener Verbraucher vereinbart die Versorgung durch ein anderes Versorgungsunternehmen, wobei das in der betreffenden Region Netz betreibende Unternehmen diesem Versorger ein Durchleitungsrecht zu festgelegten Konditionen zu gewähren hat. Während in anderen Infrastruktursektoren wie z. B. der Stromversorgung der Wettbewerb mittels Durchleitung schon seit längerem praktiziert wird, ist eine vergleichbare Entwicklung in der Wasserwirtschaft noch nicht absehbar. Verantwortlich dafür sind insbesondere die nicht vorhandenen technischen Voraussetzungen auf Grund der vielfach fehlenden Verbundnetze und der Probleme bei der Mischung unterschiedlicher Wasserqualitäten. Ein umfassender Wettbewerb im Markt ist hinsichtlich seiner Realisierbarkeit umstritten und erscheint aus heutiger Sicht wenig wahrscheinlich. Neben den technischen Problemen haben die Netzbetreiber zudem wenig Anreize, potenziellen Wettbewerbern den Zugang zu ihren eigenen Anlagen zu gewähren, und sei es nur zur Verhinderung bzw. Verzögerung des drohenden Wettbewerbs. Aus diesem Grund ist eine Kontrolle durch eine Regulierungsbehörde nötig.

4.3 Wettbewerb mittels 'Yardstick'-Regulierung durch die Ermittlung einer Effizienzgrenze

Die 'Yardstick'-Regulierung zielt darauf, den Versorgern ökonomische Anreize für eine effiziente Versorgung zu geben, indem sie auf eine Abhängigkeit der Preise des regulierten Unternehmens von seinen individuell beeinflussbaren Kosten verzichtet. Vielmehr wird die wirtschaftliche Leistung jedes Versorgers im Vergleich zu den an Hand eines Benchmarkings ermittelten Leistungen anderer Versorger bewertet und durch die Regulierung entsprechend ökonomisch belohnt oder sanktioniert. Als Referenzmaßstäbe können Daten des effizientesten Anbieters, der Branchendurchschnitt oder eine statistisch generierte 'Effizienzgrenze' dienen (CLAUSEN und SCHEELE 2002). Unabdingbar für eine funktionierende 'Yardstick'-Regulierung sind eine umfassende Datenerhebung sowie die Bildung vergleichbarer Kennzahlen (Benchmarks) für zumindest eine repräsentative Auswahl an Wasserversorgern. Hierbei müssen alle

externen Unterschiede, wie z. B. die Dichte des Versorgungsgebietes (siehe *[2.6]*) oder die Herkunft des Rohwassers, einbezogen werden (siehe *Abschnitt 2.1*)[19].

Der festzusetzende Preis (p_i in *[4.1]*) bemisst sich am Durchschnitt der Stückkosten aller Unternehmen[20] im Markt, also:

$$p_i = 1/(N - 1)\ \Sigma_k\ ATC_k \qquad [4.1]$$

mit: N der Anzahl aller Vergleichsunternehmen und ATC_k als durchschnittliche totale Kosten des k-ten Unternehmens.[21]

Auch im Hinblick auf ländliche Wasserversorger könnte die Regulierung in der Form statistisch generierter 'Yardsticks' (dt.: etwa Maßstab) eine Alternative für die Zukunft darstellen. Voraussetzung hierfür ist allerdings die Verfügbarkeit technischer wie finanzieller Daten eines vergleichbaren Querschnittssamples an ländlichen Wasserunternehmen. Darüber hinaus muss eine statistische Auswertung dieser unter Berücksichtigung unternehmensindividueller Besonderheiten z. B. mittels einer 'Stochastic Frontier Analyse' (SFA) auf der Basis von *[4.2]* erfolgen:

$$C = F\ (Y, W, Z)\ \exp(\varepsilon) \qquad [4.2]$$

mit: C als Gesamt- oder Betriebskosten der Wasserversorgung, Y als Outputvektor für die Wassermenge, W als Vektor für die Inputpreise wie Material, Energie und Personal sowie Z als Vektor für alle relevanten exogenen Variablen die die unternehmens-individuellen Kosten beeinflussen wie in *[2.8]* enthalten. ε stellt den Fehlerterm dar.

Der systematische Teil von *[4.2]* stellt die 'Kostengrenze' dar, welche die minimalen Kosten zur Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Transport und Verteilung der Wassermenge bestimmt, die bei den exogenen Inputpreisen für Material, Energie und Personal sowie den jeweils relevanten Kontrollvariablen wie z. B. Versorgungsdichte, Rohwasserherkunft, Wasserverbrauch, aber auch Eigentumsform und gewährte Fördermittel erzielt werden können. Der Fehlerterm kann nach *[4.3]* zerlegt werden:

$$\varepsilon_i = u_i + \upsilon_i \qquad [4.3]$$

mit: $u_i \geq 0$. υ_i stellt 'stochastic noise' (u.a. Datenerhebungs- und Spezifikationsfehler und andere zufällige Einflüsse wie z. B. Wettereinflüsse) für Versorger i dar und folgt annahmegemäß (iid) einer Normalverteilung nach $N(0, \sigma^2_\upsilon)$. u_i repräsentiert schließlich die Kostenineffizienz des jeweiligen Versorgers und ist annahmegemäß unabhängig von υ_i und den Regressoren.[22] Die betriebliche Ineffizienz wird schließlich als:

$$Ineff_i = E\ (-u_i) \qquad [4.4]$$

ausgewiesen. SAUER (2004) hat die Schätzung einer solchen Effizienzgrenze für ländliche Versorger zum Ziel.

---

[19] Die Schaffung des beschriebenen 'Wettbewerbs-Surrogats' schafft für jeden Anbieter einen Anreiz zur Kostenminimierung und sorgt im Idealfall für eine schrittweise Annäherung der Wasserpreise an die minimalen Durchschnittskosten. Entsprechendes Verhalten der Unternehmen vorausgesetzt, strebt die 'Yardstick'-Regulierung damit dem Kostenminimum entgegen. Neben den Auswirkungen auf die statische Effizienz der Unternehmen wird dabei auch ihre dynamische Effizienz in Form der unternehmerischen Innovations- und Investitionstätigkeit sowie der produzierten Trinkwasserqualität positiv beeinflusst.

[20] Beim kartellrechtlichen Preisvergleich am Minimum der Stückkosten.

[21] Siehe hierzu auch SCHWARZE (2003).

[22] Zur Diskussion um die angemessene Verteilungsannahme für u_i siehe v. a. AIGNER et al. 1977; GREENE 1999; MEEUSEN und VAN DEN BROECK 1977.

4.4 Wettbewerb an den Grenzen der Versorgungsgebiete: Einsetzungsverträge

Angesichts hoher Transportkosten und der technischen Probleme der Durchleitung erscheint der Wettbewerb an der Grenze von Versorgungsgebieten mit Hilfe der Verlegung von Stichleitungen als ökonomisch sinnvolle Alternative. Der Wasserabnehmer – hauptsächlich Großkunden mit einem Verbrauch von mehr als 100.000 m^3 pro Jahr, die einen neuen oder zusätzlichen Standort wählen – vereinbart in diesem Fall mit einem Versorgungsunternehmen aus einem angrenzenden Versorgungsgebiet einen langfristigen Wasserliefervertrag. In England wird diese Art des Wettbewerbs im Rahmen von sog. 'inset appointments' bereits praktiziert.[23] Auf Grund der hohen Kosten für die Verlegung der Stichleitung ist diese Art von Wettbewerb aber vorrangig in der Nähe der Grenzen der Versorgungsgebiete von verschiedenen Wasserversorgern denkbar (sog. 'cross border competition'). Das Wettbewerbspotenzial wird folglich durch die vorhandene Siedlungsstruktur bestimmt und gleichzeitig begrenzt. Diese Liberalisierungsoption dürfte für ländliche Versorgungsgebiete vor allem im Hinblick auf angesiedelte Großunternehmen interessant sein. In den überwiegenden Fällen ländlicher Gebiete fehlen jedoch gerade diese.

4.5 Desintegration auf Unternehmensebene – Die Trennung von Netz und Betrieb

Wie die anschließende Diskussion des Gutscharakters der Wasserversorgung noch zeigen wird (siehe *Kapitel 5*), kann, trotz Skaleneffekte und sinkenden Durchschnittskosten im Rohrleitungsbereich, das Monopol durch eine vertikale Desintegration – die Trennung von Gewinnung, Aufbereitung, Transport und Verteilung – auf das Verteilungsnetz begrenzt werden. Das sog. 'Poolmodell' (siehe *Abbildung 10*) beinhaltet demzufolge ein staatliches oder reguliertes privates Netzmonopol, welches die Verbindung zwischen Erzeugern und Verteilern herstellt. In der Elektrizitätswirtschaft verschiedener Länder wird dies bereits angewandt.[24] In Großbritannien wird eine Ausweitung dieses Modells auf die Wasserwirtschaft geprüft.

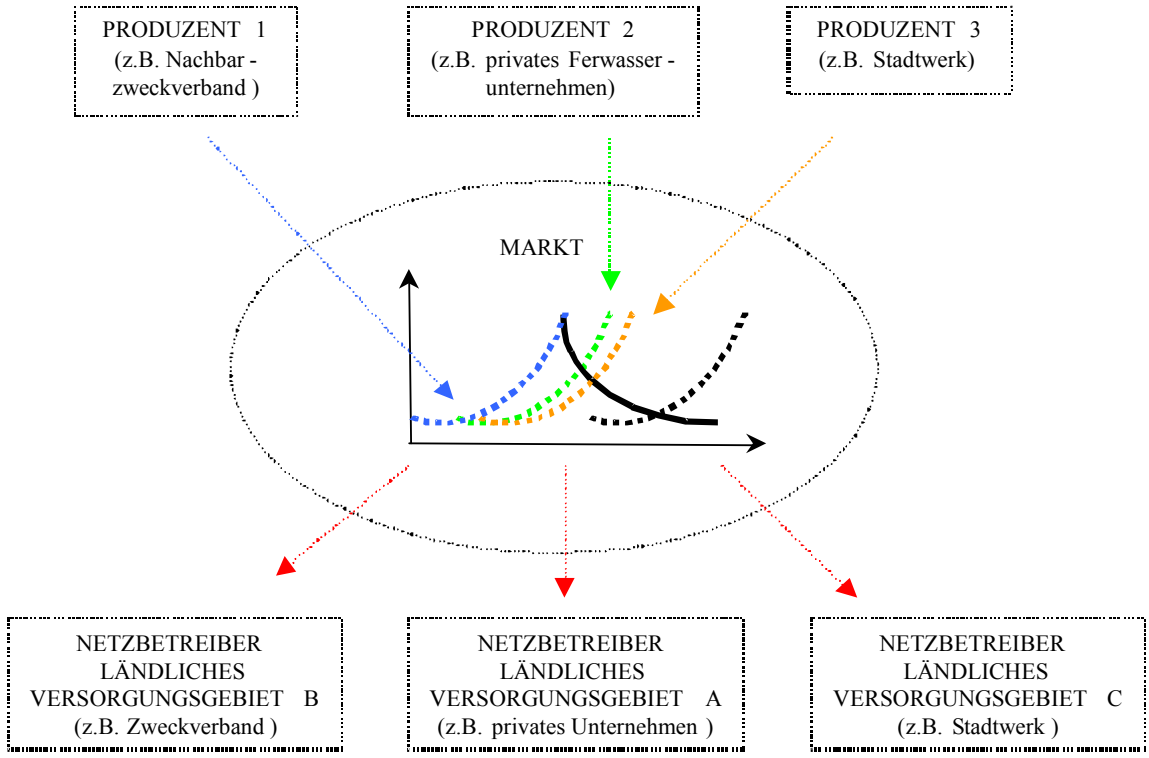
Wie *Abbildung 10* zeigt, könnten demnach verschiedene Versorger aufbereitetes Wasser als Produkt unter Wettbewerbsbedingungen anbieten. Dieses Trinkwasser wird dann von rechtlich selbständigen ländlichen Verteilerunternehmen (Kommunen, Zweckverbände, Stadtwerke usw.) zu Marktkonditionen erworben und an die jeweiligen Endkunden im Versorgungsgebiet verteilt. Das Verteilungsnetz wird durch ein staatliches oder reguliertes privates Netzmonopol hergestellt.

---

[23] Bislang wurden rund ein Dutzend Einsetzungsverträge von der zuständigen Regulierungsbehörde 'Office of Water Regulation' (OFWAT) genehmigt und das Interesse der Versorger an der Belieferung von Großkunden außerhalb ihrer eigenen Versorgungsgebiete nimmt weiter zu.

[24] Zum Beispiel in England/Wales, Norwegen, Australien und Neuseeland.

Abbildung 10: Das 'Pool-Modell' in der ländlichen Wasserversorgung



Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der hohen Kosten eines Wassertransports über lange Strecken dürfte der Nutzen einer nationalen Vernetzung allerdings gering sein.[25] Jedoch ist die Organisation regionaler Wassermärkte mittels des Poolmodells denkbar und könnte zu Effizienzgewinnen führen. Dieses Wettbewerbsmodell setzt grundsätzlich eine totale bzw. partielle Desintegration der einzelnen Produktionsstufen auf Unternehmensebene voraus.

5 Die optimale Organisation der Wasserversorgung

An diesem Punkt der Analyse der Organisation der ländlichen Wasserversorgung stellt sich die Frage, welche ökonomischen Argumente für die eine oder andere Organisationsform geltend gemacht werden können. Diese hat sich neben den technischen und hydrologischen Gegebenheiten zuallererst an den grundlegenden ökonomischen Gutseigenschaften und Charakteristika der Produktions- bzw. Kostenfunktion eines Wasserversorgers zu orientieren: "The logic of economics emphasizes private resource allocation decisions if the conditions required for a smoothly functioning market system exist. These conditions involve both the nature of goods being traded and the characteristics of the markets within which the trades occur." (Young und Haveman 1995, S. 468). Entsprechend soll im Folgenden zunächst nochmals ein Rückgriff auf die grundlegenden Eigenschaften der Ressource getätigt werden, um schließlich die hierauf aufbauenden ökonomischen Aspekte der Angebotsorganisation zu diskutieren. Abschließend wird die optimale ökonomische Organisation erörtert.

---

[25] Mankel und Schwarze (2000) weist auf die technisch-physikalischen Probleme (Druckausgleich, Durchmischung) bei der gemeinschaftlichen Netznutzung hin, betont jedoch, dass trotz vergleichbarer Probleme im Strommmarkt dort Wettbewerb erfolgreich organisiert werden konnte.

5.1 Grundlegende Eigenschaften und Charakteristika der Ressource Wasser

In Anlehnung an BOWER (1963) sowie YOUNG und HAVEMAN (1995) können als primäre physische Gutseigenschaften, welche in der Vergangenheit neben den im Anschluss diskutierten ökonomischen Besonderheiten für eine staatliche Intervention ins Feld geführt wurden, die folgenden Charakteristika genannt werden:

Mobilität: "Water tends to flow, evaporate, seep, and transpire" (YOUNG und HAVEMAN 1995, S. 469). Diese natürlichen, physikalischen Eigenschaften infolge des hydrologischen Zyklus erschweren die Identifikation und Messung der Ressource. Folglich erscheint die Zuschreibung und Durchsetzbarkeit von Eigentumsrechten als Basis einer marktlichen Handelbarkeit schwierig.

Hydrologischer Zyklus – Angebotsvariation: Das natürliche Wasserangebot variiert im Hinblick auf Zeit, Raum und Qualität. Der jährliche Zyklus aus Niederschlag und Verdunstung macht Speicherungskapazitäten zur Glättung des Angebots nötig (siehe *Appendix A.1*). Die Extreme der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Wasserverfügbarkeit markieren Dürreperioden und Überflutungen.

Chemische Löslichkeit: Die Eigenschaften im Hinblick auf die Lösbarkeit verschiedenster Abfall- und Verschmutzungsstoffe machten neben der Berücksichtigung von mengenmäßigen Charakteristika ebenso die Qualität des Wassers zu einer Facette des ökonomischen Konsumbegriffs.

Sequenzielle Nutzung: Nur selten wird Wasser vollständig durch eine Nutzungsart bzw. einen Nutzer vollständig verbraucht. Beispielsweise kann die Nutzung von Flusswasser im Hinblick auf Menge und Qualität Konsumeinschränkungen für weitere Nutzer flussabwärts bedeuten.

Komplementäre Nutzung: Wasser kann Nutzen in mehrererlei Hinsicht schaffen: "A reservoir can store water for flood control, irrigation, power generation, municipal demands, and recreation." (YOUNG und HAVEMAN 1995, S. 469).

Massigkeit: Der Wert einer Gewichts- oder Volumeneinheit an Wasser ist gewöhnlich sehr gering, so dass die Kosten des Transports und der Speicherung von Wasser im Verhältnis zum Wert am Ort des Konsums sehr hoch sind.

Mischung verschiedener Wässer: Die Mischung verschiedener Wässer zum gemeinsamen Transport unterliegt vielfältigen technisch-physikalischen Gesetzmäßigkeiten, wie z. B. den Gesetzen des Druckausgleichs oder Problemen bei der Durchmischung von Wässern (Reinfektion, Korrosion).

Kulturelle und soziale Werte: Neben Effizienz- und Produktivitätsgesichtspunkten werden vor dem Hintergrund der grundlegenden biologischen, chemischen und physikalischen Bedeutung in nahezu allen Gesellschaften weitere kulturelle und soziale Werte mit der Ressource Wasser verbunden und dementsprechend politisch manifestiert. BOULDING (1980, S. 302) bemerkt, dass "the sacredness of water as a symbol of ritual purity exempts it in some degree from the dirty rationality of the market."

5.2 Economies of Scale

Die meisten Ökonomen in Theorie und Praxis gehen von umfangreichen Skaleneffekten im Verlauf des Produktionsprozesses der Wasserversorgung aus (siehe z. B. KIM und CLARK 1988;

BHATTACHARAYYA et al. 1995a; EWERS et al. 2001; SCHEELE 2000b).[26] Jedoch besteht kein Konsens über die Reichweite dieser im Hinblick auf die Produktionsfunktion. Als technologische Restriktion für eine Wettbewerbslösung können economies of scale nach PANZAR (1989) im Mehrproduktfall eines vertikal integrierten Wasserversorgers am Punkt $(x, y) \varepsilon T$ wie folgt beschrieben werden:

$$S\,(x, y) = - [\Sigma_{i=1}^{n} x_i\,(d\varphi/dx_i)] / [\Sigma_{i=1}^{n} y_i\,(d\varphi/dy_i)] \qquad [5.1]$$

mit x_i = Kapital k_i, Arbeit x_{li}, Energie x_{ei} und Material x_{mi} und y_i als die Produkte aus Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung: y_g, y_a, y_s, y_T und y_v. T bezeichnet hier eine am Punkt (x, y) zweimal stetig differenzierbare Transformationsfunktion $\varphi(x, y)$, in x_i und y_i für $y_i > 0$. Skalenerträge können als (lokal) zunehmend, konstant oder abnehmend bezeichnet, wenn S entsprechend größer, gleich oder kleiner als 1 ist. Für die duale Kostenfunktion kann alternativ für jeden Outputvektor y mit den Inputpreisen w formuliert werden:

$$S\,(y, w) = C\,(y, w) / [\Sigma_{i=1}^{n} y_i\,C_i\,(y, w)] \qquad [5.2]$$

Im Einproduktfall ('Eingüter-Fall') desintegrierter Wasserversorgungsunternehmen reduziert sich *[5.1]* auf die Skalenelastizität $e(x)$:[27]

$$e\,(x) = \Sigma_{i=1}^{n} x_i\,f_i\,(x) / f\,(x) \qquad [5.3]$$

und alternativ *[5.2]* zu *[5.4]*:

$$S = C / yC' = AC / MC \qquad [5.4]$$

als das Verhältnis der Durchschnittskosten *(AC)* zu den marginalen Kosten *(MC)*. Da $dAC/dy = (MC - AC) / y$, liegen steigende, konstante oder sinkende Skalenerträge bei einem negativen Differentialquotienten dAC/dy, einem Wert gleich 0 bzw. einem positiven Differentialquotienten vor.

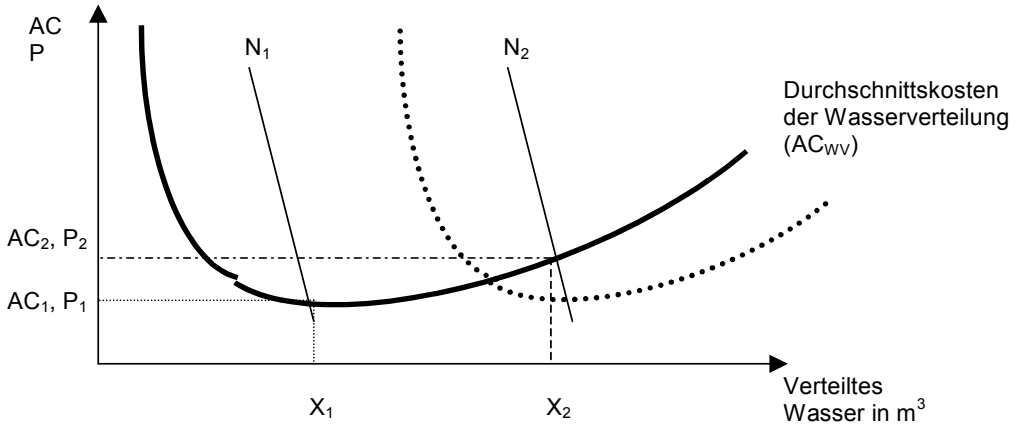
Die Produktionsstufe der Wasserverteilung ist durch die 'Unteilbarkeit' des Leitungsnetzes gekennzeichnet. Diese resultiert aus technischen Gegebenheiten (Variation der Leitungskapazität nur in größeren Sprüngen möglich, 'der erste gelieferte m^3 Wasser benötigt dasselbe vollständige Leitungsnetz bis zum Endverbraucher wie auch der 1000ste gelieferte m^3 Wasser') und führt zu sinkenden Durchschnittskosten infolge von Größenvorteilen. Solche economies of scale beruhen im Bereich der Wasserverteilung u. a. auf 'Mindesteinsatzmengen' der Leitungsrohre: bei einer Erhöhung der durchgeleiteten Wassermenge verteilen sich die Kosten für die Leitungen auf eine größere Outputmenge (sog. 'Fixkosten-Degression'). Desweiteren auf der (ingenieurwissenschaftlichen) 'Zwei-Drittel-Regel': eine Verdoppelung der Rohrkapazität (bis zu einer bestimmten Obergrenze) ist i. d. R. mit einem Anstieg der Materialkosten in Höhe des Faktors 2/3 verbunden. Schließlich müssen hier noch 'stochastische Größenersparnisse' erwähnt werden: gemäß dem Gesetz der großen Zahl gleichen sich Abweichungen vom durchschnittlichen Instandhaltungsbedarf des Leitungsnetzes mit zunehmender Netz- bzw. Betriebsgröße aus. Der Bedarf und die Lagerung an Ersatzteilen wird so besser optimiert. In Verbindung mit Mindesteinsatzmengen resultieren die Unteilbarkeiten in der Wasserverteilung schließlich v. a. auf 'Dichteeffekten': der Anschluss einer dicht besiedelten Neubausiedlung an die Wasserversorgung ist mit geringeren Kosten verbunden als der Anschluss eines Einsiedlerhofes oder einer einsamen Berghütte.

