

## **Eigentums- und Verfügungsrechte am Grundwasser: Effiziente Allokation mit Überwachungskosten**

Von Wilhelm Kuckshinrichs

Ausgehend von der Diskussion über die Wasserpfennig-Regelung in Baden-Württemberg wird die Bedeutung vertraglicher Vereinbarungen für die Allokation eines Grundwasserkörpers als Schadstoffaufnahme-medium und als Trinkwasserreservoir diskutiert. Unter Berücksichtigung von Transaktionskosten (Kontrollkosten) wird die allokativen Wirkung unterschiedlicher Regelungen der Eigentumsrechte am Grundwasserkörper spieltheoretisch analysiert.

### **1. Einleitung**

#### **1.1 Stand der Diskussion**

Im Verlauf der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes und der Einführung des Wasserpfennigs in Baden-Württemberg ist eine lebhafte Diskussion um die Bedeutung neuer Regelungen für die Allokation eines Grundwasserkörpers als Schadstoffaufnahme-medium und als Trinkwasserreservoir geführt worden (*Bonus* 1986 a, b; 1987 a, b; *Scheele / Schmidt* 1986; 1987 a, b; 1989; *Brösse* 1986; 1987; *Blankart* 1987 a, b; *Karl* 1986; 1987 a, b; 1988; 1989; *Linde* 1988; 1989). *Auerbach / Kuckshinrichs / Ströbele* (1989)<sup>1</sup> erweiterten diese Diskussion um die Durchsetzungskosten vertraglich vereinbarter Regelungen, die von zentraler Bedeutung für das Coase-Theorem sind.

AKS untersuchen die Möglichkeit eines Vertragsabschlusses bei unterschiedlicher Regelung der Eigentumsrechte unter Einbeziehung von Kontrollkosten für die Durchsetzung der vertraglichen Vereinbarungen und deren allokativen Wirkung im Vergleich zum gesamtwirtschaftlichen Optimum. Die Eigentumsrechte am Grundwasserkörper sollten z. B. in Form von Emissionslizenzen handelbar sein. AKS konzentrieren sich auf die Frage, ob vertragliche Vereinbarungen vollständig durchgesetzt werden können und unterstellen mögliches suboptimales Verhalten des Verschmutzers des Grundwasserkörpers.

Der vorliegende Beitrag stützt sich auf die von AKS beschriebene einfache Modellkonstruktion. Unter der Annahme, daß sich beide Parteien als

---

<sup>1</sup> Im folgenden AKS.

Gewinnmaximierer verhalten, wird untersucht, ob die vollständige Durchsetzung vertraglicher Regelungen unter Einbeziehung von Kontrollkosten bei unterschiedlicher Regelung von Eigentumsrechten eine geringere Abweichung vom gesamtwirtschaftlichen Optimum aufweist als die Inkaufnahme eines vertragsverletzenden Verhaltens des Verschmutzers.

## 1.2 Das Modell

Ein Wasserversorgungsunternehmen (WVU) nutzt einen Grundwasserkörper für die Trinkwasserversorgung. Entsprechend der Qualität des Rohwassers entstehen dem WVU Kosten für die Aufbereitung auf Trinkwasserqualität. Oberhalb des Grundwasserkörpers liegt eine landwirtschaftliche Fläche, die von einer großen Anzahl von Bauern mit identischer Anbaufläche und Produktionsfunktion bewirtschaftet wird. Neben den Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und Dünger weist die Funktion den Produktionsfaktor „Nutzung des Grundwasserkörpers als Deponie für nicht von Pflanzen und Boden aufgenommene Schadstoffe“ auf. Diese Nutzung konkurriert mit der Nutzung des Grundwasserkörpers für die Trinkwasserproduktion<sup>2</sup>. Eine Situation ohne formelle Regelung von Eigentumsrechten läuft faktisch darauf hinaus, daß die Bauern das Eigentumsrecht besitzen.

Die Anzahl der über dem Grundwasserreservoir befindlichen Landwirtschaftsbetriebe und die Annahmen über das Verhalten der Bauern sind von entscheidender Bedeutung für die Modellkonstruktion. AKS und der vorliegende Beitrag unterstellen faktisch ein bilaterales Monopol, d.h. nur ein landwirtschaftlicher Betrieb liegt oberhalb des Wasserreservoirs. Während die Bauern im Modell von AKS im Fall der Vertragsverletzung per Annahme eine Schadstoffmenge von  $q = \bar{q}$  einleiten, optimieren die Bauern im vorliegenden Beitrag die Schadstoffeinleitung im Fall der Vertragsverletzung.

Den realen Verhältnissen angemessener wäre die Annahme, daß  $n$  Landwirtschaftsbetriebe oberhalb des Wasserreservoirs liegen. Diese  $n$  Bauern könnten in einer Wasser-Genossenschaft zusammengeschlossen sein. Dann muß aber genauer untersucht werden, ob diese Konstruktion die Möglichkeit bietet, durch strategisches Verhalten der Genossenschaft gegenüber dem WVU und der einzelnen Genossen gegenüber der Genossenschaft ein anderes als das vorliegende Ergebnis herbeizuführen. Auf der anderen Seite kann unterstellt werden, daß die Genossenschaft einen Mechanismus installiert, der alle Mitglieder zu gleichartigem Verhalten veranlaßt. Das Ergebnis eines solchen Modells entspricht dem vorliegenden Beitrag.