---

[26] So desweiteren auch YOUNG und HAVEMEN (1995, S. 469): "Scale economies are evident in water storage, conveyance, and distribution."

[27] $\varphi(x, y) = f(x) - y$, folglich $d\varphi/dx = df/dx_i$ und $d\varphi/dy = -1$. Durch Einsetzen in $y = f(x)$ erhält man $S = \Sigma x_i\,f_i/y = \Sigma x_i\,f_i/f(x) = e(x)$.

Abbildung 11: Skaleneffekte in der Wasserverteilung



Quelle: Eigene Darstellung.

Da die Durchschnittskosten *(AC)* der Wasserverteilung bei zunehmender Menge des verteilten Wassers sinken, ist es am kostengünstigsten *(P_1)*, wenn die gesamte Trinkwassernachfrage *(N_1)* über ein Leitungsnetz bedient wird. Ab einer bestimmten Menge sind die Größenvorteile allerdings erschöpft, die Durchschnittskosten steigen infolge zunehmender Transportkosten (auf Grund Wasserdruckregelungen sowie Wiederaufbereitungskosten durch Ablagerungen) wieder an. Die Trinkwassernachfrage N_2 kann deshalb effizienter via zweier räumlich begrenzter Leitungsnetze erfolgen (siehe gepunkteter Kostenverlauf), welche jeweils am Minimum der Durchschnittskosten *(AC_1)* Wasser verteilen.

5.3 Economies of Scope

Neben den vor allem in der Wasserwirtschaftspraxis unterstellten Skalenerträgen wird gemeinhin von Verbundvorteilen ('economies of scope'[28]) in der Wasserversorgung ausgegangen. Verbundvorteile liegen vor, wenn Kosteneinsparungen infolge einer gemeinsamen Produktion verschiedener Produkte innerhalb einer Unternehmung erzielt werden können, d. h. "(...) the *scope* of the firm's operations may give rise to economies as well." (PANZAR 1989, S. 15). Solche sollen im Rahmen der vertikal integrierten Organisationsform genutzt werden (siehe *5.6*) und liegen nach PANZAR (1989) vor, wenn:

$$\Sigma_{i=1}^{n} [C(y_i)] > C(\Sigma_{i=1}^{n} y_i) \qquad [5.5]$$

mit y_i als die Produkte aus Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung: y_g, y_a, y_s, y_T und y_v. Desweiteren kann zwischen 'weak economies of scope' ($\Sigma_i [C(y_i)] \geq C(\Sigma_i y_i)$) und 'diseconomies of scope' ($\Sigma_i [C(y_i)] < C(\Sigma_i y_i)$) unterschieden werden. Im Fall der Wasserversorgung kann ebenso der Vergleich desintegrierter Unternehmungen am 'Trennrand' zwischen Trinkwasserspeicherung und Transport (siehe *Abbildung 1*) mit einer vollständig integrierten Unternehmung gezogen werden:

$$C(y_g, y_a, y_s) + C(y_T, y_v) > C(\Sigma_{i=1}^{n} y_i) \qquad [5.6]$$

---

[28] Wenngleich dieses ökonomische Konzept erstmals 1975 von PANZAR und WILLIG präzise definiert und in die Diskussion eingeführt wurde, geht die Beschreibung des 'Problems' bis auf den Klassiker MARSHALL zurück.

mit y_i als die Produkte aus Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung: y_g, y_a, y_s, y_T und y_v. Das Ausmaß der Verbundvorteile *[5.7]* gibt den prozentualen Anstieg der Kosten an, die aus einer Desintegration der Produktion resultieren:

$$SC\,(y_{wv}) = \{\Sigma_{i=1}^{n}\,[C\,(y_i)] - C\,(\Sigma_{i=1}^{n}\,y_i)\} \,/\, C\,(\Sigma_{i=1}^{n}\,y_i) \qquad [5.7]$$

mit y_{wv} als Produkt der gesamten Wasserversorgung und $C\,(\Sigma_{i=1}^{n} y_i) = C\,(y_{wv})$. Unter Anwendung auf den in *[5.6]* beschriebenen Desintegrationsfall kann exemplarisch gezeigt werden, dass economies of scope vorliegende economies of scale noch 'vergrößern'. Die Beziehung zwischen den gesamten Skaleneffekten und den produktspezifischen Skaleneffekten für das integrierte Wasserunternehmen kann hierzu wie folgt beschrieben werden:

$$S\,(y_{wv}) = [\alpha_i\,S_i + (1-\alpha_i)\,S_j] \,/\, [(IC(y_i) + IC(y_j)) \,/\, C(y_{wv})] \qquad [5.8]$$

mit $\alpha_i = C(y_i) \,/\, C(y_{wv})$ und $IC(y_i)$ bzw. $IC(y_j)$ als die inkrementellen Kosten von Produkt i bzw. j. Weisen alle Produkte des Wasserversorgers positive inkrementelle Kosten auf, so geht *[5.7]* in *[5.9]* über:

$$SC\,(y_{wv}) = 1 - [IC(y_i) + IC(y_j)] \,/\, C(y_{wv}) < 1$$

[5.9]

so dass durch Einsetzen von *[5.9]* in *[5.8]* nachfolgend deutlich wird: je höher vorliegende Verbundvorteile ausfallen, desto höher sind die zu realisierenden Skalenerträge:

$$S\,(y_{wv}) = [\alpha_i\,S_i + (1-\alpha_i)\,S_j] \,/\, [1 - SC\,(y_{wv})] \qquad [5.10]$$

mit $S\,(y_{wv})$ als die Skaleneffekte für die gesamte Wasserversorgung.[29]

5.4 Subadditivität und natürliches Monopol

PANZAR notierte 1989 für die Versorgungssektoren: "Somewhat surprisingly, until fairly recently there was considerable confusion as to what, precisely, is meant by the term 'natural monopoly'." (S. 23). Dies galt und gilt teilweise immer noch im Hinblick auf die politische und ökonomische Diskussion über Möglichkeiten und Grenzen einer Liberalisierung der Wassersektoren.[30] Das ökonomische Konzept des 'natürlichen Monopols' wurde zuerst eingehend von BAUMOL (1977) im Hinblick auf ein Mehrproduktunternehmen diskutiert (siehe auch BAUMOL 1982). Dieser führt als konstitutives Kriterium für das Phänomen 'natürliches Monopol' eine subadditive Kostenfunktion über dem relevanten Mengenbereich an. Betrachtet man die Wasserversorgung als eine Einprodukt-Unternehmung ('Eingüter-Fall') so gilt die entsprechende Kostenfunktion $C(y_{wv})$ als (streng) subadditiv, wenn für die Outputmengen $y_i > 0,\ i = 1, \ldots, n$ die Bedingung:

$$C\,(\Sigma_{i=1}^{n}\,y_i) < \Sigma_{i=1}^{n}\,[C(y_i)] \qquad [5.11]$$

erfüllt ist. Subadditivität in der Wasserwirtschaft bedeutet, dass die Produktion der Trinkwasserversorgung (eines bestimmten Gebietes) durch n Anbieter höhere Kosten verursacht als jene durch einen Monopolisten. Dies impliziert, dass ein natürliches Monopol nicht nur auf die Mehrprodukt-Unternehmung ('Mehrgüter-Fall') und das Vorliegen von Verbundvorteilen

---

[29] Im Fall einer 'joint production' müssten zusätzlich noch Kostenkomplementaritäten zwischen den einzelnen verbundenen Produkten berücksichtigt werden.

[30] Auf der einen Seite wird ein staatlicher Eingriff mit dem Vorliegen eines natürlichen Monopols infolge (unterstellter) globaler Skaleneffekte begründet. Auf der anderen Seite wiederum werden (unterstellte) Verbundvorteile angeführt. Schließlich in Verbindung hiermit, oder ausschließlich, eine Irreversibilität großer Teile der Investitionen.

begrenzt ist. Eine wiederholt anzutreffende Definition mittels sinkender Durchschnittskosten über dem gesamten Mengenbereich ist ebenso irreführend, denn sinkende Durchschnittskosten sind hinreichend, aber nicht notwendig für eine Subadditivität der Kostenfunktion des Wasserversorgers.[31] Auch wenn die Eigenschaft zunehmender Skalenerträge (sinkende Durchschnittskosten) nicht erfüllt ist, kann die Wasserversorgung durch einen Monopolisten geringere Kosten verursachen als die Versorgung durch n kleinere Anbieter (grafisch siehe auch BÜHLER und JÄGER 2001). Folglich sollte zur Definition eines natürlichen Monopols das allgemeinere Konzept der Subadditivität angewandt werden, da das Konzept der economies of scale die Bedingungen zu restriktiv beschreibt.

Im Fall einer Mehrprodukt-Unternehmung ('Mehrgüter-Fall') kann das Subadditivitätskonzept verallgemeinert werden. Betrachtet man also die Wasserversorgung als eine Kombination verschiedener 'Produktlinien' bzw. -stufen, so geht *[5.11]* in:

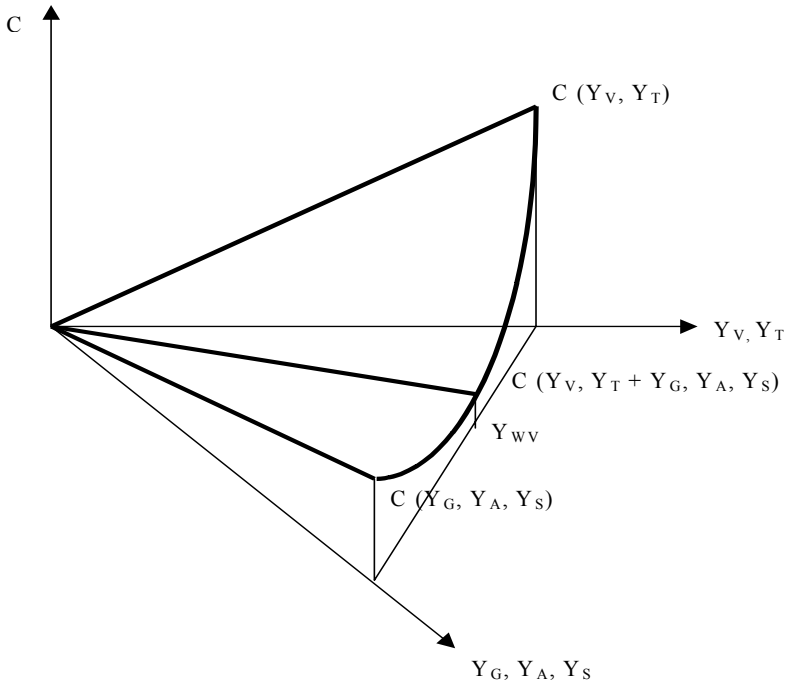
$$\Sigma_{i=1}^{n} [C (\mathbf{y_i})] > C (\Sigma_{i=1}^{n} \mathbf{y_i}) \qquad [5.12]$$

über, mit y_i als die Produkte aus Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung: y_g, y_a, y_s, y_T und y_v sowie $\mathbf{y_i} = [y^i_g, y^i_a, y^i_s, y^i_T, y^i_v]$ dem Output der i-ten Unternehmung. Diese Ungleichung muss für alle Outputmengen erfüllt sein und schließt den Eingüter-Fall als Spezialfall ein. Ebenso schließt die Bedingung der Subadditivität Industrien mit Verbundvorteilen in der Produktion ein. Im Fall des in *[5.6]* desintegrierten Wasserversorgers folgt aus *[5.12]* direkt *[5.13]*:

$$C (y_g, y_a, y_s) + C (y_T, y_v) > C (\Sigma_{i=1}^{n} \mathbf{y_i}) \qquad [5.13]$$

mit y_i als die Produkte aus Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung: y_g, y_a, y_s, y_T und y_v. *Abbildung 12* zeigt dies grafisch.

Abbildung 12: Idealtypische Kostenverläufe



Quelle: Eigene Darstellung.

[31] Beweis siehe *Appendix A.2.* nach TIROLE (1988).

Die subadditive Kostenfunktion ('Kostengebirge') der Wasserversorgung (siehe *[5.13]*): Die Kosten der integrierten Wasserversorgung *(Y_{WV})* sind hiernach geringer als im Fall einer isolierten Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung und Wassertransport und -verteilung *(Y_g, Y_a, Y_s, Y_T, Y_v)*. Entlang des Fahrstrahls $0Y_{wv}$ durch den Output Y_{wv} nehmen die Kosten unterproportional zur Outputausdehnung zu ('decreasing ray average cost'). Desintegration des Outputvektors Y_{wv} verursacht höhere Kosten als die Kombination in einem Unternehmen, siehe konvexe Ebene ('transray convexity').

Schließlich bleibt also festzuhalten, dass bei Betrachtung der Wasserversorgung als Mehrgüter-Fall für das Vorliegen eines natürlichen Monopols die nachweisliche Existenz einer Subadditivität der Kostenfunktion für jede Produktlinie vorliegen muss. Denn – wie PANZAR (1989, S. 26) betont – können in diesem Fall 'overall economies of scale' steigende Durchschnittskosten einer Produktlinie 'verdecken': "Economies of scale and economies of scope do not suffice for subadditivity."

5.5 Versunkene Kosten

Versunkene Kosten entstehen infolge irreversibler Investitionen und stellen eine Markteintrittsbarriere für potentielle neue Marktteilnehmer dar. Märkte in denen versunkene Kosten eine Rolle spielen, gelten als wenig bestreitbar. In Abgrenzung zu fixen und variablen Kosten führen beispielsweise WANG und YANG (2001, S. 180) aus: "Fixed costs do not vary with the quantity of output produced; variable costs do vary with the quantity produced; sunk costs have been irrevocably committed and cannot be recovered; and avoidable costs have not been committed or can be recovered." Demzufolge gelten Kosten im Hinblick auf eine bestimmte Zeitperiode als versunken, wenn sie für diese Zeit unwiderruflich verursacht wurden. Ansonsten gelten sie als vermeidbare Kosten ('avoidable costs'). Versunkene Kosten unterscheiden sich folglich von vermeidbaren Kosten bezüglich des Zeitpunkts der Verursachung sowie der relevanten Zeitperiode: "In the long run, there are no sunk costs, because all inputs are avoidable. However, there may easily be long-run fixed costs." (WANG und YANG 2001, S. 181). Fixe Kosten fallen unabhängig vom Outputniveau an, während variable Kosten entsprechend dem Outputniveau variieren. Beide Kostenarten sind somit durch die jeweilige Produktionstechnologie und den bestehenden rechtlichen Rahmen bestimmt. Die gesamten Kosten eines Unternehmens können demnach wie folgt klassifiziert werden (siehe auch VARIAN 1992)[32]:

$$TC = w_1x_{10} + w_2^f x_2^f(w; x_{10}) + w_2^v x_2^v(y, w; x_{10}) \qquad [5.14]$$

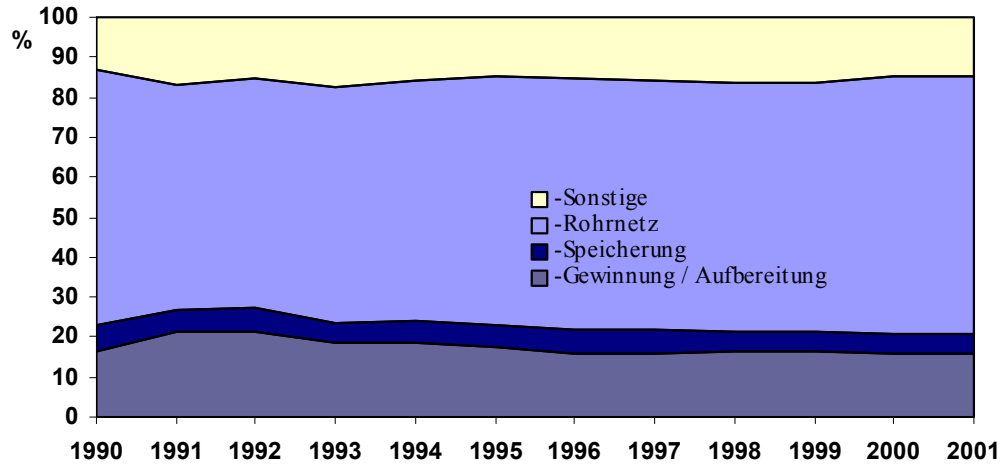
mit *TC* als die gesamten Kosten, $w = (w_1, w_2)$ als Vektor der Faktorpreise mit den Subvektoren w_1 und w_2, $x = (x_1, x_2)$ als Vektor aller Inputs mit den Subvektoren x_1 und x_2. y, w und x_{10} sind exogene Parameter, die Elemente von x_2 seien endogen bestimmte Variablen. Indem $x_1 = x_{10}$ exogen bestimmt sind, sind die mit ihrem Einsatz verbundenen Kosten w_1x_{10} determiniert und bezeichnen somit die versunkenen Kosten. Die Elemente von x_2 sind endogen bestimmt, die mit ihrem Einsatz verbundenen Kosten w_2x_2 können als vermeidbar ('avoidable') gelten wenn $x_2 = 0$. Die optimale Lösung x_2^* für x_2 stellt sich folglich als eine Funktion der exogenen Variablen dar: $x_2^* = x_2(y, w; x_{10})$ wobei diese in einen fixen Teil $w_2^f x_2^f(w; x_{10})$ und einen variablen Teil $w_2^v x_2^v(y, w; x_{10})$ differenziert werden können. Ersterer ist unabhängig von y, letzterer variiert (u.a.) mit y. Beide können jedoch als vermeidbar ('avoidable') für $y = 0$ gelten. Die versunkenen Kosten w_1x_{10} sind ebenso unabhängig von y für alle $y \geq 0$ und folglich Teil der fixen Kosten.

---

[32] VARIAN (1999) unterscheidet jedoch zwischen fixen und quasi-fixen Kosten, wobei letztere inhaltlich den oben als 'vermeidbar' ('avoidable') klassifizierten Kostenanteilen entsprechen.

Einigkeit herrscht unter Ökonomen darüber, dass der zentrale Bereich des Versorgungsnetzes (Wassertransport und -verteilung) aufgrund bestehender positiver Skaleneffekte (siehe *5.2*) sowie der 'Irreversibilität' von Investitionen die klassischen Merkmale eines natürlichen Monopols (siehe *5.4*) aufweist und insofern – zumindest im Hinblick auf diese Produktionsstufe – Marktversagen vorliegt. Der 'Markteintritt' erfordert ein hohes Maß an Aufwendungen, die sich nur zu einem sehr geringen Teil in andere Verwendungen transferieren lassen und im Falle eines 'Marktaustritts' als 'versunken' gelten. SCHEELE (2000a, S. 4) meint: "Aufgrund des Vorliegens von 'sunk costs' müssen diese Marktsegmente als unangreifbar betrachtet werden (...)", EWERS et al. (2001, S. 7): "Bei der Trinkwasserversorgung handelt es sich (...) um einen Markt, der (zumindest in Teilen) die Eigenschaften natürlicher Monopole aufweist." Der BGW schätzt den Anteil der Fixkosten an den Gesamtkosten auf 80 bis 90 %, der größte Teil der (Investitions-) Kosten der Wasserversorgung entfällt demnach auf das Versorgungsnetz (2001: rd. 65 %, siehe *Abbildung 13*).

Abbildung 13: Investitionsanteile der einzelnen Produktionsstufen der Wasserversorgung



Quelle: Eigene Darstellung.