Die Möglichkeit der eigenständigen Interessenvertretung eines Landwirts außerhalb einer Wasser-Genossenschaft weist auf eine weitere Variante der

---

<sup>2</sup> Der externe Effekt der Grundwasserabsenkung auf die Produktionskosten der Bauern wird nicht betrachtet.

Modellkonstruktion hin. Zu untersuchen wäre, welche Ergebnisse ein Modell zeigt, bei dem  $n$  Einzelverträge zwischen dem WVU und den Landwirten abgeschlossen werden. Während bei der genossenschaftlichen Regelung alle Mitglieder für das Fehlverhalten eines einzelnen zum Schadenersatz herangezogen werden, ist in einem Modell mit Einzelverträgen die Haftung auf die Landwirte beschränkt, deren vertragsbrüchiges Verhalten entdeckt wird.

Der Preis für das landwirtschaftliche Produkt sei konstant. Mit einer quadratischen Kostenfunktion und fixen Proportionen zwischen Produktion und Schadstoffanfall  $q$  ist der Nettonutzen (Gewinn) der landwirtschaftlichen Produktion in (1.1) beschrieben.

$$(1.1) \quad U_1(q) = \alpha q - \frac{\beta}{2} q^2$$

$$(1.2) \quad \frac{\delta U_1}{\delta q} = \alpha - \beta q$$

Die Variable  $q$  ist so normiert, daß  $\alpha > \beta > 0$  gilt.

Eine höhere Grundwasserverschmutzung verursacht höhere Aufbereitungskosten, die das WVU bei preisunelastischer Nachfrage in den Trinkwasserpreis weiter gibt, so daß sich die Konsumentenrente verringert. Aus Vereinfachungsgründen sollen als WVU alle Nachfrager nach Trinkwasser gesehen werden. Die Kostenfunktion für die Trinkwasseraufbereitung ist in (1.3) beschrieben.

$$(1.3) \quad -U_2(q) = \frac{\delta}{2} q^2$$

$$(1.4) \quad -\frac{\delta U_2}{\delta q} = \delta q; \quad \delta = \alpha - \beta > 0.$$

Eine totale räumliche und zeitliche Überwachung einer Parzelle verursacht Kosten in Höhe von  $u$ , so daß eine vollständige Überwachung aller  $n$  Parzellen  $k = n \cdot u$  kostet. Das WVU kontrolliert die Einhaltung der erlaubten Emission durch ein Stichprobensystem und trägt die Kontrollkosten. Die Kontrollkostenfunktion lautet

$$(1.5) \quad K(q) = w(q) \cdot k, \quad \frac{\delta w}{\delta q} < 0.$$

Die Kontrollintensität  $w(q)$  ist eine Funktion der angestrebten Emission und auf den Bereich  $0 \leq w \leq 1$  beschränkt. Es ist plausibel anzunehmen, daß zur Durchsetzung einer geringeren Schadstoffeinleitung eine höhere Kontrollintensität notwendig ist.

Da kein Bauer weiß, welche Parzellen kontrolliert werden, sind alle mit der gleichen Kontrollintensität konfrontiert. Die Schadstoffeinleitung ist daher bei allen Bauern identisch. Die Vertragsgestaltung basiert auf folgender Konzeption:

- In der Ausgangslage ohne Emissionsrestriktion emittieren die Bauern eine gewinnmaximale Schadstoffausbringung  $q = \bar{q}$ .
- Einigen sich das WVU und die Bauern auf eine Schadstoffausbringung  $q \leq \bar{q}$ , werden die Bauern für den Gewinnrückgang entschädigt.
- Die verbleibende Nettoschadensminderung des WVU wird zwischen dem WVU und den Bauern mit der Quote  $(1 - g)$  und  $g$  aufgeteilt. Die Quote  $g$  kann exogen gegeben oder Gegenstand von Verhandlungen zwischen dem WVU und den Bauern sein.
- Entdeckt das WVU Vertragsverletzungen, müssen die Bauern Schadenersatz leisten und eine gegebene Strafe  $S$  zahlen.

Wenn mit dieser Konzeption eine tatsächliche Einleitung erfolgt, die kleiner ist als die vertraglich ausgehandelte, wird die Vertragsgestaltung abgeändert: Die Bauern zahlen keine Strafe, erhalten aber auch keinen Schadenersatz vom WVU.