Auf der Basis von *Abbildung 1* und in Anlehnung an *[5.14]* können die gesamten Kosten eines Wasserversorgers wie folgt formalisiert werden:

$$
\begin{aligned}
TC_{wv} &= w_T x_T + w_v x_v + w_{wg}^{f} x_{wg}^{f}(w;\, x_{T;}\, x_v) + w_{wg}^{v} x_{wg}^{v}(y_{wv},\, w;\, x_{T;}\, x_v) \\
&\quad + w_{wa}^{f} x_{wa}^{f}(w;\, x_{T;}\, x_v) + w_{wa}^{v} x_{wa}^{v}(y_{wv},\, w;\, x_{T;}\, x_v) + w_{ws}^{f} x_{ws}^{f}(w;\, x_{T;}\, x_v) \\
&\quad + w_{ws}^{v} x_{ws}^{v}(y_{wv},\, w;\, x_{T;}\, x_v) + [w_{wT}^{f} x_{wT}^{f}(w;\, x_{T;}\, x_v) - w_T x_T] \\
&\quad + w_{wT}^{v} x_{wT}^{v}(y_{wv},\, w;\, x_{T;}\, x_v) + [w_{wv}^{f} x_{wv}^{f}(w;\, x_{T;}\, x_v) - w_v x_v] \\
&\quad + w_{wv}^{v} x_{wv}^{v}(y_{wv},\, w;\, x_{T;}\, x_v) \\
&= w_T x_T + w_v x_v + [\Sigma_i w_i^{f} x_i^{f}(w;\, x_{T;}\, x_v) - w_T x_T - w_v x_v] \\
&\quad + \Sigma_i w_i^{v} x_i^{v}(y_{wv},\, w;\, x_{T;}\, x_v) \qquad [5.15]
\end{aligned}
$$

mit den einzelnen Kostenkomponenten: $w_T x_T$ als versunkener Teil der Fixkosten des Transportnetzes, $w_v x_v$ als versunkener Teil der Fixkosten des Verteilungsnetzes. Die Opportunitätskosten dieser versunkenen Kosten sind nahezu Null. Die Abschreibungen können nur in der

spezifischen Verwendung 'verdient' werden. $w_i^f x_i^f$ als Teil der Fixkosten der jeweiligen Produktionsstufe i als eine Funktion der exogenen Variablen (w; x_T; x_v) abzüglich der versunkenen Kosten in Verbindung mit dem Transportnetz und dem Verteilungsnetz, $w_i^v x_i^v$ als variable Kosten der jeweiligen Produktionsstufe i als eine Funktion der exogenen Variablen (y_{wv}, w; x_T; x_v) und i = Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung. Das Leitungsnetz für den Transport und die Verteilung des Wassers kann also als ein Kernbereich von Marktversagen im Sinne eines vor Konkurrenz (rechtlich) geschützten und räumlich begrenzten natürlichen Monopols mit Inflexibilität angesehen werden. Dennoch wäre es durch eine wesentliche Irreversibilität der Investitionen sowie eine geringe Bestreitbarkeit gekennzeichnet.

5.6 Vertikale Integration

Im Wassersektor existieren grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten der Unternehmensorganisation: ein vertikal integriertes Unternehmen kann alle Produktionsprozesse (Dienstleistungen) ausführen, einzelne Funktionen werden getrennt von unterschiedlichen Unternehmen abgedeckt, Wasserver- kann zusammen mit Abwasserentsorgung ausgeführt werden oder letztere werden von unterschiedlichen Unternehmen ausgeführt. Ein vertikal integriertes Unternehmen kann mit PERRY (1989, S. 1) folgendermaßen beschrieben werden: "A firm can be defined as vertically integrated if it encompasses (at least) two single-ouput production processes in which either (1) the entire output of the 'upstream' process is employed as part or all of the quantity of one intermediate input into the 'downstream' process, or (2) the entire quantity of one intermediate input into the 'downstream' process is obtained from part or all of the 'upstream' process." Diese Definition schließt also den Fall einer partiellen Integration aus und impliziert für das Wasserversorgungsunternehmen eine vollständige Verbindung zwischen Wasserproduktion (-gewinnung, -aufbereitung, -speicherung) und Wassertransport bzw.
-verteilung. Im Fall der totalen Integration beschreiben *[3.1]* bzw. *[3.2]* die aggregierte Produktionsfunktion. Bei Vernachlässigung der Kosten und sonstigen exogenen Variablen (Z_{wv}) kann diese für ein vertikal integriertes Unternehmen folgendermaßen lauten:

$$y_{wv} = f\,(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_{eg}, k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea}, k_s, x_{ms}, x_{ls}, x_{es}, k_T, x_{mT}, x_{lT}, x_{eT},$$
$$k_v, x_{mv}, x_{lv}, x_{ev}) \qquad [5.16]$$

mit: k – Kapitalbestand/-stock, x_m – Material, x_l – Personal, x_e – Energie, g – Wassergewinnung, a – Wasseraufbereitung, s – Wasserspeicherung, T – Wassertransport und v – Wasserverteilung.

Nimmt man an, dass das in den jeweiligen Prozessen eingesetzte Kapital, Material und Personal nicht homogen ist – so jedoch die eingesetzte Energie – und die marginale Rate der technischen Substitution zwischen Personal und Kapital in den einzelnen Prozessen differiert, so erhält man:

$$y_{wv} = f\,(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_e, k_a, x_{ma}, x_{la}, k_s, x_{ms}, x_{ls}, k_T, x_{mT}, x_{lT}, k_v, x_{mv}, x_{lv}) \qquad [5.17]$$

Ein vertikal desintegrierter Wasserversorger würde die folgende separierte 'gesamte Produktionsfunktion' aufweisen:

$$y_{wv} = f\,(\,g(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_e), a(k_a, x_{ma}, x_{la}), s(k_s, x_{ms}, x_{ls}), T(k_T, x_{mT}, x_{lT}),$$
$$v(k_v, x_{mv}, x_{lv})\,) \qquad [5.18]$$

wobei die Indizes g, a, s, T und v die jeweilige (Sub)funktion für die Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Transport und Verteilung des Wassers bezeichnen, welche hier ebenso durch einzelne Unternehmen ausgeführt werden könnten.

'Economies of vertical integration' beziehen sich auf Kostenvorteile aus einer vertikal integrierten Unternehmung und umfassen somit neben den bereits skizzierten technologischen Vorteilen ('economies of scope' bzw. 'economies of sequence'[33] oder allgemein 'technological economies'[34], siehe *5.2*) ebenso solche infolge geringerer Transaktionskosten.

5.7 Transaktionskosten

Transaktionskosten zwischen den verschiedenen Produktionsstufen entstehen durch die Inanspruchnahme externer Marktprozesse zur Koordination der verschiedenen Outputs der einzelnen Stufen.[35] Die Kosten der Inanspruchnahme des Preismechanismus beinhalten die Verhandlung von Verträgen für die einzelnen marktlichen Transaktionen und die Unsicherheit über die relevanten Marktpreise. Durch die integrierte Unternehmensorganisation ist der Unternehmer in der Lage, Produktions- wie Transaktionskosten zu reduzieren. Schon COASE (1937) betonte, dass der Unternehmer solange mit der Integration zusätzlicher Aktivitäten fortfahren werde, bis die Grenzkosten der internen Koordinierung – die Koordinationskosten der letzten Aktivität – den Kosten der marktlichen Transaktionen entsprechen werden. Folglich kann ein vertikal integrierter Wasserversorger neben geringeren Kosten infolge der Integration mehrerer Unternehmen auf einer Produktionsstufe ebenso geringere Kosten infolge der Integration der verschiedenen primären und sekundären Inputs erreichen.

WILLIAMSON (1985) unterscheidet zwischen 'ex ante'-Transaktionskosten – Kosten infolge des Zustandekommenens von Verträgen – und 'ex post'-Transaktionskosten – Kosten infolge der Überwachung und Durchsetzung dieser Verträge. Als Faktoren für solche Transaktionskosten führt er zum einen die begrenzte Rationalität der Akteure und den individuellen Opportunismus[36], mittels welchem die Akteure in Situationen asymmetrischer Informationsverteilung ihren Vorteil suchten, an. Begrenzte Rationalität limitiert die Fähigkeit, knappe Ressourcen optimal zu verwenden, opportunistisches Verhalten erschwert schließlich die Vertragsverhandlung und -einhaltung. Zum anderen verursachten externe Faktoren wie Marktunsicherheiten und eine limitierte Anzahl an Verhandlungspartnern weitere Transaktionskosten. Marktunsicherheiten entstünden durch Preisintransparenzen, Preis- und Qualitätsfluktuationen auf den Input- sowie Zwischenproduktmärkten sowie schließlich Outputpreis- bzw. -nachfrageschwankungen.[37] Je geringer die Anzahl potentieller Vertragspartner im Markt, desto höher der Wettbewerbsdruck auf die jeweiligen Akteure. Schließlich weist WILLIAMSON (1985) darauf hin, dass ein integriertes Unternehmen in der Lage ist, durch den Rückgriff auf etablierte Beziehungen (sog. 'asset-specificity') aufwändige Verhandlungsprozeduren zu vermeiden und hierdurch Transaktionskosten zu reduzieren (sog. 'lock-in effects'). GOO (1992, S. 13) fasst dementsprechend treffend zusammen: "With high transaction costs resulting from human and environmental factors and advantages from asset specificity for reducing cost, an integrated firm would be better off than a non-integrated one."

---

[33] So beispielsweise SPULBER (1989) oder TSCHIRHART (1991).

[34] Siehe GOO (1992) oder GARCIA et al. (2003).

[35] GOO (1992, S. 9) meint sogar: "However, in a broader sense, if we treat any production process as some type of transaction process, transactional economics could also include technological economics. (…) economists in the area of transactional economics have argued that transaction cost savings, rather than production cost savings, are the real reason from vertical integration."

[36] WILLIAMSON (1985, S. 47) führt hierzu aus, "(…) opportunism refers to the incomplete or distorted disclosure of information, especially to calculated efforts to mislead, distort, disguise, obfuscate, or otherwise confuse."

[37] "In general, the higher the degree of uncertainty that exists in a market, the more lengthy and complex will be the contracts that are negotiated between buyers and sellers of the intermediate product." (BLAIR und KASERMAN 1983, S. 19).

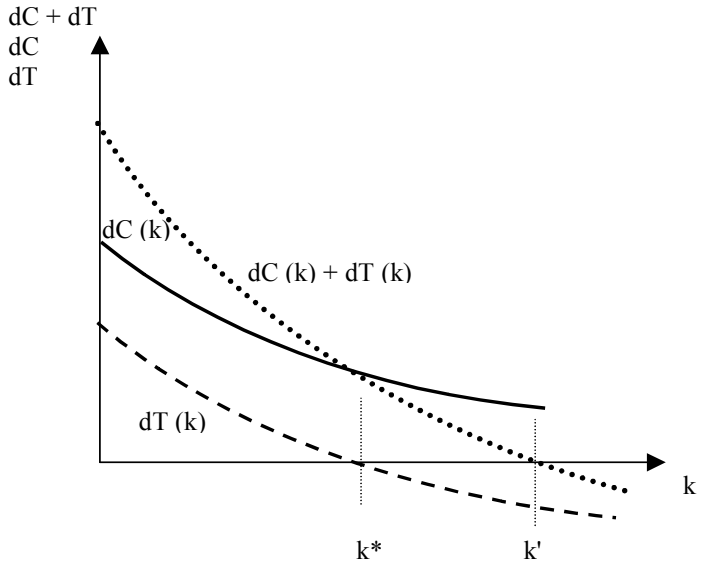
Dies gilt schließlich ebenso für den ländlichen Wasserversorger, der zusätzliche Aktivitäten in die Unternehmung integriert, bis die jeweils anfallenden Integrationskosten (IntC) – Kosten infolge interner Koordination usw. – den bei einer Inanspruchnahme über den Markt anfallenden Transaktionskosten (ΣT) entsprechen:

$$IntC_i \leq \Sigma_k T_{ik} \qquad [5.19]$$

mit i = Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung und k = Transaktionskosten infolge interner, externer Faktoren und Faktorspezifität.

In *Abbildung 14* ist der Produktionskosten- *(dC)* sowie der Transaktionskostenvorteil *(dT)* marktlicher Koordination einer Wasserversorgung dargestellt *(dC + dT)*.[38] Dieser Vorteil ist bei k' auf Null gesunken. Bis zu diesem Grad der Faktorspezifität lohnt sich zum Zwecke der Kostenminimierung eine marktliche Koordination in der Form vertraglicher Beziehungen beispielsweise zwischen Wasserproduzent und -verteiler. Ab der Faktorspezifität k' empfiehlt sich die Integration der Wasserproduktion (Gewinnung und Aufbereitung) in die Unternehmung eines Wasserverteilers (oder vice versa). Bei Werten von k zwischen k^* und k' wird der Transaktionskostennachteil marktlicher Koordination jedoch noch durch einen Produktionskostenvorteil dieser Koordinationsart überkompensiert.

Abbildung 14: Transaktionskosten- und Produktionskostenvorteil marktlicher Koordination



Quelle: Eigene Darstellung.

5.8 Separabilität – Ökonomische Aggregation

Das ökonomische Konzept der Separabilität geht zurück auf das von HICKS und LEONTIEF formulierte composite commodity theorem (siehe HICKS 1936; LEONTIEF 1936) was besagt, dass eine Gruppe an Gütern im Hinblick auf die jeweilige Produktions- bzw. Kostenfunktion als ein Gut angesehen werden kann, sobald die Preisvektoren dieser Güter parallel verlaufen.[39] Im Hinblick auf mehrere Inputs kann also mit CHAMBERS (1988, S. 42) gefragt werden:

[38] Siehe auch SCHUMANN (1992).

[39] 'Separabilität' kann als mathematische Eigenschaft von Funktionen angesehen werden, der als ökonomisches Konzept die Möglichkeit der Aggregatbildung entspricht (siehe auch BRADTKE 1992).

"Can the production process be broken into stages so that at each stage some inputs are used to make an intermediate input to produce the final product ?"

Mit Blick auf die Kostenfunktion lautet die Bedingung für das Vorliegen schwacher Separabilität ('weak separability') nach CHAMBERS (1988)[40]:

$$d\,[(dC(w, y)/dw_i) / (dC(w, y)/dw_j)] / dw_k = 0 \qquad [5.20]$$

mit w_i, $w_j \in W^1$ und $w_k \notin W^1$. w_i, w_j und w_k als Inputpreise, wobei w_i und w_j der selben Inputgruppe angehören und w_k einer anderen Inputgruppe entstammt. Schwache Separabilität impliziert, dass eine Veränderung eines Inputpreises einer anderen Inputgruppe keine Auswirkungen auf die Steigung der Input- oder Faktorpreisgrenze ('factor price frontier') im durch w_i und w_j gekennzeichneten Inputraum hat. Da die Steigung der Inputpreisgrenze gleich dem optimalen Inputverhältniss (x_i/x_j) ist, ist die Bedingung erfüllt, wenn letzteres unabhängig von einer Änderung der Menge von x_k ist. Folglich gilt die Kostenfunktion als schwach separabel und kann durch *[5.21]* dargestellt werden:

$$C(w, y) = C\,[y, c^1(w^1, y), \ldots, c^m(w^m, y)] \qquad [5.21]$$

mit C und c^i als vollständig definierte Kostenfunktionen. Wie ersichtlich, ist die jeweilige Sub-Kostenfunktion c^i von den jeweiligen Inputpreisen und dem Outputniveau abhängig. Kann die jeweilige Kostenfunktion jedoch als homothetische Funktion bezeichnet werden, so sind der optimale Inputmix sowie der Preis des Zwischenproduktes ('intermediate input') unabhängig vom Outputniveau und werden ausschließlich mittels der jeweiligen Kostenfunktion bestimmt. Die Bedingung für eine homothetische Kostenfunktion ist:

$$d\,[(dC(w, y)/dw_i) / (dC(w, y)/dw_j)] / dy = d\,(x_i/x_j) = 0 \qquad [5.22]$$

mit w_i, $w_j \in W^1$ und x_i, $x_j \in X^1$. Dies impliziert, dass die Steigung der Inputpreisgrenze unabhängig vom jeweiligen Outputniveau ist. Folglich gilt die Kostenfunktion als schwach separabel im erweiterten Teilbereich ('weak separable in the extended partition'[41]) und kann durch *[5.23]* dargestellt werden:

$$C(w, y) = C\,[y, c^1(w^1), \ldots, c^m(w^m)] \qquad [5.23]$$

Im Hinblick auf die Inputpreisgrenze zwischen verschiedenen Inputgruppen muss für eine Separabilität der Kostenfunktion gelten:

$$d\,[(dC(w, y)/dw_i) / (dC(w, y)/dw_j)] / dw_k = 0 \qquad [5.24]$$

mit $w_i \in W^1$, $w_j \in W^2$ und $w_k \notin W^1 \cup W^2$. w_i, w_j als Inputpreise und w_k als Preis des Zwischenprodukts. Die Kostenfunktion gilt somit als streng separabel ('strong separability') und die Steigung der Inputpreisgrenze von w_i und w_j – und somit der optimale Inputmix – ist unabhängig von einer Änderung des Preises w_k des Zwischenprodukts.[42] Folglich gilt die Kostenfunktion im Hinblick auf die jeweiligen Subkostenfunktionen als additiv:

$$C(w, y) = C\,[c^1(w^1, y) + \ldots + c^m(w^m, y)] \qquad [5.25]$$

Eine streng separable Kostenfunktion erlaubt eine getrennte Schätzung solcher Sub-Kostenfunktionen, in welche keine Zwischenprodukte eingehen. Desweiteren kann der ursprüngliche einstufige Optimierungsprozess durch eine zweistufige Optimierung ersetzt werden: in einem ersten Schritt werden die jeweiligen Sub-Kostenfunktionen mittels der jeweiligen Inputpreise und des Outputniveaus minimiert und in einem zweiten Schritt wird schließlich die gesamte

---

[40] Separabilität im Hinblick auf die Kostenfunktion kann als 'duale Separabilität' bezeichnet werden.

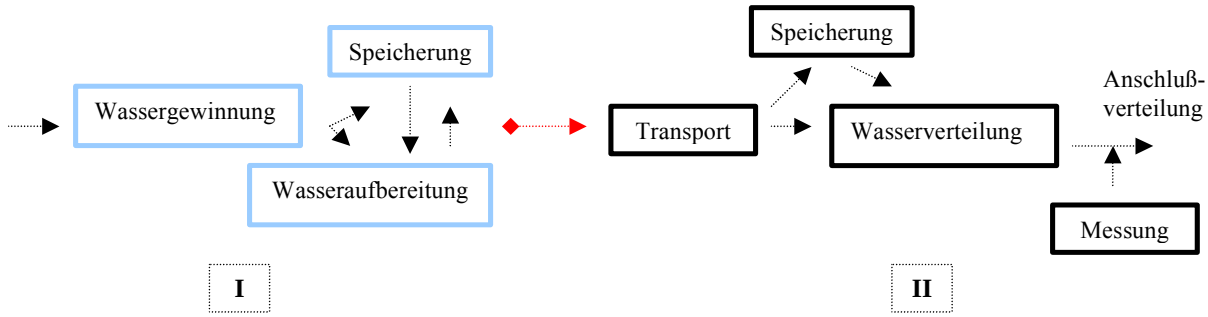
[41] Siehe ausführlich CHAMBERS (1988, S. 110ff.).

[42] Vgl. auch GOLDMAN und UZAWA (1964).

Kostenfunktion mittels der aus den Sub-Kostenfunktionen gewonnenen Zwischenproduktpreisen und orientiert am jeweiligen Outputniveau minimiert.

Die Implikationen für die Wasserversorgung liegen auf der Hand: Ist die durch verschiedene Produktionsstufen geprägte gesamte Kostenfunktion eines integrierten Wasserversorgers in *[5.17]* streng separabel, so kann diese in i verschiedene Subfunktionen separiert werden (*i* = Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport, -verteilung). Der optimale Inputmix und der Preis der jeweiligen Zwischenprodukte – wie z. B. gefördertes Grundwasser bzw. gesammeltes Oberflächenwasser, aufbereitetes konsumierbares Trinkwasser oder zum Endkunden transportiertes Wasser – wird ausschließlich durch die jeweilige Subfunktion determiniert, so dass die Produktionsentscheidungen auf jeder Produktionsstufe unabhängig voneinander sind. Im Hinblick auf die optimale Struktur der Wasserversorgung bedeutet dies beispielsweise, dass eine separate Produktion von Wasser (hell 'I' in *Abbildung 15*) und ein separater Transport und Verteilung von Wasser (dunkel 'II' in *Abbildung 15*) mindestens genauso effizient wären wie das vollständig integrierte Organisationsmodell. Demnach wäre die Summe aus technological economies und Transaktionskostenersparnissen geringer als die Kosten einer vertikalen Integration.

Abbildung 15: Desintegrierte Produktionsstruktur – Zweistufige Optimierung



Quelle: Eigene Darstellung.

Unternehmen I weist demnach folgende Kostenfunktion auf:

$$C_I = f\,(y_I, w_{kg}, w_{mg}, w_{lg}, w_e, w_{ka}, w_{ma}, w_{la}, w_{ks}, w_{ms}, w_{ls}) \qquad [5.26]$$

Unternehmen II eine Kostenfunktion nach *[5.27]*:

$$C_{II} = f\,(y_{II}, w_{kT}, w_{mT}, w_{lT}, w_e, w_{ks}, w_{ms}, w_{ls}, w_{kv}, w_{mv}, w_{lv}) \qquad [5.27]$$

mit y_I und y_{II} als die jeweiligen Outputs 'aufbereitetes Trinkwasser' und 'verteiltes Wasser'.[43]

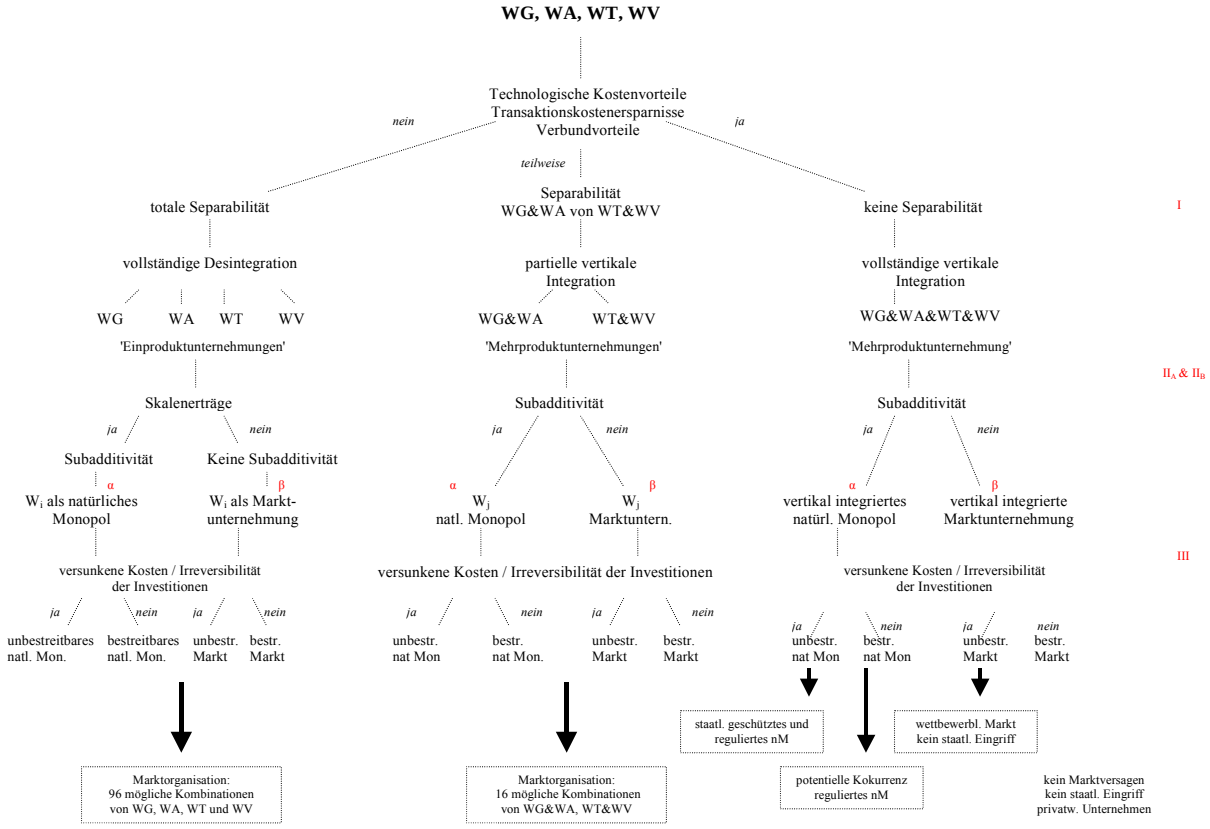
5.9 Die optimale Angebotsorganisation – Markt und Betrieb

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Hinblick auf die ökonomische Klassifizierung der Wasserversorgung die grundlegende Beschreibung als Ein- oder Mehrproduktunternehmung entscheidend ist (Stufe I in *Abbildung 16*). Im Einproduktfall folgt aus zunehmenden Skalenerträgen stets die Subadditivität der Kostenfunktion und somit das natürliche

[43] Solchen Modellen zunehmender Desintegration der einzelnen Versorgungsstufen stehen allerdings aus gesamtwirtschaftlicher Sicht steigende Regulierungskosten in Form von Zuständigkeitsregelungen und der Überwachung von Qualitäts- und Sicherheitsstandards gegenüber. Zudem müssen die bereits angesprochenen grundsätzlichen Besonderheiten der Wasserwirtschaft beachtet werden (siehe *Kapitel 2* und *5.1*).

Monopol (II_A in *Abb. 16*). Im Mehrproduktfall können gemeinsame Kosten auftreten – allg. technological diseconomies –, welche mögliche sinkende Durchschnittskosten infolge steigender Skalenerträge mehr als kompensieren können. Die Eigenschaft des natürlichen Monopols für die vertikal integrierte Wasserversorgung muss hier am Vorliegen der Subadditivität festgemacht werden (II_B in *Abb. 16*). Die jeweilige Bestreitbarkeit des natürlichen Monopols bzw. des Marktes und somit die Intensität des staatl. Eingriffs wird schließlich ebenso durch das Ausmaß der Irreversibilität der Investitionen bestimmt (III in *Abb. 16*). Nachfolgende Abbildung zeigt eine Taxonomie zur theoretischen und empirischen Bestimmung der optimalen Struktur eines Wassermarktes.

Abbildung 16: Die ökonomisch optimale Wassermarktorganisation[44]



Quelle: Eigene Darstellung.

Wie oben bereits ausgeführt (siehe *Kapitel 4*) werden verschiedene Optionen zur Liberalisierung der Wassermärkte diskutiert bzw. bereits implementiert. Dies sind, aus der Perspektive der Marktorganisation betrachtet, neben dem status quo oder dem 'Betreibermodell' (Modell I in *Abbildung 17*), das 'Pool-Modell' (Modell II) sowie der Wettbewerb zwischen integrierten privaten Wasserversorgungsunternehmen (Modell III).

[44] Hier wird die Speicherung auf den unterschiedlichen Produktionsstufen vernachlässigt. *WG*: Wassergewinnung, *WA*: Wasseraufbereitung, *WT*: Wassertransport, *WV*: Wasserverteilung; *i = WG, WA, WT, WV*; *j = WG&WA, WT&WV*; I...III: empirische Überprüfung; 1...n: Marktorganisationsmodelle; *α, β*: Optimierungsfälle.

Abbildung 17: Verschiedene Modelle der Wassermarktorganisation

	Produktionsstufe[1]	*WG*	*WA*	*WT*	*WV*
Modell					
I					
	- natürl. Monopol	x	x	x	x
	- vertikale Integration[2]	A	A	A	A
II	- natürl. Monopol	-	-	x	x
	- vertikale Integration	A	A	B	B
III	- natürl. Monopol	-	-	-	-
	- vertikale Integration	A	A	A	A

Anm.: 1: Im Rahmen dieser Darstellung wird die Wasserspeicherung auf den unterschiedlichen Stufen vernachlässigt. WG = Wassergewinnung, WA = Wasseraufbereitung, WT = Wassertransport, WV = Wasserverteilung.
2: A = Unternehmen A, B = Unternehmen B.

Quelle: Eigene Darstellung.

Modell I ('Status Quo'): natürliches Monopol, vollständige vertikale Integration, ein Unternehmen; *Modell II ('Liberalisierung – Pool Modell')*: natürliches Monopol und vertikale Integration für Wassertransport und -verteilung, private Konkurrenz für Wassergewinnung und -aufbereitung; *Modell III ('Liberalisierung – Integration')*: private Konkurrenz und vollständige vertikale Integration, ein Unternehmen. Werden hierbei jedoch die erläuterten versunkenen Kosten großer Teile der Investitionen ins Leitungsnetz (Markteintritts- und –austrittsbarrieren)[45] und die Auswirkungen auf die Durchschnittskostenkurve eines Wasserversorgers in Betracht gezogen, so erscheinen lediglich Modell I und II realistisch. Die Frage nach der ökonomisch optimalen Marktorganisation ist eng mit der Frage nach der minimalen effizienten Betriebsgröße (MES) verbunden, wie bspw. auch VARIAN (2001, S. 413) ausführt: "Der entscheidende Faktor ist die minimale effiziente Größe (MES[46]), jenes Outputniveau, bei dem die Durchschnittskosten ein Minimum sind, relativ zum Ausmaß der Nachfrage."

Der 'Status Quo'

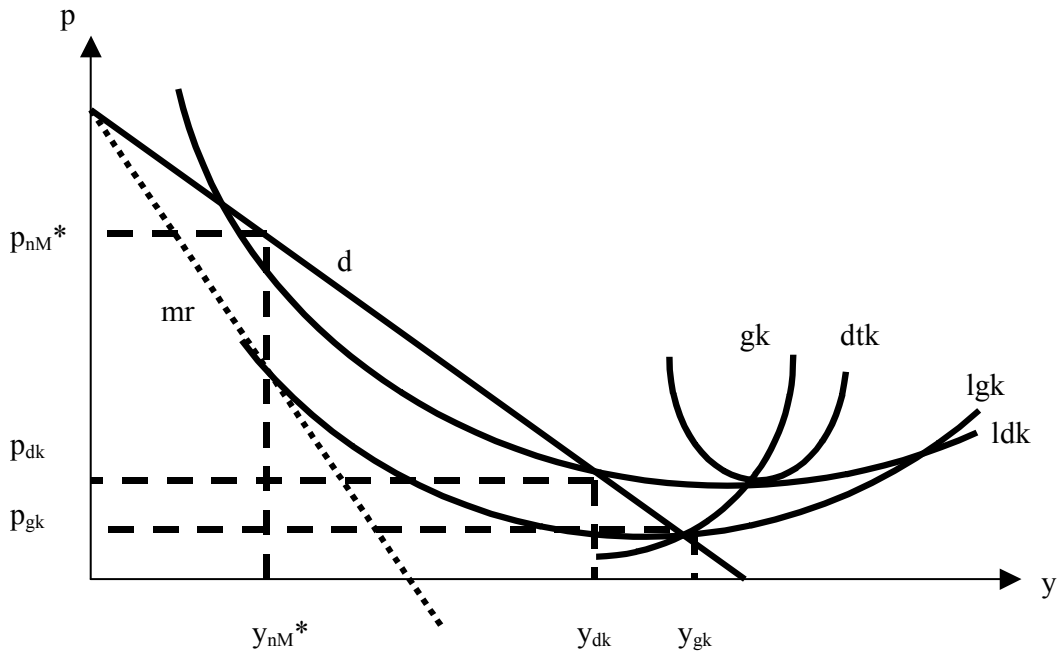
Modell I unterstellt das Vorliegen eines natürlichen Monopols für die gesamte Wasserversorgung sowie eine vollständige Integration aller Produktionsstufen. Wie erläutert, ist eine Subadditivität der Kostenfunktion jeder Produktionsstufe Voraussetzung eines natürlichen Monopols im Hinblick auf ein Mehrproduktunternehmen. Darüber hinaus setzt die vertikale Integration in einem Versorgungsunternehmen das Vorliegen von technological economies und/ oder Transaktionskostenersparnissen voraus. Eine Separierung der einzelnen Stufen resultiert somit nicht in Effizienzgewinnen. Die optimale Betriebsgröße im Fall eines natürlichen Monopols (siehe auch α in *Abbildung 16*) kann wie folgt bestimmt werden (siehe *Abbildung 18*)[47]:

[45] Je höher die Fixkosten, desto niedriger die Grenz- bzw. die Stückkosten. Je höher die Fixkosten (einschließlich versunkener Kosten), desto höher das Verlustrisiko aufgrund der Kapitalbindung.

[46] MES = minimum efficient scale.

[47] Siehe auch SCHUMANN (1992).

Abbildung 18: Natürliches Monopol – Preis-Mengen-Kombination



Quelle: Eigene Darstellung.

mit *d* als Nachfragekurve, *mr* als Grenzerlöskurve, *lgk* und *gk* als langfristige bzw. kurzfristige Grenzkostenkurve, *ldk* als langfristige Durchschnittskostenkurve und *dtk* als totale Durchschnittskostenkurve des natürlichen Monopols. Das integrierte Wasserversorgungsunternehmen würde bei gewinnmaximalen Verhalten die Preis-Mengenkombination p_{nM}*, y_{nM}* wählen und damit eine Betriebsgröße, welche im Vergleich zur Nachfrage gering ist und welche mit der, den hohen Monopolpreis p_{nM}* ermöglichenden, geringen Menge y_{nM}* nicht optimal genutzt wird. Staatliche Regulierung im Hinblick auf den Wasserpreis erfordert jedoch ein Abweichen vom Grundsatz der Gewinnmaximierung. Ein Preis geringer als p_{nM}* hat die Wahl einer größeren Betriebsgröße und die Produktion einer größeren Menge zur Folge: ein verordneter Preis p_{gk} hätte eine Menge y_{gk} zur Folge (entsprechend der 'Preis = Grenzkosten' – Regel bei vollständiger Konkurrenz), würde allerdings eine Unterdeckung der Durchschnittskosten (Kurven *'dk'* bzw. *'ldk'*) implizieren. Ein verordneter Preis p_{dk} hätte eine Menge y_{dk} und damit eine Deckung der kurz- bzw. langfristigen Durchschnittskosten zur Folge (Grundsatz der Kostendeckung).[48] Die Kostenfunktion dieses vertikal integrierten Wasserversorgers kann analog zu *[5.15]* durch *[5.28]* beschrieben werden:

$$C(y_{wv}) = w_T x_T + w_v x_v + [\Sigma_i w_i^f x_i^f(w; x_{T;} x_T) - w_T x_T - w_v x_v] + \Sigma_i w_i^v x_i^v(y_{wv}, w; x_{T;} x_v) \quad [5.28]$$

mit den einzelnen Kostenkomponenten: $w_T x_T$ als versunkener Teil der Fixkosten des Transportnetzes, $w_v x_v$ als versunkener Teil der Fixkosten des Verteilungsnetzes und i = Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung, -transport und -verteilung und aggregiert durch *[5.29]*:

$$C(y_{wv}) = f + \Sigma_i w_i x_i y_{wv} = f + c\, y_{wv} \quad [5.29]$$

[48] "Jeder kostenorientiert verordnete Preis birgt allerdings die Gefahr, dass nicht die Minimalkostenkombinationen realisiert oder mitgeteilt werden und dass Anreize zu kostensenkenden Maßnahmen fehlen." (SCHUMANN 1992, S. 296).

mit den gesamten Fixkosten $f = w_T x_T + w_v x_v + [\Sigma_i w_i^f x_i^f(w;\, x_T,\, x_v) - w_T x_T - w_v x_v]$ und den gesamten variablen Kosten $c = \Sigma_i w_i x_i = \Sigma_i w_i^v x_i^v(y_{wv},\, w;\, x_T,\, x_v)$. Desweiteren soll die Erlös- und die Gewinnfunktion des integrierten Wasserversorgers durch *[5.30]* und *[5.31]* beschrieben werden:

$$E(y_{wv}) = p_{wv}(y_{wv})\, y_{wv} \qquad [5.30]$$

$$G(y_{vw}) = E(y_{wv}) - C(y_{wv}) = p_{wv}(y_{wv})\, y_{wv} - (f + c\, y_{wv}) \qquad [5.31]$$

Das Gewinnmaximierungsproblem des (natürlichen) Monopolisten ist dann:

$$\max.\ \{p_{wv}(y_{wv})\, y_{wv} - (f + c\, y_{wv})\} \qquad [5.32]$$

Die Bedingung erster Ordnung impliziert, dass der Grenzerlös gleich den Grenzkosten sein sollte:

$$E(y_{wv})' - C(y_{wv})' = [p_{wv}(y_{wv}) + p_{wv}'(y_{wv})\, y_{wv}] - c = 0 \qquad [5.33]$$

$$\rightarrow\ p_{wv}(y_{wv}) + p_{wv}'(y_{wv})\, y_{wv} = c$$

Die Bedingung zweiter Ordnung impliziert, dass der Anstieg der Grenzkostenkurve den Anstieg der Grenzerlöskurve übersteigt:

$$E(y_{wv})'' - C(y_{wv})'' \leq 0 \qquad [5.34]$$

$$\rightarrow\ C(y_{wv})'' \geq E(y_{wv})''$$

Dies entspricht der Wassermenge y_{nm}* in *Abbildung 18,* welche den Cournot-Preis p_{nm}* bedeuten würde. Diese Preis-Mengen-Kombination ist jedoch gesamtwirtschaftlich sub-optimal infolge deutlicher Wohlfahrtsverluste und zieht somit staatliches Eingreifen nach sich. Eine staatliche Preissetzung entsprechend der Preis = Grenzkostenregel (p_{gk} und y_{gk} in *Abb. 16*) führt zu einem Defizit für das Wasserversorgungsunternehmen, da die insgesamt anfallenden Kosten (Grenzkostenkurve verläuft unterhalb der Durchschnittskostenkurve) nicht gedeckt werden. Eine staatliche Preissetzung entsprechend dem Grundsatz der Kostendeckung (p_{dk} und y_{dk} in *Abb. 16*) hätte auf der anderen Seite ebenso einen Wohlfahrtsverlust ('deadweight loss') zur Folge. Dies hat in der Wohlfahrstheorie zu unterschiedlichen Lösungsvorschlägen geführt (first best- versus second best-Lösung)[49]. Die Organisation der Wassersektoren in der Realität wird neben ökonomischen Effizienzzielen dementsprechend ebenso durch andere staatliche Zielsetzungen geprägt. Dies gilt vor allem im Hinblick auf politische Zielsetzungen regionaler Entwicklung und Redistribution.[50]

Das 'Pool-Modell'

Modell II unterstellt das Vorliegen eines integrierten natürlichen Monopols für den Wassertransport und die -verteilung. Wie auch in Modell I setzt dies die Subadditivität der Kostenfunktion der beiden Produktionsstufen sowie das Vorliegen von technological economies und/oder Transaktionskostenersparnissen voraus. Eine Separierung der Wassergewinnung und der Wasseraufbereitung resultiert somit in Effizienzgewinnen. Die optimale Betriebsgröße des natürlichen Monopols für den Transport und die Verteilung kann analog zu *Abbildung 18* und Gleichung *[5.28]* bis *[5.34]* bestimmt werden. Hier würde sich wiederum das Problem der staatlichen Preisregulierung stellen. Die optimale Betriebsgröße der Gewinnungs- bzw.

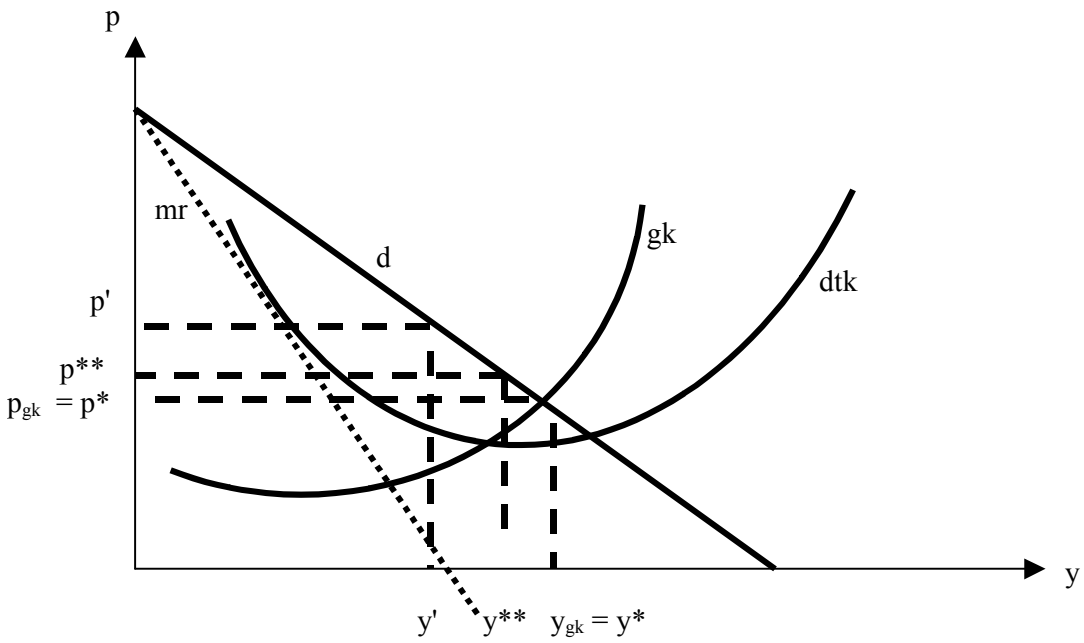
---

[49] Siehe hierzu z. B. SAMUELSON und NORDHAUS (2001) oder SCHUMANN (1992).

[50] "Nevertheless, the statements and actions of policymakers do seem to point rather systematically to the interaction oft two objectives which guide public interventions: (1) economic efficiency and (2) regional economic aid or income redistribution." (YOUNG und HAVEMAN 1995, S. 475).

Aufbereitungsunternehmen als 'preisnehmende' Polypolisten kann wie folgt bestimmt werden (siehe *Abbildung 19*)[51]:

Abbildung 19: Marktstruktur – Preis-Mengen-Kombination



Quelle: Eigene Darstellung.

mit d als Nachfragekurve, mr als Grenzerlöskurve, gk als Grenzkostenkurve und dtk als totale Durchschnittskostenkurve des Polypolisten. Das Wassergewinnungs- bzw. –aufbereitungsunternehmen würde bei gewinnmaximalem Verhalten und extern vorgegebenen Marktpreisen die Preis-Mengenkombination p*, y* wählen und damit eine Betriebsgröße, bei welcher die Grenzkosten die Durchschnittskosten übersteigen. Allerdings ist diese Wettbewerbslösung für einzelne Produktionsstufen infolge geologischer und hydrologischer Gegebenheiten in der Realität eher durch regional begrenzte Märkte gekennzeichnet. Hierdurch erlangen die Wassergewinnungs- und -aufbereitungsunternehmen eine gewisse Preissetzungsmacht (oligopolistische Strukturen) und würden die Preis-Mengenkombination p', y' wählen. Letztere ist jedoch durch die infolge staatl. Trinkwasserpreisregulierung eingeschränkte Zahlungsbereitschaft des integrierten Transport- und Verteilungsunternehmens sowie das Verhalten anderer Oligopolisten begrenzt (siehe Preis-Mengenkombination p**, y**).