Mit der vertraglich vereinbarten Emission in der Variante Q (Bauern sind ehrlich),  $q_v$ , der vertraglich vereinbarten Emission in der Variante P (Bauern mogeln),  $q_m$ , und der tatsächlichen Emission in der Variante P,  $q_s$ , gelten für die Flächen der Abbildung 1.2 die folgenden Berechnungen.

$$\begin{aligned}
 (1.6) \quad A_1 &= \int_0^{q_v} \alpha \cdot (1 - q) dq & A_2 &= \int_{q_v}^1 \alpha \cdot (1 - q) dq & B_1 &= \int_0^{q_v} \delta q dq \\
 B_2 &= \int_{q_v}^1 \delta q dq & C &= \int_1^{\bar{q}} (\alpha - \beta q) dq & D &= \int_1^{\bar{q}} \alpha \cdot (-1 + q) dq \\
 E_1 &= \int_0^{q_m} \alpha \cdot (1 - q) dq & E_2 &= \int_{q_m}^1 \alpha \cdot (1 - q) dq & F_1 &= \int_0^{q_m} \delta q dq \\
 F_2 &= \int_{q_m}^1 \delta q dq & G_1 &= \int_1^{q_s} (\alpha - \beta q) dq & G_2 &= \int_{q_s}^{\bar{q}} (\alpha - \beta q) dq \\
 H_1 &= \int_1^{q_s} \alpha \cdot (-1 + q) dq & & & H_2 &= \int_{q_s}^{\bar{q}} \alpha \cdot (-1 + q) dq
 \end{aligned}$$

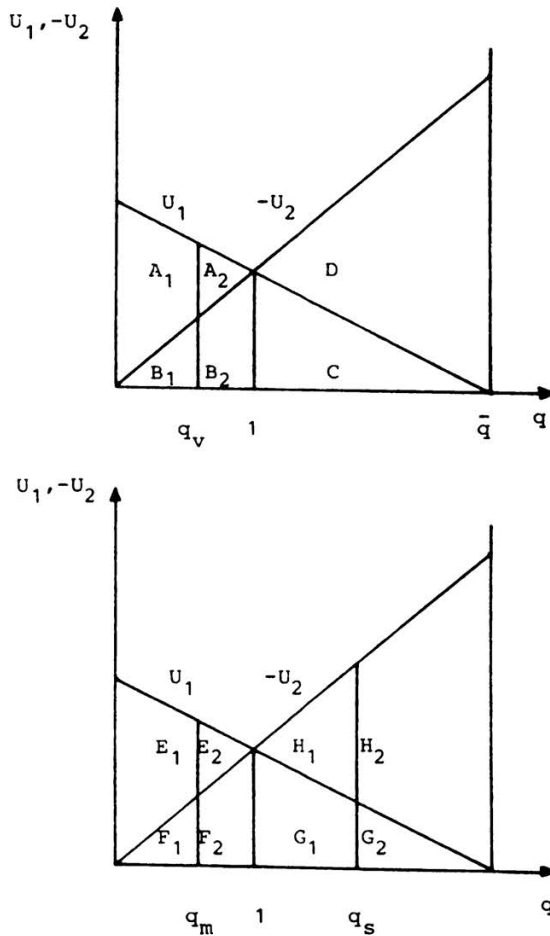


Abbildung 1.1: Grenzgewinn und -kosten aus Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung

Im folgenden werden drei Regimes unterschieden:

- Der gesamtwirtschaftliche Planer maximiert die Wohlfahrt (Gewinn) von Bauern und WVU abzüglich der eigenen Kontrollkosten, die als lumpsum-tax erhoben werden.
- Das WVU hat das Eigentumsrecht am Grundwasserkörper und kann diese an die Bauern veräußern.
- Die Bauern haben das Eigentumsrecht und können dieses an das WVU veräußern.

Für die folgende spieltheoretische Behandlung des Problems wird eine Nash-Cournot-Lösung analysiert.

In den Beispielsrechnungen gelten folgende Parameterwerte:

$$\alpha = 8, \quad \beta = 6, \quad \delta = 2, \quad k = 100, \quad g = 0,5.$$

## 2. Eigentumsrecht beim WVU

Wenn dem Wasserversorger das Eigentumsrecht zugesprochen ist, kann er seine Interessen auf unterschiedliche Weise gegenüber den Bauern wahrnehmen. Diese Fälle sind in der Tabelle 2.1 aufgeführt. Das WVU wird den Fall vorziehen, der den Nettovorteil maximiert.

Tabelle 2.1

### Mögliche Ergebnisse aus der Sicht des WVU

	ohne Vertrag	mit Vertrag
1. Eigentumsrecht wird durchgesetzt	$q = 0$ $K(0) > 0$	$q = q_v^* \geq 0$ $K(q_v^*) > 0$
2. Tolerierung der Mogelstrategie der Bauern	$q = q_s^* \geq 1$ $K(q_s^*) \geq 0$	$q = q_s^* \geq 1$ $K(q_s^*) \geq 0$
3. faktische Anerkennung des ursprünglichen Zustands	$q = \bar{q}$ $K(\bar{q}) = 0$	

### 2.1 Vertragsloser Zustand

Diese Situation ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bauern weder eine Entschädigung für den Gewinnrückgang erhalten, noch an der Nettoschadensverminderung des WVU beteiligt sind. Die Bauern zahlen Schadenersatz, wenn eine Verletzung des Eigentumsrechts des WVU entdeckt wird. In der Abbildung 1.1 gilt aus der vertragslosen Situation heraus  $q_v = q_m = 0$ .

Mit dem Recht des WVU auf Null-Emission ergeben sich die Auszahlungen für die Bauern aus der Tabelle 2.2.