Analog zu *[5.29]* kann für ein wettbewerblich produzierendes Wassergewinnungs- und -aufbereitungsunternehmen von der folgenden Kostenfunktion ausgegangen werden:

$$C(y_i) = f + w_i x_i y_i = f + c\, y_i \qquad [5.35]$$

mit den gesamten Fixkosten $f = \Sigma_i w_i^f x_i^f$, und den gesamten variablen Kosten $c = w_i x_i = \Sigma_i w_i^v x_i^v$ und i = Wassergewinnung, Wasseraufbereitung. Desweiteren kann die Bestimmung des Gewinnmaximums analog zu *[5.30]* bis *[5.34]* erfolgen:

[51] Siehe auch SCHUMANN (1992).

$$E(y_i) = p_i(y_i)\, y_i \qquad [5.36]$$

$$G(y_i) = E(y_i) - C(y_i) = p_i(y_i)\, y_i - (f + c\, y_i) \qquad [5.37]$$

$$\max. \{p_i(y_i)\, y_i - (f + c\, y_i)\} \qquad [5.38]$$

Die Bedingung erster Ordnung impliziert wiederum, dass der Grenzerlös gleich den Grenzkosten sein sollte:

$$E(y_i)' - C(y_i)' = [p_i(y_i) + p_i'(y_i)\, y_i] - c = 0 \qquad [5.39]$$

$$\rightarrow \quad p_i(y_i) + p_i'(y_i)\, y_i = c$$

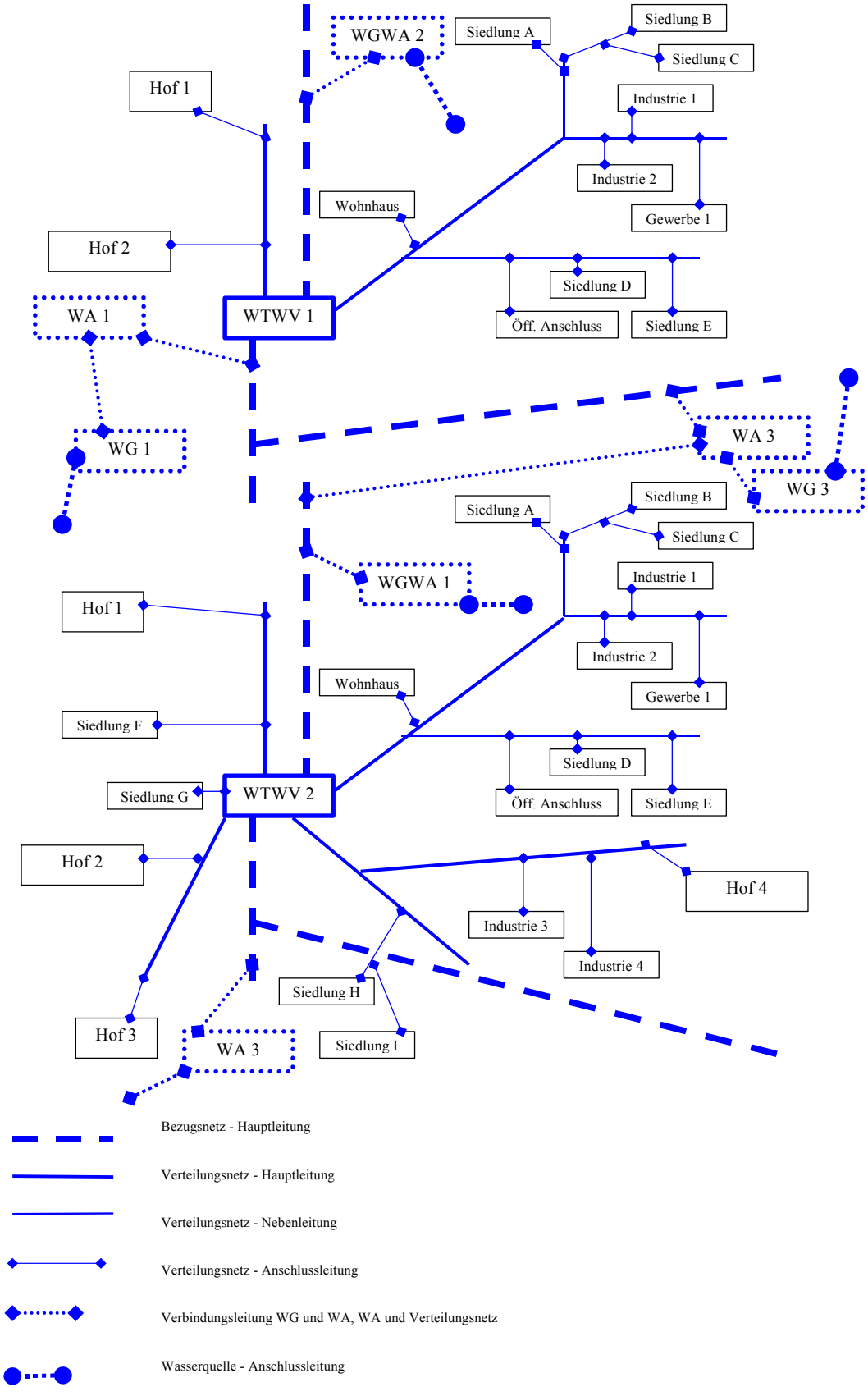
Die Bedingung zweiter Ordnung impliziert schließlich, dass der Anstieg der Grenzkostenkurve den Anstieg der Grenzerlöskurve übersteigt:

$$E(y_i)'' - C(y_i)'' \leq 0 \qquad [5.40]$$

$$\rightarrow \quad C(y_i)'' \geq E(y_i)''$$

Dies entspricht einer Wassermenge y^* und einem Preis p^* in *Abbildung 19* mit der erwähnten Tendenz zu y^{**} und p^{**}. Das 'Pool-Modell' mit einem regional begrenzten, öffentlich betriebenen natürlichen Monopol für Wassertransport und -verteilung (*WTWV* in *Abbildung 20*) sowie je nach hydrologischen Gegebenheiten n-verschiedene – vertikal integrierte oder desintegrierte – privatwirtschaftlich tätige Unternehmen für Wassergewinnung bzw. -aufbereitung (*WGWA* bzw. *WG* und *WA* in *Abb. 20*) kann für eine ländliche Region (bestehend hier aus 2 Kommunen) folgendermaßen skizziert werden (vgl. auch *Abbildung 10*), wobei keine Verbindung zwischen den beiden Bezugs- bzw. Verteilungsnetzen besteht. Dennoch gibt beispielsweise Wasseraufbereiter Nr. 3 (*WA* 3 in *Abb. 20*) Wasser an beide Versorgungsgebiete ab.

Abbildung 20: Skizze eines ländlichen 'Pool-Modells'



Quelle: Eigene Darstellung.

Die vorangegangene ökonomische Analyse der Besonderheiten des Gutes Wasser und der Wasserversorgung legt mit Blick auf die Liberalisierungsdiskussion die Anwendung und Erprobung des 'Pool-Modells' nahe. Eine fundierte Diskussion über Sinn und Unsinn sowie Umsetzbarkeit verschiedener Restrukturierungsmodelle kann – vor dem Hintergrund der Notwendigkeit nachhaltiger Konzepte – allerdings nur auf der Basis empirisch verifizierter ökonomischer Konzepte stattfinden. Dies setzt schließlich die Verfügbarkeit entsprechender Daten voraus.

6 MODELLIERUNG ZENTRALER ÖKONOMISCHER KONZEPTE

Gemäß *Abbildung 16* (Stufen I bis III) müssen für eine begründete optimale Angebotsorganisation die ökonomischen Konzepte der Separabilität (siehe *5.8*)[52], der Skalenerträge (*5.2*) bzw. der Subadditivität (*5.4*) sowie das Vorliegen versunkener Kosten (*5.5*) empirisch überprüft werden. Dies soll im Folgenden exemplarisch für das 'Pool-Modell' (Modell II) gezeigt werden.

6.1 Separabilitätshypothese

Dieses Modell fußt auf der Separabilität der integrierten Produktions- bzw. Kostenfunktionen für Wassergewinnung und -aufbereitung sowie des Wassertransports und -verteilung. Sollte eine solche vorliegen, so würde die Entscheidung einer optimalen Produktion im Rahmen der Gewinnung und Aufbereitung von derjenigen im Rahmen des Transports und der Verteilung unabhängig sein. Dementsprechend wären Effizienzgewinne durch eine Desintegration von Trinkwasserproduktion und Trinkwasserversorgung zu erwarten. Eine Möglichkeit zur empirischen Überprüfung dieser Separabilitätshypothese soll hier anhand einer zweimal differenzierbaren Produktionsfunktion gezeigt werden. In Anlehnung an *[3.1]* kann diese wie folgt skizziert werden:[53]

$$Y_{wv} = y_g + y_a + y_T + y_v = f\,(GA\,(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_{eg,}\, k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea}),\, TV\,(k_T, x_{mT}, x_{lT}, x_{eT,}\, k_v, x_{mv}, x_{lv}, x_{ev})\,) \qquad [6.1]$$

mit GA als integrierter Produktionsfunktion der Wassergewinnung und -aufbereitung sowie TV als integrierte Produktionsfunktion des Wassertransports und der -verteilung. Unter Rückgriff auf GOLDMAN und UZAWA (1964) bzw. die von BERNDT und CHRISTENSEN (1973, 1974) entwickelten Restriktionen können diese Produktionsfunktionen Y_{wv} auf primale Separabilität[54] hin untersucht werden[55]. Hiernach können zwei Inputfaktoren *i* und *j* einer zweimal dif-

---

[52] Alternativ zur empirischen Überprüfung der Separabilitätshypothese kann ebenso das Konzept der Verbundvorteile (economies of scope) getestet werden. Hier wäre dann die Frage nach dem Verhältnis der gesamten Kosten einer integrierten Unternehmung zu der Summe der Kosten separater Produktionsstufen nach *[5.13]*: [C(WGWA) + C(WTWV)] / C(WGWAWTWV). Allerdings muss beachtet werden, dass das Konzept der Separabilität im Hinblick auf die Überprüfung der Zulässigkeit ökonomischer Aggregierung umfassender als dasjenige der economies of scope ist und somit erforderlich erscheint.

[53] Im Folgenden: WG = g = Wassergewinnung, WA = a = Wasseraufbereitung, WT = T = Wassertransport und WV = v = Wasserverteilung.

[54] Das vorliegende Problem beinhaltet lediglich zwei verschiedene Untergruppen an Produktionsfaktoren, nämlich solche im Rahmen der Wassergewinnung und -aufbereitung und solche im Rahmen des Wassertransports und -verteilung. Folglich beinhaltet das Vorliegen 'schwacher Separabilität' hier ebenso das Vorliegen 'starker Separabilität' (siehe BERNDT und CHRISTENSEN 1973). BERNDT und CHRISTENSEN (1974) differenzieren desweiteren zwischen linearer: $\sigma_{ik} = \sigma_{jk} = 1$, und nicht-linearer: $\sigma_{ik} = \sigma_{jk}$ Separabilität (mit σ als partielle Substitutionselastizität nach ALLEN-UZAWA (AUES)), wobei die hier verfolgte beispielhafte Anwendung sich auf die nicht lineare, flexiblere Form ($\sigma_{ik} = \sigma_{jk}$) bezieht.

[55] Siehe auch DIEWERT und WALES (1995) bzw. FRONDEL und SCHMIDT (2000).

ferenzierbaren Produktionsfunktion Y_{wv} mit nicht abnehmenden ersten und zweiten partiellen Ableitungen als separabel vom Inputfaktor k bezeichnet werden, wenn gilt:

$$\partial/\partial x_k \left[(\partial Y_{wv}/\partial x_i) / (\partial Y_{wv}/\partial x_j)\right] = 0 \qquad [6.2]$$

$$\rightarrow \left[(\partial^2 Y_{wv}/\partial x_i \partial x_k) / (\partial Y_{wv}/\partial x_j)\right] - \left[(\partial^2 Y_{wv}/\partial x_j \partial x_k) / (\partial Y_{wv}/\partial x_i)\right] = 0$$

$$= \partial/\partial x_k (\partial x_j/\partial x_i) = 0 \qquad [6.3]$$

mit $-\partial x_j/\partial x_i$ als Marginale Rate der Substitution (MRS) von *i* und *j*. Um diese Restriktion für alle relevanten Inputs statistisch zu testen, kann eine flexible Translog-Produktionsfunktion zugrunde gelegt werden[56]:

$$\ln y_{WV} = \beta_0 + \Sigma_{i=1}^{n} \beta_i \ln X_i + 1/2 \, \Sigma_{j=1}^{n} \Sigma_{i=1}^{n} \beta_{ij} \ln X_i \ln X_j \qquad [6.4]$$

mit n = Anzahl der Inputs ($i, j \in N_1$, $k \notin N_1$)[57], y_{WV} = gesamter Wasseroutput in m^3 und X_i, X_j als fixe und variable Inputs mit $i, j = k_g$ (eingesetztes Kapital in der Wassergewinnung), m_g (eingesetztes Material in der Wassergewinnung), *lg* (eingesetztes Personal in der Wassergewinnung), e_g (eingesetzte Energie in der Wassergewinnung), K_a (eingesetztes Kapital in der Wasseraufbereitung), m_a (eingesetztes Material in der Wasseraufbereitung), l_a (eingesetztes Personal in der Wasseraufbereitung), e_a (eingesetzte Energie in der Wasseraufbereitung), K_T (eingesetztes Kapital in der Wasserspeicherung), m_T (eingesetztes Material in der Wasserspeicherung), l_T (eingesetztes Personal in der Wasserspeicherung), e_T (eingesetzte Energie in der Wasserspeicherung, K_v (eingesetztes Kapital in der Wasserverteilung, m_v (eingesetztes Material in der Wasserverteilung), l_v (eingesetztes Personal in der Wasserverteilung), e_v (eingesetzte Energie in der Wasserverteilung). Siehe *Appendix 8.4* für die ausformulierte Schreibweise.

Für die Translog-Produktionsfunktion in *[6.4]* werden nach *[6.3]* die folgenden Restriktionen *[6.5]* angewandt (siehe ausformuliert *Appendix 8.5*):

$$\partial(MRS_{xixj}) / \partial x_k = 0 \qquad [6.5]$$

mit $x_i = k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_{eg}, k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea;}$ $x_j = x_{mg}, x_{lg}, x_{eg}, k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea;}$ $x_k = k_T, x_{mT}, x_{lT}, x_{eT}, k_v, x_{mv}, x_{lv}, x_{ev}$. Für die Inputparameter ergeben sich dann die folgenden Restriktionen *[6.6]*:

$$\beta_{xixk} = \beta_{xjxk} = 0 \qquad [6.6]$$

Sollte eine ökonomische Separabilität der Wassergewinnung und -aufbereitung von Wassertransport und -verteilung vorliegen, dann können keine technischen Interaktionen zwischen den einzelnen Inputs bestätigt werden. Folglich müssen die Inputparameter in *[6.6]* im Rahmen der statistischen Überprüfung also den Wert Null erhalten, was 64 Restriktionen für die Translog-Produktionsfunktion impliziert.

---

[56] Ebenso könnte hier jede andere flexible Funktion implementiert werden.

[57] Die große Zahl der zu schätzenden Parameter erfordert allerdings ausreichende Freiheitsgrade im Hinblick auf das Sample der Wasserversorgungsunternehmen.

Abbildung 21: 'Pool-Modell' – Inputparameterabhängigkeiten

	βkg	βmg	βlg	βeg	βka	βma	βla	βea
βkT	0	0	0	0	0	0	0	0
βmT	0	0	0	0	0	0	0	0
βlT	0	0	0	0	0	0	0	0
βeT	0	0	0	0	0	0	0	0
βkv	0	0	0	0	0	0	0	0
βmv	0	0	0	0	0	0	0	0
βlv	0	0	0	0	0	0	0	0
βev	0	0	0	0	0	0	0	0

Quelle: Eigene Darstellung.

Eine Überprüfung der Separabilitätshypothese für eine vollständige Desintegration der einzelnen Stufen der Wasserproduktion und -versorgung:

$$Y_{wv} = f\,(G\,(k_g, x_{mg}, x_{lg}, x_{eg}), A\,(k_a, x_{ma}, x_{la}, x_{ea}), T\,(k_T, x_{mT}, x_{lT}, x_{eT}), V\,(k_v, x_{mv}, x_{lv}, x_{ev})) \quad [6.7]$$

würde analog hierzu, dargestellt in der folgenden Inputmatrix (siehe *Abbildung 22*), 96 Restriktionen (dunkel markiert) bedeuten[58]:

Abbildung 22: Vollständige Desintegration – Inputparameterabhängigkeiten

	βkg	βmg	βlg	βeg	βka	βma	βla	βea	βkT	βmT	βlT	βeT	βkv	βmv	βlv	βev
βkg	1	≠ 0	≠ 0	≠ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
βmg	≠ 0	1	≠ 0	≠ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
βlg	≠ 0	≠ 0	1	≠ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
βeg	≠ 0	≠ 0	≠ 0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
βka	0	0	0	0	1	≠ 0	≠ 0	≠ 0	0	0	0	0	0	0	0	0
βma	0	0	0	0	≠ 0	1	≠ 0	≠ 0	0	0	0	0	0	0	0	0
βla	0	0	0	0	≠ 0	≠ 0	1	≠ 0	0	0	0	0	0	0	0	0
βea	0	0	0	0	≠ 0	≠ 0	≠ 0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
βkT	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≠ 0	≠ 0	≠ 0	0	0	0	0
βmT	0	0	0	0	0	0	0	0	≠ 0	1	≠ 0	≠ 0	0	0	0	0
βlT	0	0	0	0	0	0	0	0	≠ 0	≠ 0	1	≠ 0	0	0	0	0
βeT	0	0	0	0	0	0	0	0	≠ 0	≠ 0	≠ 0	1	0	0	0	0
βkv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≠ 0	≠ 0	≠ 0
βmv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≠ 0	1	≠ 0	≠ 0
βlv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≠ 0	≠ 0	1	≠ 0
βev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≠ 0	≠ 0	≠ 0	1

Quelle: Eigene Darstellung.

Sollten die Werte dieser Inputparameter durch eine empirische Überprüfung bestätigt werden, so wären Effizienzgewinne durch eine Desintegration von Trinkwasserproduktion (Wassergewinnung und -aufbereitung) und Trinkwasserversorgung (Wassertransport und -verteilung) im Rahmen des 'Pool-Modells' zu erwarten.

6.2 Skalenertragshypothese

Das 'Pool-Modell' beruht auf der Produktionsstruktur zweier Mehrproduktunternehmungen (*WGWA* und *WTWV*), so dass die Prüfung der Subadditivitätsbedingung zur Bestimmung eines natürlichen Monopols für beide 'Untergruppen' an Produktionsfaktoren zu erfolgen hat.

[58] Die große Anzahl der Parameterrestriktionen könnte Probleme im Hinblick auf die erforderlichen Freiheitsgrade bereiten. Diesem Problem kann durch die Schätzung eines Gleichungssystems auf der Basis der Produktionsfunktion *[6.4]* begegnet werden.

Dennoch soll an dieser Stelle kurz auf die empirische Überprüfung von Skalenerträgen im Einproduktfall eingegangen werden. Nach *[5.4]* kann die Bedingung für das Vorliegen von economies of scale durch *[6.8]* formuliert werden:

$$MC_i / AC_i = (\partial C_i/\partial y_i) / (C_i/y_i) < 1 \qquad [6.8]$$

d.h. für den Fall einer vollständig desintegrierten Wasserversorgung:

$$(\partial C_g/\partial y_g) / (C_g/y_g) < 1 \wedge (\partial C_a/\partial y_a) / (C_a/y_a) < 1 \wedge$$
$$(\partial C_T/\partial y_T) / (C_T/y_T) < 1 \wedge (\partial C_v/\partial y_v) / (C_v/y_v) < 1 \qquad [6.9]$$

Legt man die zu *[6.4]* korrespondierende duale Kostenfunktion zugrunde:

$$\ln C_i = \beta_0 + \beta_i \ln Y_i + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{ni} \ln W_{ni} + 1/2 \Sigma_{n=1}^{m} \Sigma_{o=1}^{r} \beta_{nioi} \ln W_{ni} \ln W_{oi}$$
$$+ \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{ini} \ln W_{ni} \ln Y_i + 1/2 \beta_{ii} \ln Y_i \ln Y_i \qquad [6.10]$$

so dass:

$$\ln C_g = \beta_0 + \beta_g \ln y_g + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{ng} \ln w_{ng} + 1/2 \Sigma_{n=1}^{m} \Sigma_{o=1}^{r} \beta_{ngog} \ln w_{ng} \ln w_{og}$$
$$+ \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{gng} \ln w_{ng} \ln y_g + 1/2 \beta_{gg} (\ln y_g)^2 \qquad [6.11]$$

$$\ln C_a = \beta_0 + \beta_a \ln y_a + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{na} \ln w_{na} + 1/2 \Sigma_{n=1}^{m} \Sigma_{o=1}^{r} \beta_{naoa} \ln w_{na} \ln w_{oa}$$
$$+ \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{ana} \ln w_{nas} \ln y_a + 1/2 \beta_{aa} (\ln y_a)^2 \qquad [6.12]$$

$$\ln C_T = \beta_0 + \beta_T \ln y_T + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{nT} \ln w_{nT} + 1/2 \Sigma_{n=1}^{m} \Sigma_{o=1}^{r} \beta_{nToT} \ln w_{nT} \ln w_{oT}$$
$$+ \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{TnT} \ln w_{nT} \ln y_T + 1/2 \beta_{TT} (\ln y_T)^2 \qquad [6.13]$$

$$\ln C_v = \beta_0 + \beta_v \ln y_v + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{nv} \ln w_{nv} + 1/2 \Sigma_{n=1}^{m} \Sigma_{o=1}^{r} \beta_{nvov} \ln w_{nv} \ln w_{ov}$$
$$+ \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{vnv} \ln w_{nv} \ln y_v + 1/2 \beta_{vv} (\ln y_v)^2 \qquad [6.14]$$

Die geschätzten Parameterwerte können dann für jedes Untenehmen *u* der jeweiligen Produktionsstufe *i* in *[6.15]* eingesetzt werden:

$$MC_{iu} / AC_{iu} = (\partial C_{iu}/\partial y_{iu}) / (C_{iu}/y_{iu}) \qquad [6.15]$$

mit *u = 1, ..., U* und *i = g, a, T* und *v*, wobei MC_{iu} pro Outputeinheit durch die jeweilige partielle Ableitung *[6.16]* bis *[6.19]* gewonnen wird:

$$\partial \ln C_{gu}/\partial \ln y_{gu} = \beta_{gu} + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{gnu} \ln w_n + 1/2 \beta_{ggu} \ln y_g \qquad [6.16]$$

$$\partial \ln C_{au}/\partial \ln y_{au} = \beta_{au} + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{anu} \ln w_n + 1/2 \beta_{aau} \ln y_a \qquad [6.17]$$

$$\partial \ln C_{Tu}/\partial \ln y_{Tu} = \beta_{Tu} + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{Tnu} \ln w_n + 1/2 \beta_{TTu} \ln y_T \qquad [6.18]$$

$$\partial \ln C_{vu}/\partial \ln y_{vu} = \beta_{vu} + \Sigma_{n=1}^{m} \beta_{vnu} \ln w_n + 1/2 \beta_{vvu} \ln y_v \qquad [6.19]$$

Sollte hierdurch *[6.8]* bestätigt werden, so könnte man für das betreffende Unternehmen bzw. die Produktionsstufe von natürlichen Monopoleigenschaften ausgehen.

6.3 Subadditivitätshypothese

Sollte eine Subadditivität der Kostenfunktion eines Wasserversorgungsunternehmens $C(y_{wv})$ vorliegen, so muss die Ungleichung aus *[5.12]* für alle Produktionsstufen gelten. Demnach muss für das 'Pool-Modell' anhand empirischer Daten gezeigt werden, dass:

$$C (y_g, y_a) + C (y_T, y_v) > C (y_{wv}) \qquad [6.20]$$

mit den Produkten aus Wassergewinnung, -aufbereitung, -transport und -verteilung: y_g, y_a, y_T und y_v. Ein Maß zur relativen Bewertung der (lokalen) Subadditivität eines Unternehmens oder der integrierten Produktion kann mittels *sub(•)* in *[6.21]* berechnet werden[59]:

$$\text{sub}\,(C(y_{wv}^*)) = \{C(y_{wv}) - [C(y_g, y_a) + C(y_T, y_v)]\} / C(y_{wv}) \qquad [6.21]$$

$\text{sub}\,(C(y_{wv}^*)) < 0 \rightarrow C(y_{wv})$ ist subadditiv am Punkt (y_{wv}^*)[60]

$\text{sub}\,(C(y_{wv}^*)) = 0 \rightarrow C(y_{wv})$ ist additiv am Punkt (y_{wv}^*)

$\text{sub}\,(C(y_{wv}^*)) > 0 \rightarrow C(y_{wv})$ ist superadditiv am Punkt (y_{wv}^*)

Folglich führen Ergebnisse $sub(C(y_{wv}^*)) \geq 0$ zur Ablehnung der Subadditivitätshypothese für die Wasserversorgung. Hierbei ist zu beachten, dass die hier ausgeführte lokale Subadditivität nicht die globale Subadditivität über die gesamte Reichweite der jeweiligen Kostenfunktion impliziert. Unter Schätzung der Kostenfunktionen *[6.22]* bis *[6.24]*:

$$\ln C_{wv} = \beta_{0wv} + \beta_{wv}\ln y_{wv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nwv}\ln w_{nwv} + 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{nwvowv}\ln w_{nwv}\ln w_{owv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{wvnwv}\ln w_{nwv}\ln y_{wv} + 1/2\,\beta_{wvwv}(\ln y_{wv})^2 \qquad [6.22]$$

$$\ln C_{ga} = \beta_{0ga} + \beta_{ga}\ln y_{ga} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nga}\ln w_{nga} + 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{ngaoga}\ln w_{nga}\ln w_{oga} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{ganga}\ln w_{nga}\ln y_{ga} + 1/2\,\beta_{gaga}(\ln y_g)^2 \qquad [6.23]$$

$$\ln C_{Tv} = \beta_{0Tv} + \beta_{Tv}\ln y_{Tv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nTv}\ln w_{nTv} + 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{nTvoTv}\ln w_{nTv}\ln w_{oTv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nTv}\ln wTv_{nTv}\ln y_{Tv} + 1/2\,\beta_{TvTv}(\ln y_{Tv})^2 \qquad [6.24]$$

kann nach *[6.25]* der Grad der lokalen Subadditivität für einen Wasserversorger oder ein Sample an Wasserversorgern[61] berechnet werden:

$$\text{sub}(C(y_{wv}^*)) = \{C(y_{wv}^*) - [C(y_{ga}^*) + C(y_{Tv}^*)]\} / C(y_{wv}^*) \qquad [6.25]$$

indem *[6.22]* bis *[6.24]* in *[6.25]* eingesetzt werden, so dass:

$$\begin{aligned}\text{sub}(C(y_{wv}^*)) = \{&[\beta_{0wv} + \beta_{wv}\ln y_{wv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nwv}\ln w_{nwv} \\ &+ 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{nwvowv}\ln w_{nwv}\ln w_{owv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{wvnwv}\ln w_{nwv}\ln y_{wv} \\ &+ 1/2\,\beta_{wvwv}(\ln y_{wv})^2] - [\beta_{0ga} + \beta_{ga}\ln y_{ga} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nga}\ln w_{nga} \\ &+ 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{ngaoga}\ln w_{nga}\ln w_{oga} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{ganga}\ln w_{nga}\ln y_{ga} \\ &+ 1/2\,\beta_{gaga}(\ln y_g)^2] - [\beta_{0Tv} + \beta_{Tv}\ln y_{Tv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nTv}\ln w_{nTv} \\ &+ 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{nTvoTv}\ln w_{nTv}\ln w_{oTv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{TvnTv}\ln w_{nTv}\ln y_{Tv} \\ &+ 1/2\,\beta_{TvTv}(\ln y_{Tv})^2]\} / [\beta_{0wv} + \beta_{wv}\ln y_{wv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{nwv}\ln w_{nwv} \\ &+ 1/2\,\Sigma_{n=1}^{m}\Sigma_{o=1}^{r}\beta_{nwvowv}\ln w_{nwv}\ln w_{owv} + \Sigma_{n=1}^{m}\beta_{wvnwv}\ln w_{nwv}\ln y_{wv} \\ &+ 1/2\,\beta_{wvwv}(\ln y_{wv})^2]\end{aligned} \qquad [6.26]$$

Sollte schließlich $sub(C(y_{wv}^*)) < 0$ sein, so kann von einer (lokalen) Subadditivität der Kostenfunktion eines Mehrproduktunternehmens Wasserversorgung ausgegangen werden. Demnach könnte man für das betreffende Unternehmen bzw. den Sektor von natürlichen Mono-

---

[59] Siehe für eine beispielhafte Anwendung auch EVANS und HECKMAN (1984).

[60] Der Punkt y_{wv}^* ist determiniert durch die unterstellte Produktionstechnologie, die Inputpreise und das Outputniveau.

[61] Berechnet jeweils am Sampledurchschnitt.

poleigenschaften ausgehen und mittels einer partiellen Desintegration im Rahmen des 'Pool-Modells' in Wassergewinnung und -aufbereitung bzw. Wassertransport und -verteilung würden keine Effizienzgewinne erzielt.

6.4 Irreversibilitätshypothese

Die empirische Quantifizierung des Ausmaßes der irreversiblen Investitionen eines integrierten Wasserversorgers setzt schließlich die Verfügbarkeit von den jeweiligen Kostenarten zurechenbaren Daten auf Unternehmensebene voraus. Unter Rückgriff auf *[5.15]* können die versunkenen Kosten dann nach *[6.27]* bzw. *[6.28]* berechnet werden:

$$TC_{wv} = w_T x_T + w_v x_v + [\Sigma_i w_i^f x_i^f - w_T x_T - w_v x_v] + \Sigma_i w_i^v x_i^v$$

$$= C_{Ir} + \Sigma_i w_i^{ff} x_i^{ff} + \Sigma_i w_i^v x_i^v \quad [6.27]$$

$$C_{Ir} = TC_{wv} - \Sigma_i w_i^{ff} x_i^{ff} - \Sigma_i w_i^v x_i^v \quad [6.28]$$

mit C_{Ir} als versunkene Kosten, TC_{wv} als gesamte Kosten und $\Sigma_i w_i^{ff} x_i^{ff}$ bzw. $\Sigma_i w_i^v x_i^v$ als wirklich fixe (ohne irreversible) bzw. variable Kosten der einzelnen integrierten Produktionsstufen des Wasserversorgers. Für desintegrierte Einproduktunternehmen der Produktionsstufe *i* lautet *[6.28]* dann entsprechend:

$$C_{Iri} = TC_i - [w_i^{ff} x_i^{ff}] - w_i^v x_i^v \quad [6.29]$$

Eine wesentliche Irreversibilität der Investitionen bedeutet meist eine geringe Bestreitbarkeit des jeweiligen Marktes. Vor allem im Hinblick auf natürliche Monopole kann eine geringe Bestreitbarkeit in Form einer hohen Marktkonzentration und einer geringen Markteintritts- und -austrittsrate einen hohen Anteil an irreversibler Investitionen der Marktteilnehmer implizieren. Für die Messung der Konzentration eines Wassersektors kann zum einen der *'Herfindahl-Hirschman Index H_{ws}'* angewandt werden:

$$H_{wsi} = \Sigma_{ji}^n s_{ji}^2 \quad [6.30]$$

mit *n* = Zahl der Wasserunternehmen und s_j als dem Marktanteil des Anbieters j (Umsatz von Unternehmen j als Anteil des Gesamtumsatzes im Markt) für die Produktionsstufe *i = g, a, T, v* bzw. *wv*. Für ein den jeweiligen Wassersektor vollständig versorgendes (natürliches) Monopol würde *n = 1* gelten.[62] Zum anderen kann jedoch ebenso die *'m-firm-concentration CR_{ws}'* genutzt werden:

$$CR_{wsi} = \Sigma_{ji}^n s_{(ji)} \quad [6.31]$$

mit *n* = Zahl der Wasserunternehmen und s_j wiederum als dem Marktanteil des Anbieters *j* für die Produktionsstufe *i*. Sollte der betreffende Wassersektor stark reguliert sein – wie z. B. in Deutschland der Fall – so könnten hier ebenso andere, weniger stark regulierte nationale Wassersektoren zum Vergleich herangezogen werden. Schließlich können die Frequenz und die Quantität der Marktein- und -austritte im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Unternehmen im Zeitraum *t* für den betreffenden Wassersektor als ein Anzeichen für das Ausmaß irreversibler Investitionen gewertet werden. Anhand dieser Kennzahl könnte die Bestreitbarkeit verschiedener Märkte/Sektoren verglichen werden. Hierbei müssen rechtlich gesetzte Schranken für die Investition bzw. Desinvestition berücksichtigt werden. Eine solche Kennzahl könnte nach *[6.32]* berechnet werden:

$$(E^i_{t0-(t-1)} + A^i_{t0-(t-1)}) / n^i_{t0} \geq 0 \quad [6.32]$$

$$n^{i}_{t0} = n^{i}_{(t-1)} + E^{i}_{t0-(t-1)} - A^{i}_{t0-(t-1)}\text{, und}$$

$$(E^{1}_{t0-(t-1)} + A^{1}_{t0-(t-1)}) / n^{1}_{t0} > (E^{2}_{t0-(t-1)} + A^{2}_{t0-(t-1)}) / n^{2}_{t0} \rightarrow$$

Bestreitbarkeit von Wassermarkt 1 höher als Bestreitbarkeit von Wassermarkt 2.

mit i = Wassermarkt 1, ... Wassermarkt m. nt = Anzahl der Wasserunternehmen im Markt zum Zeitpunkt t, n(t-1) = Anzahl der Wasserunternehmen im Markt zum Zeitpunkt (t-1), Et0 – (t-1) = Markteintritte im Zeitraum t – (t-1), At0 – (t-1) = Marktaustritte im Zeitraum t – (t-1). Sollte also mittels dieser Konzepte das Vorherrschen wesentlicher Irreversibilitäten im Wassermarkt i empirisch zu belegen sein, könnte bei Bestätigung der Separabilitäts- sowie Subadditivitätshypothese nach *Abbildung 16* ein unbestreitbares natürliches Monopol weitgehende regulierende Eingriffe rechtfertigen.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Diese Arbeit diskutiert die optimale Organisation der Wasserversorgung vor dem Hintergrund grundlegender Gutscharakteristika, der spezifischen Produktionsstruktur und unter Anwendung zentraler ökonomischer Konzepte wie z. B. Skaleneffekte, Verbundvorteile, vertikale Integration oder Separabilität. Natürliche Monopolstrukturen werden in der einschlägigen Literatur meist theoretisch unterstellt, wurden für den deutschen Wassersektor bisher jedoch nicht empirisch überprüft. Ebenso wurde die anhaltende Liberalisierungsdiskussion im deutschen Wassersektor überblicksartig dargestellt. Unter Anwendung der diskutierten ökonomischen Konzepte wurde schließlich eine Taxonomie zur theoretischen und empirischen Bestimmung der optimalen Struktur eines Wassersektors erarbeitet und die optimale Betriebsgröße im Hinblick auf die jeweilige Preis-Mengen-Kombination theoretisch abgeleitet. Es zeigt sich, dass für eine begründete optimale Angebotsorganisation die ökonomischen Konzepte der Separabilität, der Skalenerträge bzw. der Subadditivität sowie das Vorliegen versunkener Kosten empirisch verifiziert werden müssen.

Im Hinblick auf eine Restrukturierung der Wasserversorgung in ländlichen Regionen Deutschlands könnte das beschriebene 'Pool-Modell' eine Alternative zur derzeitigen integrierten Verbundlösung darstellen. Das Monopol könnte so auf den Kern des Netzmonopols reduziert werden. Ein möglicher Wettbewerb (im oder um den Markt) zwischen mehreren Gewinnungs- und/oder Aufbereitungsunternehmen sowie zwischen verschiedenen Netzbetreibern oder Abrechnungsdienstleistern könnte bei effektiver Preis- und Qualitätskontrolle in Effizienzgewinnen (in Form sinkender Kosten und Preise) resultieren. Das zuvor erarbeitete Vorgehen zur empirischen Überprüfung der Validität unterstellter ökonomischer Konzepte wurde anschließend exemplarisch für das beschriebene 'Pool-Modell' modelliert. Unterstellte Effizienzgewinne infolge einer die reale Marktsituation prägenden, vertikalen Integrationslösung müssten also den unterstellten Effizienzverlusten infolge einer – partiellen oder totalen – desintegrierten Lösung gegenübergestellt werden.

Eine effektive und nachhaltige politische Liberalisierungs- bzw. Deregulierungsentscheidung sollte stets um eine empirische Fundierung bemüht sein. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine ausreichende Markttransparenz sowie die Verfügbarkeit vergleichbarer Daten auf Betriebsebene.[63] Neben ökonomischen Prinzipien und Konzepten müssen schließlich ebenso

---

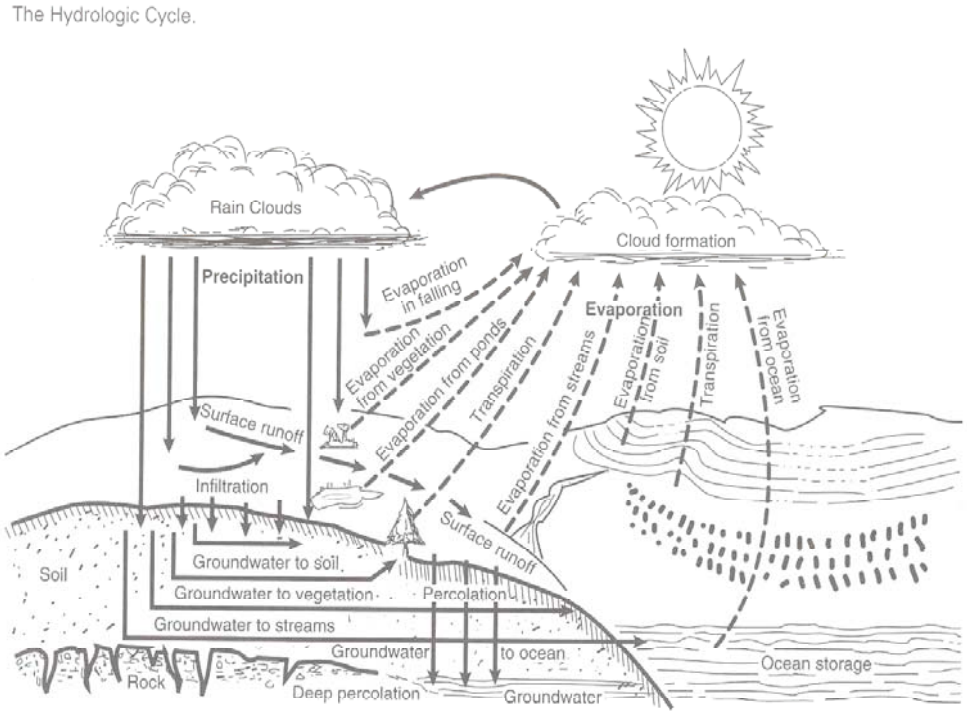
[62] H sinkt bei gleichen Unternehmensgrößen mit der Zahl der Unternehmen, für gegebene Unternehmenszahl steigt H mit steigender Asymmetrie der Firmen.

[63] Vor diesem Hintergrund wurde im Hinblick auf weitere Forschungsarbeiten eine Datensammlung für Wasserversorgungsunternehmen in ländlichen Regionen Ost- und Westdeutschlands sowie Polens durchgeführt (siehe SAUER 2003b).

kulturelle und hieraus erwachsende politische Zielsetzungen (bspw. 'Daseinsvorsorge') bei der Analyse der realen und Bestimmung der optimalen Angebotsorganisation berücksichtigt werden.

8 APPENDIX

8.1 Der Hydrologische Zyklus



Quelle: TIETENBERG 2000.

8.2 Dualität von Produktions- und Kostenfunktion

$$y = a\, r_1^{\,b}\, r_2^{\,1-b}$$

[A.1]

mit $a > 0$, $0 < b < 1$ (*CobbDouglas*-Produktionsfunktion).

$$L = q_1 r_1 + q_2 r_2 + F + \lambda (y^* - a\, r_1^{\,b}\, r_2^{\,1-b})$$

[A.2]

(*Lagrange*-Funktion)

$$dL/dr_1 = q_1 - \lambda\, b/r_1\, (a\, r_1^{\,b}\, r_2^{\,1-b}) = q_1 - \lambda\, b/r_1\, y^* = 0$$

[A.3]

$$dL/dr_2 = q_2 - \lambda\, (1-b)/r_2\, (a\, r_1^{\,b}\, r_2^{\,1-b}) = q_2 - \lambda\, (1-b)/r_2\, y^* = 0$$

[A.4]

$$dL/d\lambda = y^* - a\, r_1^{\,b}\, r_2^{\,1-b} = 0$$

[A.5]

(Bedingungen 1. Ordnung)

Aus *[A.2]* und *[A.3]* folgt:

$$q_2/q_1 = (1\text{-}b) / b\ (r_1/r_2)$$

[A.6]

$$r_1 = b / (1\text{-}b)\ (q_2/q_1)\ r_2 = c\ r_2$$

[A.7]

mit $c = (b/1\text{-}b)\ (r_1/r_2)$

[A.8]

c = constant.

Aus *[A.7]* und *[A.5]* folgt:

$$r_1^* = (c^{1-b} / a)\ y^*$$

[A.9]

$$r_2^* = (c^{-b} / a)\ y^* \qquad [A.10]$$

(Kostenminimierende Faktorkombination)

$$K = r_1q_1 + r_2q_2 + F \qquad [A.11]$$

(Gesamtkostenfunktion)

$$K(y) = k(y) + F = c^{1-b}/a\ yq_1 + c^{-b}/a\ yq_2 + F = 1/a\ (c^{1-b}q_1 + c^{-b}q_2)\ y + F \qquad [A.12]$$

Aus *[A.12]* und *[A.8]*:

$$K = 1/a\ [(b/((1\text{-}b)(q_2/q_1))^{1-b}q_1 + (b/((1\text{-}b)(q_2/q_1))^{-b}q_2]\ y + F \qquad [A.13]$$

(*CobbDouglas*-Kostenfunktion)

$$dK/dq_1 = bk/a\ (q_2/q_1)^{1-b}\ y = r_1^* \qquad [A.14]$$

$$dK/dq_2 = (1\text{-}b)k/a\ (q_2/q_1)^{-b}\ y = r_2^* \qquad [A.15]$$

$$\textit{mit}\ k = (b/1\text{-}b)^{1-b} + (b/1\text{-}b)^b \qquad [A.16]$$

(Partielle Ableitungen nach Faktorpreisen gemäß *Shephards Lemma* entsprechen den kostenminimierenden Faktormengen *[A.9]* und *[A.10]*). Auflösen von *[A.14]* nach q_2/q_1 und Einsetzen in *[A.15]* ergibt *[A.1]* die *CobbDouglas*-Produktionsfunktion: $y = a\ r_1^b\ r_2^{1-b}$.