Tabelle 2.2

**Erwartete Gewinnveränderung der Bauern**

Strategie Kontrolle	Q	P
nein $1 - w$	$-(A + B + C)$	$-G_2$
ja $w$	$-(A + B + C)$	$-(G_2 + S)$ $-(F + G_1 + H_1)$

Die Erwartungswerte der Gewinnveränderungen für die Strategien Q (Bauern sind ehrlich) und P (Bauern mogeln) ergeben sich in Abhängigkeit von der Kontrollwahrscheinlichkeit  $w$ .

$$(2.1) \quad E(B)_Q = -(A + B + C)$$

$$(2.2) \quad E(B)_P = -G_2 - w \cdot (F + G_1 + H_1) - wS.$$

In der Variante Q ist die erwartete Gewinnveränderung mit (2.1) festgelegt. Mit der Variante P werden die Bauern diejenige tatsächliche Schadstoffausbringung  $q_s$  wählen, die die erwartete Gewinnveränderung (2.2) maximiert.

$$(2.3) \quad \frac{\delta E(B)_P}{\delta q_s} = 0 : q_s^* = \frac{\alpha}{\beta + w\delta} \geq 1.$$

Die für die Bauern gewinnmaximale Schadstoffeinleitung  $q_s^*$  ist eine Funktion der vom WVU bestimmten Kontrollintensität  $w$  und sinkt mit steigendem  $w$ . Das WVU kontrolliert über  $w$  die tatsächliche Emission der Bauern. Ohne Kontrolle, d. h.  $w = 0$ , emittieren die Bauern die maximale Menge  $\bar{q}$ . Bei vollständiger Kontrolle, d. h.  $w = 1$ , emittieren die Bauern die Menge  $q_s^* = 1$ .

Die Kontrollintensität  $w_0$ , die die Bauern indifferent zwischen den Varianten Q und P werden läßt, ergibt sich für  $E(B)_Q = E(B)_P$ . Mit (1.6) und (2.3) ist diese Bedingung erfüllt für

$$(2.4) \quad w_0 = \frac{A + B + C - G_2}{F + G_1 + H_1 + S} = -\frac{\beta}{2\delta} + \left[ \frac{\alpha^2}{2\delta S} + \left( \frac{\beta}{2\delta} \right)^2 \right]^{0,5}.$$

Der Zähler in (2.4) gibt an, um welchen Betrag der durch die Schadstoffreduzierung induzierte Gewinnrückgang der Variante Q denjenigen der Variante P übersteigt. Der Nenner in (2.4) gibt an, welche Zahlung die Bauern für den Fall der Entdeckung des Fehlverhaltens an das WVU zu leisten haben. Die Bauern sind indifferent zwischen Q und P, wenn der über den

sicheren Verlust  $G_2$  hinausgehende Gewinnrückgang für die Variante Q gleich der erwarteten Zahlung für die Variante P, bestehend aus Schadenersatz und Strafe, ist.

Für  $S = 0$  scheitert die Durchsetzung des Eigentumsrechts des Wasserversorgers schon an der dann notwendigen prohibitiv hohen Mindestkontrollintensität  $w_0$ . Da die Kontrollintensität auf den Bereich  $0 \leq w \leq 1$  beschränkt ist, resultiert aus (2.4) eine Strafe  $S_0$ , die mindestens angedroht werden muß, um die Bauern überhaupt zum ehrlichen Spiel bewegen zu können.

$$(2.5) \quad w_0 = 1 : S_0 = A = \frac{\alpha}{2}.$$

Die Abbildung 1.1 zeigt, daß die Bauern ohne Berücksichtigung der Strafe  $S$  bei vollständiger Kontrolle kein Interesse daran haben, von  $q_s = 1$  abzuweichen. Der Gewinn durch die Mißachtung des Eigentumsrechts des WVU wird durch die Fläche  $A$  bzw.  $E$  repräsentiert.

Für den Wasserversorger ergeben sich die Auszahlungen aus der Tabelle 2.3.

*Tabelle 2.3*  
**Gewinnveränderungen des Wasserwerks**

Strategie Kontrolle	Q	P
nein $1 - w$	$B + C + D$	$G_2 + H_2$
ja $w$	$B + C + D$ $- k$	$F + G + H$ $+ S - k$

Die erwarteten Gewinnveränderungen ergeben sich damit für das WVU zu

$$(2.6) \quad E(WV)_Q = B + C + D - w_0 k; \quad w_0 \leq 1$$

$$(2.7) \quad E(WV)_P = (1 - w) \cdot (G_2 + H_2) + w \cdot (F + G + H + S - k).$$

Unter Berücksichtigung des gewinnmaximierenden Verhaltens der Bauern ergibt sich die gewinnmaximale Kontrollintensität für die Variante P,  $w^*$ , implizit aus (2.8).

$$(2.8) \quad \frac{\delta E(WV)_P}{\delta w} = 0 : \frac{\delta}{2} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w^* \delta} \right)^2 + \frac{\alpha^2 \delta^2 \cdot (1 - w^*)}{(\beta + w^* \delta)^3} + S - k = 0.$$



Implizite Differentiation von (2.8) zeigt folgendes Ergebnis:

$$(2.9) \quad \frac{dw^*}{dS} = \frac{(\beta + w^*)^4}{2\alpha^2 \delta^2 \cdot [\beta + w^* \delta + 1,5 \cdot (1 - w^*)]} = - \frac{dw^*}{dk} > 0.$$

Während mit höherer Strafe die optimale Kontrollintensität  $w^*$  c. p. steigt, sinkt sie bei höheren Kontrollkosten  $k$ : Der Anreiz, eine Mißachtung des Eigentumsrechts aufzudecken, steigt mit steigender Strafhöhe, während höhere Kontrollkosten diesen Anreiz dämpfen.