8.3 Sinkende Durchschnittskosten und Subadditivität

$$\text{Definition: } y \equiv \sum_{i=1}^{n} y_i \qquad [A.17]$$

Sinkende Durchschnittskosten implizieren:

$$C(y_i) / y_i > C(y) / y \qquad [A.18]$$

Multiplikation mit y_i und Aufsummieren über alle i:

$$\sum_{i=1}^{n} C(y_i) > \sum_{i=1}^{n} y_i C(y) / y = C(y) \qquad [A.19]$$

entspricht der Subadditivitätsbedingung in *[5.11]*. *Q.E.D.*

8.4 Translog-Produktionsfunktion eines Wasserversorgers (ausformuliert)

$$\ln y_{WV} = \beta_0 + \beta_{kg}\ln k_g + \beta_{xmg}\ln x_{mg} + \beta_{xlg}\ln x_{lg} + \beta_{xeg}\ln x_{eg} + \beta_{ka}\ln k_a + \beta_{xma}\ln x_{ma}$$
$$+ \beta_{xla}\ln x_{la} + \beta_{xea}\ln x_{ea} + \beta_{kT}\ln k_T + \beta_{xmT}\ln x_{mT} + \beta_{xlT}\ln x_{lT} + \beta_{xeT}\ln x_{eT} + \beta_{kv}\ln k_v$$

$$
\begin{aligned}
&+ \beta_{xmv}\ln x_{mv} + \beta_{xlv}\ln x_{lv} + \beta_{xev}\ln x_{ev} \\
&+ \tfrac{1}{2}\{\gamma_{kg}(\ln_{kg})^2 + \gamma_{xmg}(\ln x_{mg})^2 + \gamma_{xlg}(\ln x_{lg})^2 + \gamma_{xeg}(\ln x_{eg})^2 + \gamma_{ka}(\ln k_a)^2 \\
&+ \gamma_{xma}(\ln x_{ma})^2 + \gamma_{xla}(\ln x_{la})^2 + \gamma_{xea}(\ln x_{ea})^2 + \gamma_{kT}(\ln k_T)^2 + \gamma_{xmT}(\ln x_{mT})^2 \\
&+ \gamma_{xlT}(\ln x_{lT})^2 + \gamma x_{eT}(\ln x_{eT})^2 + \gamma_{kv}(\ln k_v)^2 + \gamma_{xmv}(\ln x_{mv})^2 + \gamma_{xlv}(\ln x_{lv})^2 \\
&+ \gamma_{xev}(\ln x_{ev})^2\} \\
&+ \beta_{kgxmg}\ln k_g \ln x_{mg} + \beta_{kgxlg}\ln k_g \ln x_{lg} + \beta_{kgxeg}\ln k_g \ln x_{eg} + \beta_{kgka}\ln k_g \ln k_a \\
&+ \beta_{kgxma}\ln k_g \ln x_{ma} + \beta_{kgxla}\ln k_g \ln x_{la} + \beta_{kgxea}\ln k_g \ln x_{ea} + \beta_{kgkT}\ln k_g \ln k_T \\
&+ \beta_{kgxmT}\ln k_g \ln x_{mT} + \beta_{kgxlT}\ln k_g \ln x_{lT} + \beta_{kgxeT}\ln k_g \ln x_{eT} + \beta_{kgkv}\ln k_g \ln k_v \\
&+ \beta_{kgxmv}\ln k_g \ln x_{mv} + \beta_{kgxlv}\ln k_g \ln x_{lv} + \beta_{kgxev}\ln k_g \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{xmgxlg}\ln x_{mg} \ln x_{lg} + \beta_{xmgxeg}\ln x_{mg} \ln x_{eg} + \beta_{xmgka}\ln x_{mg} \ln k_a + \beta_{xmgxma}\ln x_{mg} \ln x_{ma} \\
&+ \beta_{xmgxla}\ln x_{mg} \ln x_{la} + \beta_{xmgxea}\ln x_{mg} \ln x_{ea} + \beta_{xmgkT}\ln x_{mg} \ln k_T + \beta_{xmgxmT}\ln x_{mg} \ln x_{mT} \\
&+ \beta_{xmgxlT}\ln x_{mg} \ln x_{lT} + \beta_{xmgxeT}\ln x_{mg} \ln x_{eT} + \beta_{xmgkv}\ln x_{mg} \ln k_v + \beta_{xmgxmv}\ln x_{mg} \ln x_{mv} \\
&+ \beta_{xmgxlv}\ln x_{mg} \ln x_{lv} + \beta_{xmgxev}\ln x_{mg} \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{xlgxeg}\ln x_{lg} \ln x_{eg} + \beta_{xlgka}\ln x_{lg} \ln k_a + \beta_{xlgxma}\ln x_{lg} \ln x_{ma} + \beta_{xlgxla}\ln x_{lg} \ln x_{la} \\
&+ \beta_{xlgxea}\ln x_{lg} \ln x_{ea} + \beta_{xlgkT}\ln x_{lg} \ln k_T + \beta_{xlgxmT}\ln x_{lg} \ln x_{mT} + \beta_{xlgxlT}\ln x_{lg} \ln x_{lT} \\
&+ \beta_{xlgxeT}\ln x_{lg} \ln x_{eT} + \beta_{xlgkv}\ln x_{lg} \ln k_v + \beta_{xlgxmv}\ln x_{lg} \ln x_{mv} + \beta_{xlgxlv}\ln x_{lg} \ln x_{lv} \\
&+ \beta_{xlgxev}\ln x_{lg} \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{xegka}\ln x_{eg} \ln k_a + \beta_{xegxma}\ln x_{eg} \ln x_{ma} + \beta_{xegxla}\ln x_{eg} \ln x_{la} + \beta_{xegxea}\ln x_{eg} \ln x_{ea} \\
&+ \beta_{xegkT}\ln x_{eg} \ln k_T + \beta_{xegxmT}\ln x_{eg} \ln x_{mT} + \beta_{xegxlT}\ln x_{eg} \ln x_{lT} + \beta_{xegxeT}\ln x_{eg} \ln x_{eT} \\
&+ \beta_{xegkv}\ln x_{eg} \ln k_v + \beta_{xegxmv}\ln x_{eg} \ln x_{mv} + \beta_{xegxlv}\ln x_{eg} \ln x_{lv} + \beta_{xegxev}\ln x_{eg} \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{kaxma}\ln k_a \ln x_{ma} + \beta_{kaxla}\ln k_a \ln x_{la} + \beta_{kaxea}\ln k_a \ln x_{ea} + \beta_{kakT}\ln k_a \ln k_T \\
&+ \beta_{kaxmT}\ln k_a \ln x_{mT} + \beta_{kaxlT}\ln k_a \ln x_{lT} + \beta_{kaxeT}\ln k_a \ln x_{eT} + \beta_{kakv}\ln k_a \ln k_v \\
&+ \beta_{kaxmv}\ln k_a \ln x_{mv} + \beta_{kaxlv}\ln k_a \ln x_{lv} + \beta_{kaxev}\ln k_a \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{xmaxla}\ln x_{ma} \ln x_{la} + \beta_{xmaxea}\ln x_{ma} \ln x_{ea} + \beta_{xmakT}\ln x_{ma} \ln k_T + \beta_{xmaxmT}\ln x_{ma} \ln x_{mT} \\
&+ \beta_{xmaxlT}\ln x_{ma} \ln x_{lT} + \beta_{xmaxeT}\ln x_{ma} \ln x_{eT} + \beta_{xmakv}\ln x_{ma} \ln k_v + \beta_{xmaxmv}\ln x_{ma} \ln x_{mv} \\
&+ \beta_{xmaxlv}\ln x_{ma} \ln x_{lv} + \beta_{xmaxev}\ln x_{ma} \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{xlaxea}\ln x_{la} \ln x_{ea} + \beta_{xlakT}\ln x_{la} \ln k_T + \beta_{xlaxmT}\ln x_{la} \ln x_{mT} + \beta_{xlaxlT}\ln x_{la} \ln x_{lT} \\
&+ \beta_{xlaxeT}\ln x_{la} \ln x_{eT} + \beta_{xlakv}\ln x_{la} \ln k_v + \beta_{xlaxmv}\ln x_{la} \ln x_{mv} + \beta_{xlaxlv}\ln x_{la} \ln x_{lv} \\
&+ \beta_{xlaxev}\ln x_{la} \ln x_{ev} \\
&+ \beta_{xeakT}\ln x_{ea} \ln k_T + \beta_{xeaxmT}\ln x_{ea} \ln x_{mT} + \beta_{xeaxlT}\ln x_{ea} \ln x_{lT} + \beta_{xeaxeT}\ln x_{ea} \ln x_{eT} \\
&+ \beta_{xeakv}\ln x_{ea} \ln k_v \\
&+ \beta_{kTxmT}\ln k_T \ln x_{mT} + \beta_{kTxlT}\ln k_T \ln x_{lT} + \beta_{kTxeT}\ln k_T \ln x_{eT} + \beta_{kTkv}\ln k_T \ln k_v \\
&+ \beta_{kTxmv}\ln k_T \ln x_{mv} + \beta_{kTxlv}\ln k_T \ln x_{lv} + \beta_{kTxev}\ln k_T \ln x_{ev} + \beta_{kTxmv}\ln k_T \ln x_{mv}
\end{aligned}
$$

$$+ \beta_{kTxlv}\ln k_T \ln x_{lv} + \beta_{kTxev}\ln k_T \ln x_{ev}$$
$$+ \beta_{xmTxlT}\ln x_{mT}\ln x_{lT} + \beta_{xmTxeT}\ln x_{mT}\ln x_{eT} + \beta_{xmTkv}\ll n x_{mT} n k_v + \beta_{xmTxmv}\ln x_{mT}\ln x_{mv}$$
$$+ \beta_{xmTxlv}\ln x_{mT}\ln x_{lv} + \beta_{xmTxev}\ln x_{mT}\ln x_{ev}$$
$$+ \beta_{xlTxeT}\ln x_{lT}\ln x_{eT} + \beta_{xlTkv}\ln x_{lT}\ln k_v + \beta_{xlTxmv}\ln x_{lT}\ln x_{mv} + \beta_{xlTxlv}\ln x_{lT}\ln x_{lv}$$
$$+ \beta_{xlTxev}\ln x_{lT}\ln x_{ev}$$
$$+ \beta_{xeTkv}\ln x_{eT}\ln k_v + \beta_{xeTxmv}\ln x_{eT}\ln x_{mv} + \beta_{xeTxlv}\ln x_{eT}\ln x_{lv} + \beta_{xeTxev}\ln x_{eT}\ln x_{ev}$$
$$+ \beta_{kvxmv}\ln k_v \ln x_{mv} + \beta_{kvxlv}\ln k_v \ln x_{lv} + \beta_{kvxev}\ln k_v \ln x_{ev}$$
$$+ \beta_{xmvxlv}\ln x_{mv}\ln x_{lv} + \beta_{xmvxev}\ln x_{mv}\ln x_{ev}$$
$$+ \beta_{xlvxev}\ln x_{lv}\ln x_{ev} \qquad [A.20]$$

mit y_{WV} = gesamter Wasseroutput in m^3, x_{kg} = eingesetztes Kapital in der Wassergewinnung, x_{mg} = eingesetztes Material in der Wassergewinnung, x_{lg} = eingesetztes Personal in der Wassergewinnung, x_{eg} = eingesetzte Energie in der Wassergewinnung, K_a = eingesetztes Kapital in der Wasseraufbereitung, x_{ma} = eingesetztes Material in der Wasseraufbereitung, x_{la} = eingesetztes Personal in der Wasseraufbereitung, x_{ea} = eingesetzte Energie in der Wasseraufbereitung, K_T = eingesetztes Kapital in der Wasserspeicherung, x_{mT} = eingesetztes Material in der Wasserspeicherung, x_{lT} = eingesetztes Personal in der Wasserspeicherung, x_{eT} = eingesetzte Energie in der Wasserspeicherung, K_v = eingesetztes Kapital in der Wasserverteilung, x_{mv} = eingesetztes Material in der Wasserverteilung, x_{lv} = eingesetztes Personal in der Wasserverteilung, x_{ev} = eingesetzte Energie in der Wasserverteilung.

8.5 Restriktionen (ausformuliert)

Für die Translog-Produktionsfunktion in *[6.4]* bzw. *[A.20]* werden nach *[6.3]* die folgenden Restriktionen *[A.21]* bis *[A.28]* angewandt:

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial K_T{}^{64} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial K_T = \partial(MRS_{kgxeg}) / \partial K_T = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial K_T =$$
$$\partial(MRS_{kgxma}) / \partial K_T = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial K_T = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial K_T =$$
$$\partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial K_T =$$
$$\partial(MRS_{xmgxea}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial K_T =$$
$$\partial(MRS_{xlgxla}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xegka}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial K_T =$$
$$\partial(MRS_{xegxla}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial K_T = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial K_T = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial K_T =$$
$$\partial(MRS_{kaxea}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial K_T = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial K_T = 0$$
[A.21]

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial x_{mT} = \partial(MRSx_{kgxeg}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial_{mT} =$$
$$\partial(MRS_{kgxma}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial x_{mT} =$$
$$\partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial x_{mT} =$$
$$\partial(MRS_{xmgxea}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial x_{mT} =$$

[64] Die marginale Rate der technischen Substitution zwischen Input K_G und Input x_{MG}: $MRS_{KGMG} = \partial K_G / \partial x_{MG}$, muss linear unabhängig sein von einer marginalen Änderung in Input x_{KA}: ∂x_{KA}, usw.

$$\partial(MRS_{xlgxla}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xegxla}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial x_{mT} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial x_{mT} = 0$$

[A.22]

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial x_{lT} = \partial(MRSx_{kgxeg}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial_{lT} = \partial(MRS_{kgxma}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmgxea}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xlgxla}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xegxla}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial x_{lT} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial x_{lT} = 0$$

[A.23]

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial x_{eT} = \partial(MRSx_{kgxeg}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial_{eT} = \partial(MRS_{kgxma}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmgxea}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xlgxla}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xegxla}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial x_{eT} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial x_{eT} = 0$$

[A.24]

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kgxeg}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kgxma}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmgxea}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xlgxla}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xegxla}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial K_{v} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial K_{v} = 0$$

[A.25]

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial x_{mv} = \partial(MRSx_{kgxeg}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial_{mv} = \partial(MRS_{kgxma}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmgxea}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xlgxla}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial x_{mv} =$$

$$\partial(MRS_{xegxla}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial x_{mv} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial x_{mv} = 0 \quad [A.26]$$

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial x_{lv} = \partial(MRSx_{kgxeg}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial_{lv} = \partial(MRS_{kgxma}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmgxea}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xlgxla}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xegxla}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial x_{lv} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial x_{lv} = 0 \quad [A.27]$$

$$\partial(MRS_{kgxmg}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kgxlg}) / \partial x_{ev} = \partial(MRSx_{kgxeg}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kgxka}) / \partial_{ev} = \partial(MRS_{kgxma}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kgxla}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kgxea}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmgxlg}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmgxeg}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmgxka}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmgxma}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmgxla}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmgxea}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xlgxeg}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xlgxka}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xlgxma}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xlgxla}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xlgxea}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xegka}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xegxma}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xegxla}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xegxea}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kaxma}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kaxla}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{kaxea}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmaxla}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xmaxea}) / \partial x_{ev} = \partial(MRS_{xlaxea}) / \partial x_{ev} = 0 \quad [A.28]$$

8.6 Inputparameter Restriktionen

Für die Translog-Produktionsfunktion in *[6.4]* bzw. *[A.20]* ergeben sich für die Inputparameter die folgenden Restriktionen *[A.29]* bis *[A.36]*:

$$\beta_{KGKT} = \beta_{xMGKT} = \beta_{xLGKT} = \beta_{xEGKT} = \beta_{KAKT} = \beta_{xMAKT} = \beta_{xLAKT} = \beta_{xEAKT} = 0 \quad [A.29]$$

$$\beta_{KGxMT} = \beta_{xMGxMT} = \beta_{xLGxMT} = \beta_{xEGxMT} = \beta_{KAxMT} = \beta_{xMAxMT} = \beta_{xLAxMT} = \beta_{xEAxMT} = 0 \quad [A.30]$$

$$\beta_{KGxLT} = \beta_{xMGxLT} = \beta_{xLGxLT} = \beta_{xEGxLT} = \beta_{KAxLT} = \beta_{xMAxLT} = \beta_{xLAxLT} = \beta_{xEAxLT} = 0 \quad [A.31]$$

$$\beta_{KGxET} = \beta_{xMGxET} = \beta_{xLGxET} = \beta_{xEGxET} = \beta_{KAxET} = \beta_{xMAxET} = \beta_{xLAxET} = \beta_{xEAxET} = 0 \quad [A.32]$$

$$\beta_{KGKV} = \beta_{xMGKV} = \beta_{xLGKV} = \beta_{xEGKV} = \beta_{KAKV} = \beta_{xMAKV} = \beta_{xLAKV} = \beta_{xEAKV} = 0 \quad [A.33]$$

$$\beta_{KGxMV} = \beta_{xMGxMV} = \beta_{xLGxMV} = \beta_{xEGxMV} = \beta_{KAxMV} = \beta_{xMAxMV} = \beta_{xLAxMV} = \beta_{xEAxMV} = 0 \quad [A.34]$$

$$\beta_{KGxLV} = \beta_{xMGxLV} = \beta_{xLGxLV} = \beta_{xEGxLV} = \beta_{KAxLV} = \beta_{xMAxLV} = \beta_{xLAxLV} = \beta_{xEAxLV} = 0 \quad [A.35]$$

$$\beta_{KGxEV} = \beta_{xMGxEV} = \beta_{xLGxEV} = \beta_{xEGxEV} = \beta_{KAxEV} = \beta_{xMAxEV} = \beta_{xLAxEV} = \beta_{xEAxEV} = 0 \quad [A.36]$$

LITERATUR

AIGNER, D., KNOXLOVELL, C. A., SCHMIDT, P. (1977): Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics, Vol. 6*, S. 21-37.

BARRAQUÉ, B. (1998): Europäische Antwort auf John Briscoes Bewertung der deutschen Wasserwirtschaft, *GWF, Bd. 139, Nr. 6*, S. 360-366.

BAUMOL, W. J. (1977): On the Proper Cost Tests for Natural Monopoly in a Multiproduct Industry, *American Economic Review, Vol. 67*, S. 809-822.

BAUMOL, W. J. (1982): Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure, *American Economic Review, Vol. 72*, S. 1-55.

BERNDT, E. R., CHRISTENSEN, L. R. (1973): The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structure and Labour in U.S. Manufacturing 1929-68, *Journal of Econometrics, Vol. 1*, S. 81-113.

BERNDT, E. R., CHRISTENSEN, L. R. (1974): Testing for the Existence of a Consistent Aggregate Index of Labour Inputs, *American Economic Review, Vol. 64*, S. 391-404.

BHATTACHARAYYA, A., HARRIES, T. R., NARAYANAN, R., RAFFIEE, K. (1995): Technical Efficiency of Rural Water Utilities, *Journal of Agricultural and Resource Economics, Vol. 20*, S. 373-391.

BGW (2001): 112. BGW-Wasserstatistik Bundesrepublik Deutschland, Berichtsjahr 2000, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e. V., Bonn.

BLAIR, R. D., KASERMAN, D. L. (1983): Law and Economics of Vertical Integration and Control, Academic Press, New York.

BOULDING, K. (1964): The Economist and the Engineer, in: CASTLE, E. N., SMITH, S. C. (eds.): Economics and Public Policy in Water Resource Development, Iowa State University Press, Ames.

BOWER, B. T. (1963): Some Physical, Technological and Economic Characteristics of Water and Waste Resource Systems: Implications for Administration, *Natural Resources Journal, Vol. 3*, S. 215-238.

BRADTKE, T. (1992): Separabilität in Funktionen zur Darstellung ökonomischer Prozesse, Dissertation, Universität der Bundeswehr, Hamburg.

BRISCOE, J. (1995): Der Sektor Wasser und Abwasser in Deutschland – Qualität seiner Arbeit, Bedeutung für Entwicklungsländer, *GWF, Bd. 136, Nr. 8*, S. 422-432.

BRISCOE, J., SALAS, P. A., PENA, T. H. (1998): Managing Water as an Economic Resource: Reflections on the Chilean Experience, The World Bank, *Environment Department Papers, Paper No. 62*, April 1998.

BÜHLER, S., JÄGER, F. (2002): Einführung in die Industrieökonomik, Springer, Berlin.

CHAMBERS, R. G. (1988): Applied Production Analysis: A Dual Approach, Cambridge University Press, Cambridge.

CLAUSEN, A., SCHEELE, U. (2002): Benchmarking in der Wasserversorgung, *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (ZögU), Beiheft 29*.

COASE, R.-H. (1937): The Nature of the Firm, *Economics, Vol. 4*, S. 386-405.

DAMRATH, H., LANDWEHR-CORD, K. (1998): Wasserversorgung, Teubner, Stuttgart.

DIEWERT, W. E. (1971): An Application of the Shephard Duality Theorem: A Generalized Leontief Production Function, *Journal of Political Economy, Vol. 79*, S. 481-507.

DIEWERT, W. E., WALES, T. J. (1995): Flexible Functional Forms and Tests of Homogenous Separability, *Journal of Econometrics, Vol. 67*, S. 259-302.

DIJKRAF, E., DE JONG, R., VAN DEN MORTEL, E. G. (1997): Moeglijkheden tot Marktwerking in de Nedelandse watersector, Ocfeb Erasmus Universiteit Rotterdam, Mai 1997.

DINAR, A., BALAKRISHNAN, T. K., WAMBIA, J. (1999): Political Economy and Political Risks of Institutional Reforms in the Water Sector, The World Bank.

DINAR, A., ROSEGRANT, M. W., MEINZEN-DICK, R. (1998): Water Allocation Mechanisms – Principles and Examples, The World Bank & IFPRI.

DOSI, C., EASTER, W. (2000): Water Scarcity: Economic Approaches to Improving Management, *CIFAP Working Paper, WP00-2*.

EBRD (1999): Municipal and Environmental Infrastructure – EBRD Involvement to Date in the MEI Sector, London.

EUROSTAT (1999): Regions – Nomenclature of Territorial Units for Statistics – NUTS, 5.

EVANS, D. S., HECKMAN, J. J. (1984): A Test for Subadditivity of the Cost Function with Application to the Bell System, *American Economic Review, Vol. 74*, S. 615-623.

EWERS, H.-J., BOTZENHART, K., JEKEL, M. (2001): Optionen, Chancen und Rahmenbedingungen einer Marktöffnung für eine nachhaltige Wasserversorgung, Endbericht zum BMWI-Forschungsvorhaben 11/00.

FIELD, B. (2001): Natural Resource Economics – An Introduction, McGraw Hill, Boston.

FRENZ, W. (2002): Liberalisierung und Privatisierung in der Wasserwirtschaft, *Zeitschrift für das gesamte Handelsrecht und Wirtschaftsrecht, Bd. 166*, S. 307-334.