Ein direkter Vergleich von (2.6) und (2.7) kann wegen der lediglich impliziten Bestimmung von  $w^*$  nicht erfolgen. Für das Beispiel gelten folgende Werte:

$$w_0 > 1; \quad w^* = 0,1546; \quad q_s^* = 2,7326$$

$$E(WV)_P = 13,6019; \quad E(B)_P = -5,0695.$$

Das WVU ist nicht in der Lage, die Bauern zur Respektierung des Eigentumsrechts zu zwingen. Die maximale Gewinnveränderung in der Variante P ergibt sich für die Kontrollintensität  $w^* = 0,1546$  mit  $E(WV)_P = 13,6019$ . D.h. die Verluste des WVU aus der Ausgangssituation können durch eine Stichprobenkontrolle um 28,3% verringert werden. Als Folge der Reduzierung des Schadstoffeintrags von  $q = \bar{q}$  auf  $q_s^* = 2,7326$  ergibt sich eine Verbesserung der gesellschaftlichen Wohlfahrt um 8,5324.

## 2.2 Vertragsabschluss

Mit der in Kapitel 1.2 geschilderten Vertragskonzeption ergeben sich die Auszahlungen der Bauern für die in der Abbildung 1.1 dargestellte Situation aus der Tabelle 2.4.

Tabelle 2.4

### Gewinnveränderung der Bauern

Strategie Kontrolle	Q	P
nein $1 - w$	$- B_1$ $+ g \cdot (D - A_2)$	$- F_1$ $+ g \cdot (H - E_2)$ $+ (E_2 + F_2 + G_1)$
ja $w$	$- B_1$ $+ g \cdot (D - A_2)$	$- (S + F_1 + H_1 - E_2)$ $+ g \cdot (H - E_2)$

Die erwarteten Gewinnveränderungen für die Varianten Q und P ergeben sich in Abhängigkeit von der Kontrollwahrscheinlichkeit  $w$ .

$$(2.10) \quad E(B)_Q = -B_1 + g \cdot (D - A_2)$$

$$(2.11) \quad E(B)_P = -F_1 + g \cdot (H - E_2) + (E_2 + F_2 + G_1) - w \cdot (F_2 + G_1 + H_1 + S).$$

Die Bauern wählen für die Variante Q bzw. P diejenige Schadstoffausbringung, die die erwartete Gewinnveränderung jeweils maximiert.

$$(2.12) \quad \frac{\delta E(B)_Q}{\delta q_v} = 0 : q_v^* = \frac{\alpha g}{\delta + \alpha g} < 1.$$

In der Variante Q maximiert eine vertraglich vereinbarte und tatsächlich emittierte Schadstoffausbringung  $q = q_v^*$  die erwartete Gewinnveränderung der Bauern. Eine Variation der Emission  $q_v$  ergibt für die Bauern folgende Effekte:

- die Kompensationszahlung erhöht sich
- die Zahlung aus der Nettoschadensminderung erhöht sich

Die Bauern bestimmen dann  $q_v^*$  bei gegebenem  $g$  gerade so, daß der Grenzscha-den aus der höheren Kompensationszahlung gleich dem Grenzge-winn aus der höheren Nettoschadensminderung ist. Mit  $\delta q_v^* / \delta g > 0$  und  $\delta^2 q_v^* / \delta g^2 < 0$  zeigt die Emission  $q_v$  in Abhängigkeit von der Quote  $g$  einen streng konkaven Verlauf. Wie die Abbildung 1.1 in Verbindung mit (2.10) zeigt, sind die Bauern bereit, bei höherer Quote  $g$  eine höhere Kompensationszahlung zugunsten einer größeren Nettoschadensminderung hinzunehmen.

Für die Variante P gilt

$$(2.13) \quad \frac{\delta E(B)_P}{\delta q_m} = 0 : q_m^* = \frac{\alpha \cdot (1 - g)}{\beta + w\delta - (\delta + \alpha g)},$$

sofern  $q_m^* \geq 0$ .

$$(2.14) \quad \frac{\delta E(B)_P}{\delta q_s} = 0 : q_s^* = \frac{\alpha}{\beta + w\delta} \geq 1.$$

In der Variante P maximieren die Bauern die erwartete Gewinnveränderung mit der vertraglich vereinbarten Schadstoffeinführung  $q = q_m^*$  und der tatsächlichen Einleitung  $q = q_s^*$ . Für ein Maximum muß  $w < (\alpha g + \delta - \beta) / \delta$  erfüllt sein. In einer Situation mit  $w \geq (\alpha g + \delta - \beta) / \delta$  ist ehrliches Verhalten für die Bauern immer lohnender als eine Vertragsverletzung<sup>3</sup>. Die Abbil-

<sup>3</sup> Für das Beispiel gilt:  $(\alpha g + \delta - \beta) / \delta = 4/3$ .

Abbildung 2.1 zeigt den Verlauf von  $q_m^*$  und  $q_s^*$  für den Fall, daß keine Beschränkungen vorliegen.

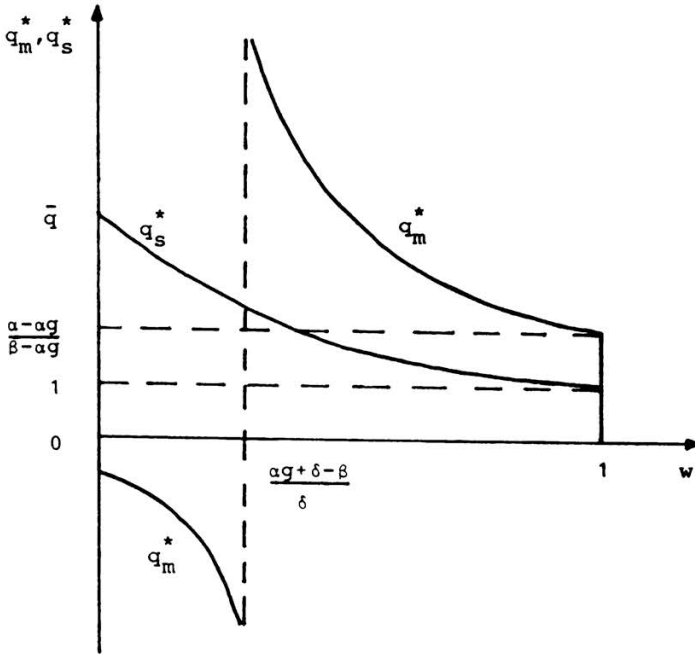


Abbildung 2.1: Qualitativer Verlauf für unbeschränktes  $q_m^*$  und  $q_s^*$

Die tatsächliche Schadstoffausbringung  $q_s^*$  weicht von der vertraglich vereinbarten Einleitung ab und sinkt mit steigender Kontrollintensität.  $w \cdot q_s^*$  bei Abschluß eines Vertrages ist identisch mit  $q_s^*$  ohne Vertrag (vgl. (2.3)).

Die Kontrollintensität  $w_0$ , die die Bauern indifferent zwischen den Varianten I und II werden läßt, ergibt sich für  $E(B)_Q = E(B)_P$ . Mit (2.10) und (2.11) ist diese Bedingung erfüllt für

$$(2.15) \quad w_0 = \frac{(B_1 - F_1) + g \cdot (A_2 - E_2) + (E_2 + F_2 + G_1)}{F_2 + G_1 + H_1 + S}$$

Der Zähler in (2.15) gibt an, welche Effekte bei einem Übergang von der Variante Q auf P auf den Gewinn durchschlagen (ohne Schadensersatz und Strafe): Die Kompensationszahlung verringert sich, die Nettoschadensminderung geht zurück, und die geringe Reduktion der Schadstoffausbringung von  $\bar{q}$  auf  $q_s$  schafft Ertragseinbußen nur in Höhe von  $G_2$ . Der Nenner in

(2.15) gibt den zu zahlenden Schadenersatz und die Strafe für den Fall der Entdeckung an. Die Bauern sind indifferent zwischen Q und P, wenn der Nettovorteil durch die Mogelei gleich dem erwarteten Nachteil ist.

Mit (1.6) und  $\sigma = (\alpha g)^2 / [2 \cdot (\delta + \alpha g)]$  gilt für  $S > 0$  und  $g \geq 0$

$$(2.16) \quad w_0 = - \frac{(\delta\sigma + \beta S)}{2\delta S} + \left[ \frac{\alpha^2 - 2\beta\sigma}{2\delta S} + \left( \frac{\delta\sigma + \beta S}{2\delta S} \right)^2 \right]^{0,5},$$

sofern (2.17) erfüllt ist.

$$(2.17) \quad w_0 < \frac{\alpha g + \delta - \beta}{\delta}.$$

Die Gleichung (2.16) in Verbindung mit (2.17) ist nur dann erfüllt, wenn die Strafe  $S$  hoch genug ist.

$$(2.18) \quad S > \frac{\alpha^2 \delta \cdot (1 - g^2)}{2 \cdot (\alpha g + \delta - \beta) \cdot (\alpha g + \delta)}.$$

Wenn die Strafe  $S$  kleiner ist als in (2.18), müßte  $w$  so hoch sein, daß (2.17) verletzt wird. Dann würden aber die Bauern ohnehin ehrlich spielen. D. h. für „kleine“  $S$  reicht eine Kontrollintensität  $w_0 = (\alpha g + \delta - \beta) / \delta$ , die Bauern zum ehrlichen Spiel zu bewegen.