FRITSCH, M., WEIN, T., EWERS, H.-J. (2001): Marktversagen und Wirtschaftspolitik, München.

FRONDEL, M., SCHMIDT, C. M. (2000): Facing the Truth about Separability: Nothing Works Without Energy, University of Heidelberg.

FUSS, M., MCFADDEN, D. (1978): Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications, Vol. 1: The Theory of Production, Vol. 2: Applications of the Theory of Production, North-Holland, New York.

GARCIA, S., MOREAUX, M., REYNAUD, A. (2003): Measuring Economies of Vertical Integration in the Water Network Industry.

GARCIA, S., THOMAS, A. (2001): The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities, *Journal of Productivity Analysis, Vol. 6*, S. 5-29.

GOLDMAN, S. M., UZAWA, H. (1964): A Note on Separability in Demand Analysis, *Econometrica, Vol. 32*, S. 387-398.

GOO, Y.-J. J. (1992): The Economics of Vertical Integration in the Electric Utility Industry, The University of Texas at Arlington.

GREENE, W. H. (1999): Frontier Production Functions, in: PESARAN, M. H., SCHMIDT, P. (eds.): Handbook of Applied Econometrics – Microeconomics, S. 81-166.

HICKS, J. R. (1936): Value and Capital, Oxford University Press, Oxford.

JORGENSON, D. W. (1986): Production Functions and Vintages, Harvard Institute of Economic Research, Harvard.

KASERMAN, D. L., MAYO, J. W. (1991): The Measurement of Vertical Economies and the Efficient Structure of the Electric Utility Industry, *The Journal of Industrial Economics, Vol. 5*, S. 483-502.

KIM, H. Y., CLARK, R. M. (1988): Economies of Scale and Scope in Water Supply, *Regional Science and Urban Economics, Vol. 18*, S. 479-502.

KNIEPS, G., BRUNEKREEFT, G. (Hrsg.) (2000): Zwischen Regulierung und Wettbewerb – Netzsektoren in Deutschland, Heidelberg.

KRUSE, J. (1985): Ökonomie der Monopolregulierung, Göttingen.

KWOKA, J. E. (1996): Power Structure – Ownership, Integration, and Competition in the U.S. Electricity Industry, Kluwer Academic Publishers, Boston.

LANDON, J. H. (1983): Theories of Vertical Integration and their Application to the Electric Utility Industry, *Antitrust Bulletin, Vol. 28*, S. 101-130.

LEE, B.-J. (1995): Separability Test for the Electricity Supply Industry, *Journal of Applied Econometrics, Vol. 10*, S. 49-60.

LEONTIEF, W. (1936): Composite Commodities and the Problem of Index Numbers, *Econometrica, Vol. 4*, S. 36-59.

MAGNUS, J. R., WOODLAND, A. D. (1989): Separability and Aggregation, *Economica*, May 1990, S. 239-247.

MANIAK, U. (1997): Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure, Springer, Berlin.

MANKEL, B., SCHWARZE, R. (2000): Wettbewerb in der Wasserversorgung – Konzepte, Modelle, Effekte, *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (ZögU), Bd. 23, Nr. 4*, S. 418-27.

MARTIN, S. (2002): Sunk Costs and Entry, *Review of Industrial Organization, Vol. 20*, S. 291-304.

MAYER, C. (1994): The Regulation of the Water Industry: An Interim Assessment, Institute of Economic Affairs, Regulating Utilities: The Way Forward, S. 24-33.

MEEUSEN, W., VAN DEN BROECK, J. (1977): Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error, *International Economic Review, Vol. 18*, S. 435-444.

MERRETT, S. (1997): Introduction to the Economics of Water Resources – An international perspective, UCL Press, London.

MPOYI, R. T. (2000): Changing Corporate Strategies: Restoring Competitive Advantage Through Vertical Disintegration, *Advances in Competitiveness Research (ACR), Vol. 8, No. 1*, S. 71-80.

MUNDLAK, Y. (2001): Production and Supply, in: GARDNER, B. L. (ed.): Handbook of Agricultural Economics, Bd. 1A, S. 3-85.

NAUGES, C., THOMAS, T. (2000): Privately Operated Water Utilities, Municipal Price Negotiation, and Estimation of Residential Water Demand: The Case of France, *Land Economics, February 2000, Vol. 76, Nr. 1*, S. 68-85.

OECD (1994): Creating Rural Indicators for Shaping Territorial Policy, Paris.

OFFICE OF WATER SERVICES (OFWAT) (2000a): New Ownership Structures in the Water Industry, Consultation Paper, June 2000.

OFFICE OF WATER SERVICES (OFWAT) (2000b): The Proposed Restructuring of the Kelda Group, A consultation Paper by the Director General, July 2000.

PANZAR, J. C. (1989): Technological Determinants of Firm and Industry Structure, in: SCHMALENSEE, R. (ed.): Handbook of Industrial Organisation, Bd. 1, S. 3-59.

PANZAR, J. C., WILLIG, R. D. (1975): Economies of Scale and Economies of Scope in Multi-Output Production, *Bell Laboratories Economic Discussion Paper, No. 33*.

PERRY, M. K. (1989): Vertical Integration: Determinants and Effects, in: SCHMALENSEE, R. (ed.): Handbook of Industrial Integration, Bd. 1, S. 183-255.

SALETH, R. M., DINAR, A. (1999): Water Challenge and Institutional Response: A Cross-Country Perspective, The World Bank.

SAMUELSON, P. A., NORDHAUS, W. D. (2001): Economics, McGraw-Hill/Irwin, Boston.

SAUER, J. (2001): Wasserversorgung in Transformationsländern – Hoher Bedarf an Investitionskapital, *Zeitung für Kommunalwirtschaft, Bd. 7*, München.

SAUER, J. (2002): Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser... – Wasserver- und Abwasserentsorgung in Osteuropa, *Ost-West-Contact – Das Wirtschaftsmagazin für Ost-West-Kooperation, Ost- und Mitteleuropa Verein e. V., Berlin, Heft 10.*

SAUER, J. (2003): 'Ländliche Infrastruktur und Effizienz – Wasserversorgung in ländlichen Transformationsregionen', in: PETRICK, M., BALMANN, A., LISSITSA, A. (Hrsg.): Beiträge des Doktorandenworkshops zur Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa 2003, *IAMO Discussion Paper No. 47*, S. 37-42, Halle (Saale).

SAUER, J. (2004): Rural Water Suppliers and Efficiency – Empirical Evidence from East and West Germany, *IAMO Discussion Paper No. 63*, Halle (Saale).

SAUER, J., STRECKER, D. (2003): Steigerung der Versorgungseffizienz auf Unternehmens- und Sektorebene – Unternehmensstrategien im Wassermarkt, *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (ZögU), Bd. 26, Nr. 3*, S. 259-282.

SCHEELE, U. (1991): Privatisierung der britischen Wasserwirtschaft, *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (ZögU), Bd. 14, Heft 4*, S. 346-362.

SCHEELE, U. (1997): Aktuelle Entwicklungen in der englischen Wasserwirtschaft – Ergebnisse der Privatisierung und Probleme der Regulierung, *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (ZögU), Bd. 20, Heft 1*, S. 35-57.

SCHEELE, U. (2000a): Auf dem Wege zu neuen Ufern ? – Wasserversorgung im Wettbewerb, Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionsbeiträge, Universität Oldenburg, Dezember 2000.

SCHEELE, U. (2000b): Zur Diskussion um einen neuen Ordnungsrahmen in der niederländischen Wasserwirtschaft, Kurzstudie im Auftrag des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes, März 2000.

SCHEIERLING, S. (1998): Toward Improved Water Quality Management in Central and Eastern Europe, *Water Resources Development, Vol. 14, No. 1*, S. 5-24.

SCHUMANN, J. (1992): Grundzüge der mikroökonomischen Theorie, Springer Verlag, Berlin.

SCHWARZE, R. (2003): Yardstick-Regulierung oder kartellrechtliches Vergleichsmarktkonzept: ein Vergleich am Beispiel der Wasserwirtschaft, *Wirtschaft und Wettbewerb, Bd. 53, Nr. 3*, S. 241-246.

SHEPHARD, R. W. (1953): Cost and Production Functions, Princeton University Press, Princeton.

SPULBER, D. F. (1989): Regulation and Markets, The MIT Press, Cambridge.

SPULBER, N., SABBAGHI, A. (1994): Economics of Water Resources: From Regulation to Privatization, Kluwer Academic Publishers, Boston.

TIETENBERG, T. (2000): Environmental and Natural Resource Economics, Addison Wesley, Reading.

TIROLE, J. (1989): The Theory of Industrial Organisation, MIT Press, Cambridge, Mass.

TSCHIRHART, J. (1991): Entry into the Electric Power Industry, *Journal of Regulatory Economics, Vol. 3*, S. 27-41.

VARIAN, H. R. (2003): Intermediate Microeconomics: A Modern Approach, Norton, New York.

VEWIN (THE NETHERLANDS WATERWORKS ASSOCIATION), ANDERSEN CONSULTING (1999): Reflections on Performance – Benchmarking in the Dutch Drinking Water Industry, Amsterdam.

WANG, X. H., YANG, B. Z. (2001): Fixed and Sunk Costs Revisited, *Journal of Economic Education*, Spring 2001, S. 178-185.

WILLIAMSON, O. E. (1985): The Economic Institutions of Capitalism, The Free Press, New York.

WINPENNY, J. (1994): Managing Water as an Economic Resource, Development Policy Studies, Overseas Development Institute, London.

WORLD BANK GROUP (1999): Water – Competition and Regulation.

YOUNG, R., HAVEMAN, R. (1985): Economics of Water Resources: A Survey, in: KNEESE, A. V. (ed.): Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol. 2, S. 465-529.

DISCUSSION PAPERS
DES INSTITUTS FÜR AGRARENTWICKLUNG
IN MITTEL- UND OSTEUROPA (IAMO)

DISCUSSION PAPERS
OF THE INSTITUTE OF AGRICULTURAL DEVELOPMENT
IN CENTRAL AND EASTERN EUROPE (IAMO)

No. 1 FROHBERG, K., HARTMANN, M. (1997):
Promoting CEA Agricultural Exports through Association Agreements with the EU – Why is it not working?

No. 2 FROHBERG, K., HARTMANN, M. (1997):
Comparing Measures of Competitiveness: Examples for Agriculture in the Central European Associates

No. 3 POGANIETZ, W. R., GLAUCH, L. (1997):
Migration durch EU-Integration? Folgen für den ländlichen Raum

No. 4 WEINGARTEN, P. (1997):
Agri-Environmental Policy in Germany – Soil and Water Conversation –

No. 5 KOPSIDIS, M. (1997):
Marktintegration und landwirtschaftliche Entwicklung: Lehren aus der Wirtschaftsgeschichte und Entwicklungsökonomie für den russischen Getreidemarkt im Transformationsprozeß

No. 6 PIENIADZ, A. (1997):
Der Transformationsprozeß in der polnischen Ernährungsindustrie von 1989 bis 1995

No. 7 POGANIETZ, W. R. (1997):
Vermindern Transferzahlungen den Konflikt zwischen Gewinnern und Verlierern in einer sich transformierenden Volkswirtschaft?

No. 8 EPSTEIN, D. B., SIEMER, J. (1998):
Difficulties in the Privatization and Reorganization of the Agricultural Enterprises in Russia

No. 9 GIRGZDIENE, V., HARTMANN, M., KUODYS, A., RUDOLPH, D., VAIKUTIS, V., WANDEL, J. (1998):
Restructuring the Lithuanian Food Industry: Problems and Perspectives

No. 10 JASJKO, D., HARTMANN, M., KOPSIDIS, M., MIGLAVS, A., WANDEL, J. (1998):
Restructuring the Latvian Food Industry: Problems and Perspectives

No. 11 SCHULZE, E., NETZBAND, C. (1998):
Ergebnisse eines Vergleichs von Rechtsformen landwirtschaftlicher Unternehmen in Mittel- und Osteuropa

No. 12 BERGSCHMIDT, A., HARTMANN, M. (1998):
Agricultural Trade Policies and Trade Relations in Transition Economies

No. 13 ELSNER, K., HARTMANN, M. (1998):
Convergence of Food Consumption Patterns between Eastern and Western Europe

No. 14 FOCK, A., VON LEDEBUR, O. (1998):
Struktur und Potentiale des Agraraußenhandels Mittel- und Osteuropas

No. 15 ADLER, J. (1998):
Analyse der ökonomischen Situation von Milchproduktionsunternehmen im Oblast Burgas, Bulgarien

No. 16 PIENIADZ, A., RUDOLPH, D. W., WANDEL, J. (1998):
Analyse der Wettbewerbsprozesse in der polnischen Fleischindustrie seit Transformationsbeginn

No. 17 SHVYTOV, I. (1998):
Agriculturally Induced Environmental Problems in Russia

No. 18 SCHULZE, E., TILLACK, P., DOLUD, O., BUKIN, S. (1999):
Eigentumsverhältnisse landwirtschaftlicher Betriebe und Unternehmen in Rußland und in der Ukraine – Befragungsergebnisse aus den Regionen Nowosibirsk und Shitomir

No. 19 PANAYOTOVA, M., ADLER, J. (1999):
Development and Future Perspectives for Bulgarian Raw Milk Production towards EU Quality Standards

No. 20 WILDERMUTH, A. (1999):
What Kind of Crop Insurance for Russia?

No. 21 GIRGZDIENE, V., HARTMANN, M., KUODYS, A., VAIKUTIS, V., WANDEL, J. (1999):
Industrial Organisation of the Food Industry in Lithuania: Results of an Expert Survey in the Dairy and Sugar Branch

No. 22 JASJKO, D., HARTMANN, M., MIGLAVS, A., WANDEL, J. (1999):
Industrial Organisation of the Food Industry in Latvia: Results of an Expert Survey in the Dairy and Milling Branches

No. 23 ELSNER, K. (1999):
Analysing Russian Food Expenditure Using Micro-Data

No. 24 PETRICK, M., DITGES, C. M. (2000):
Risk in Agriculture as Impediment to Rural Lending – The Case of North-western Kazakhstan

No. 25 POGANIETZ, W. R. (2000):
Russian Agri-Food Sector: 16 Months After the Breakdown of the Monetary System

No. 26 WEBER, G., WAHL, O., MEINLSCHMIDT, E. (2000):
Auswirkungen einer EU-Osterweiterung im Bereich der Agrarpolitik auf den EU-Haushalt
(steht nicht mehr zur Verfügung – aktualisierte Version DP 42)

No. 27 WAHL, O., WEBER, G., FROHBERG, K. (2000):
Documentation of the Central and Eastern European Countries Agricultural Simulation Model (CEEC-ASIM Version 1.0)

No. 28 PETRICK, M. (2000):
Land Reform in Moldova: How Viable are Emerging Peasant Farms? An assessment referring to a recent World Bank study

No. 29 WEINGARTEN, P. (2000):
Buchbesprechung: BECKMANN, V. (2000): Transaktionskosten und institutionelle Wahl in der Landwirtschaft : Zwischen Markt, Hierarchie und Kooperation

No. 30 BROSIG, S. (2000):
A Model of Household Type Specific Food Demand Behaviour in Hungary

No. 31 UVAROVSKY, V., VOIGT, P. (2000):
Russia's Agriculture: Eight Years in Transition – Convergence or Divergence of Regional Efficiency

No. 32 SCHULZE, E., TILLACK, P., GERASIN, S. (2001):
Eigentumsverhältnisse, Rentabilität und Schulden landwirtschaftlicher Großbetriebe im Gebiet Wolgograd

No. 33 KIELYTE, J. (2001):
Strukturwandel im baltischen Lebensmittelhandel

No. 34 ШУЛЬЦЕ, Э., ТИЛЛАК, П., ГЕРАСИН, С. (2001):
Отношения собственности, рентабельность и долги крупных сельскохозяйственных предприятий в Волгоградской области

No. 35 FROHBERG, K., HARTMANN, M. (2002):
Konsequenzen der Integration im Agrar- und Ernährungssektor zwischen Beitrittsländern und EU-15

No. 36 PETRICK, M. (2001):
Documentation of the Poland farm survey 2000

No. 37 PETRICK, M., SPYCHALSKI, G., ŚWITŁYK, M., TYRAN, E. (2001):
Poland's Agriculture: Serious Competitor or Europe's Poorhouse? Survey results on farm performance in selected Polish voivodships and a comparison with German farms

No. 38 HOCKMANN, H., KASHTANOVA, E., KOWSCHIK, S. (2002):
Lage und Entwicklungsprobleme der weißrussischen Fleischwirtschaft

No. 39 SCHULZE, E., TILLACK, P., PATLASSOV, O. (2002):
Einflussfaktoren auf Gewinn und Rentabilität landwirtschaftlicher Großbetriebe im Gebiet Omsk, Russland

No. 40 ШУЛЬЦЕ, Э., ТИЛЛАК, П., ПАТЛАССОВ, О. (2002):
Факторы, влияющие на прибыль и рентабельность крупных сельскохозяйственных предприятий в Омской области в России

No. 41 BAVOROVÁ, M. (2002):
Entwicklung des tschechischen Zuckersektors seit 1989

No. 42 FROHBERG, K., WEBER, G. (2002):
Auswirkungen der EU-Osterweiterung im Agrarbereich

No. 43 PETRICK, M. (2002):
Farm investment, credit rationing, and public credit policy in Poland
– A microeconometric analysis –

No. 44 KEDAITIENE, A., HOCKMANN, H. (2002):
Milk and milk processing industry in Lithuania: An analysis of horizontal and vertical integration

No. 45 PETRICK, M. (2003):
Empirical measurement of credit rationing in agriculture: A methodological survey

No. 46 PETRICK, M., LATRUFFE, L. (2003):
Credit access and borrowing costs in Poland's agricultural credit market: A hedonic pricing approach

No. 47 PETRICK, M., BALMANN, A., LISSITSA, A. (2003):
Beiträge des Doktorandenworkshops zur Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa 2003

No. 48 SCHULZE, E., TILLACK, P., MOSASHWILI, N. (2003):
Zur wirtschaftlichen Situation georgischer Landwirtschaftsbetriebe

No. 49 ЛИССИТСА, А., БАБИЧЕВА, Т. (2003):
Теоретические основы анализа продуктивности и эффективности сельскохозяйственных предприятий

No. 50 ЛИССИТСА, А., БАБИЧЕВА, Т. (2003):
Анализ Оболочки Данных (DEA) – Современная методика определения эффективности производства

No. 51 ЛИССИТСА, А., ОДЕНИНГ, М., БАБИЧЕВА, Т. (2003):
10 лет экономических преобразований в сельском хозяйстве Украины – Анализ эффективности и продуктивности предприятий

No. 52 LISSITSA, A., STANGE, H. (2003):
Russischer Agrarsektor im Aufschwung? Eine Analyse der technischen und Skalen-Effizienz der Agrarunternehmen

No. 53 VALENTINOV, V. (2003):
Social capital, transition in agriculture, and economic organisation: A theoretical perspective

No. 54 BORKOWSKI, A. (2003):
Machtverteilung im Ministerrat nach dem Vertrag von Nizza und den Konventsvorschlägen in einer erweiterten Europäischen Union

No. 55 KISS, P., WEINGARTEN, P. (2003):
Cost of compliance with the acquis communautaire in the Hungarian dairy sector

No. 56 WEINGARTEN, P., FROHBERG, K., WINTER, E., SCHREIBER, C. (2003):
Quantitative Analysis of the Impacts of Croatia's Agricultural Trade Policy on the Agri-food Sector

No. 57 БОКУШЕВА, Р., ХАЙДЕЛЬБАХ, О. (2004):
Актуальные аспекты страхования в сельском хозяйстве

No. 58 DERLITZKI, R., SCHULZE, E. (2004):
Georg Max Ludwig Derlitzki (1889-1958)

No. 59 VŐNEKI, E. (2004):
Zur Bewertung des Ungarischen SAPARD-Programms unter besonderer Berücksichtigung der Investitionen im Milchsektor

No. 60 ЧИМПОЕШ, Д., ШУЛЬЦЕ, Э. (2004):
Основные экономические проблемы сельского хозяйства Молдовы

No. 61 BAUM, S, WEINGARTEN, P. (2004):
Interregionale Disparitäten und Entwicklung ländlicher Räume als regionalpolitische Herausforderung für die neuen EU-Mitgliedstaaten

No. 62 PETRICK, M. (2004):
Can econometric analysis make (agricultural) economics a hard science? Critical remarks and implications for economic methodology

No. 63 SAUER, J. (2004):
Rural Water Suppliers and Efficiency – Empirical Evidence from East and West Germany

No. 64 PETRICK, M., BALMANN, A. (2004):
Beiträge des 2. Doktorandenworkshops zur Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa 2004

No. 65 BOJNEC, S., HARTMANN, M. (2004):
Agricultural and Food Trade in Central and Eastern Europe: The Case of Slovenian Intra-Industry Trade

No. 66 GLITSCH, K, EERITS, A. (2004):
Der slowakische Markt für Milch und Milchprodukte – vom Beginn der Transformation bis zum EU-Beitritt

No. 67 FISCHER, C. (2004):
Assessing Kosovo's horticultural potential – The market for fruit and vegetables on the balkans

No. 68 PETRICK, M., SCHREIBER, C., WEINGARTEN, P. (2004):
Competitiveness of milk and wine production and processing in Albania

No. 69 ШТАНГЕ, Г., ЛИССИТСА, А. (2004):
Аграрный сектор России на подъеме?! Анализ технической эффективности аграрных предприятий

No. 70 SAUER, J. (2004):
Die Ökonomie der (Ländlichen) Wasserversorgung

Die Discussion Papers sind erhältlich beim Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO) oder im Internet unter http://www.iamo.de.

The Discussion Papers can be ordered from the Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO). Use our download facility at http://www.iamo.de.