Die Kontrollintensität  $w_0$  ist realisierbar, wenn  $w_0 \leq 1$  gilt. Für „große“  $S$ , d. h. (2.18) ist erfüllt, gilt

$$(2.19) \quad S \underset{<}{\geq} \frac{\alpha}{2} - \sigma \Rightarrow 1 \underset{>}{\leq} w_0.$$

Für „kleine“  $S$ , d. h. (2.18) ist nicht erfüllt, gilt

$$(2.20) \quad g \underset{>}{\leq} \frac{\beta}{\alpha} \Rightarrow 1 \underset{<}{\geq} w_0.$$

Für das Wasserwerk ergeben sich die Auszahlungen aus der Tabelle 2.5.

Tabelle 2.5

## Gewinnveränderung des Wasserversorgers

Strategie Kontrolle	Q	P
nein $1 - w$	$B_1$ $+ (1 - g) \cdot (D - A_2)$	$(F_1 + G_2 + H_2)$ $- g \cdot (H - E_2)$ $- (E_2 + F_2 + G)$
ja $w$	$B_1 - k$ $+ (1 - g) \cdot (D - A_2)$	$S - k + F_1$ $+ (1 - g) \cdot (H_2 - E_2)$

Die erwarteten Gewinnveränderungen für das WVU ergeben sich damit zu

$$(2.21) \quad E(WV)_Q = B_1 + (1 - g) \cdot (D - A_2) - w_0 k; \quad w_0 \leq 1$$

$$(2.22) \quad E(WV)_P = F_1 + (G_2 + H_2) - g \cdot (H - E_2) - (E_2 + F_2 + G) + w \cdot (F_2 + G_1 + H_1 + S - k).$$

Unter Berücksichtigung des gewinnmaximierenden Verhaltens der Bauern maximiert das Wasserwerk seinen erwarteten Gewinn aus der Variante P mit

$$(2.23) \quad \frac{\delta E(WV)_P}{\delta w} = 0 : S - k + \frac{\delta}{2} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w^* \delta} \right)^2 + \frac{\alpha^2 \delta^2 \cdot (1 - w)}{(\beta + w^* \delta)^3} = 0.$$

Mit (2.23) ist  $w^*$  implizit bestimmt. (2.23) ist identisch mit (2.8) im Fall ohne Vertrag. Damit gilt auch hier:

$$\frac{dw^*}{dS} > 0; \quad \frac{dw^*}{dk} = - \frac{dw^*}{dS}.$$

Für das Beispiel gelten mit  $S = 0$  folgende Werte:

$$w_0 > 1; \quad w^* = 0,1546; \quad q_s^* = 2,7326$$

$$E(WV)_P = -18,3981; \quad E(B)_P = 26,9305.$$

Die Bauern können ohne ausreichende Strafe nicht zum ehrlichen Spiel gezwungen werden. Im Fall eines Vertragsabschlusses würde die Schadstoffausbringung wie im Fall „ohne Vertrag“ von  $q = \bar{q}$  auf  $q_s^* = 2,7326$  reduziert. Da ein solcher Vertragsabschluß aber einen Verlust für das Wasserwerk von 18,3981 bedeutet und gegenüber der vertragslosen Situation sogar eine Verschlechterung um 32,0 herbeiführt, wird das Wasserwerk ohne weitere Anreize keinen Vertrag abschließen.

3. Eigentumsrecht bei den Bauern

Wenn die Bauern das Eigentumsrecht besitzen, ist eine Lösung ohne Vertrag analog zu Kapitel 2.1 gleich der Ausgangslage mit  $q = \bar{q}$ . Wie die Abbildung 3.1 zeigt, sind die Bauern bei einer Vertragslösung nicht an einer vertraglich festgelegten Schadstoffausbringung  $q_v < 1$  interessiert. Die in der Abbildung 3.1 dargestellten Flächen ergeben sich aus (3.1).

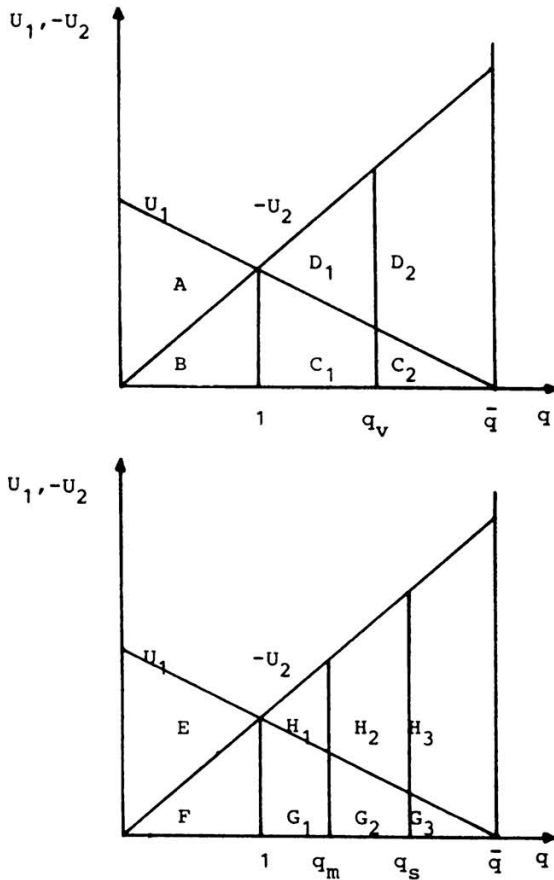


Abb. 3.1: Grenzkosten und Grenzgewinne aus Trinkwasserversorgung und Landwirtschaft

$$\begin{aligned}
 (3.1) \quad A = E &= \int_0^1 \alpha \cdot (1 - q) \, dq & B = F &= \int_0^1 \delta q \, dq & C_1 &= \int_1^{q_v} (\alpha - \beta q) \, dq \\
 C_2 &= \int_{q_v}^{\hat{q}} (\alpha - \beta q) \, dq & D_1 &= \int_1^{q_v} \alpha \cdot (-1 + q) \, dq & D_2 &= \int_{q_v}^{\hat{q}} \alpha \cdot (-1 + q) \, dq \\
 G_1 &= \int_1^{q_m} (\alpha - \beta q) \, dq & G_2 &= \int_{q_m}^{q_s} (\alpha - \beta q) \, dq & G_3 &= \int_{q_s}^{\hat{q}} (\alpha - \beta q) \, dq \\
 H_1 &= \int_1^{q_m} \alpha \cdot (-1 + q) \, dq & H_2 &= \int_{q_m}^{q_s} \alpha \cdot (-1 + q) \, dq & H_3 &= \int_{q_s}^{\hat{q}} \alpha \cdot (-1 + q) \, dq .
 \end{aligned}$$

Die Auszahlungen der Bauern ergeben sich damit aus der Tabelle 3.1

Tabelle 3.1  
Gewinnveränderung der Bauern

Strategie Kontrolle	Q	P
nein 1 - w	$g \cdot D_2$	$- B_1$ $- (A_2 + B_2 + C)$ $- g \cdot (D - A_2)$
ja w	$- B_1 - k$ $+ (1 - g) \cdot (D - A_2)$	$B_1 + S - k$ $+ (g - 1) \cdot (D - A_2)$

Die erwarteten Gewinnveränderungen für die Varianten Q und P ergeben sich damit zu

$$(3.2) \quad E(B)_Q = g \cdot D_2$$

$$(3.3) \quad E(B)_P = g \cdot (H_2 + H_3) + G_2 - w \cdot (G_2 + H_2 + S).$$

Die Bauern wählen für die Variante Q bzw. P diejenige Schadstoffausbringung, die die erwartete Gewinnveränderung jeweils maximiert.

$$(3.4) \quad \frac{\delta E(B)_Q}{\delta q_v} = 0 : q_v^* = 1.$$

Wie die Abbildung 3.1 zeigt, ist jede Abweichung von  $q_v^* = 1$  für die Bauern mit Verlusten verbunden. Für die Variante P gilt<sup>4</sup>:

<sup>4</sup> Für  $w < (\alpha g - \beta) / \delta$  sind die Bedingungen 2. Ordnung für ein Maximum erfüllt.

$$(3.5) \quad \frac{\delta E(B)_P}{\delta q_m} = 0 : q_m^* = \frac{\alpha \cdot (1 - g)}{\beta + w\delta - \alpha g},$$

sofern  $q_m^* \geq 0$

$$(3.6) \quad \frac{\delta E(B)_P}{\delta q_s} = 0 : q_s^* = \frac{\alpha}{\beta + w\delta}.$$

Die tatsächlich ausgebrachte Menge  $q_s^*$  ist identisch mit  $q_s^*$  für den Fall, daß das Wasserwerk die Eigentumsrechte besitzt. In der Abbildung 3.2 ist der Verlauf der vertraglich vereinbarten Menge  $q_m^*$  und der tatsächlich emittierten Menge  $q_s^*$  dargestellt.

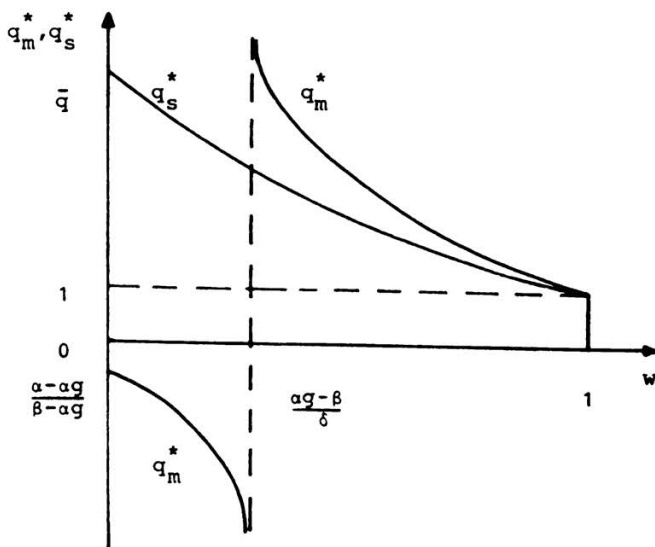


Abbildung 3.2: Unbeschränktes  $q_m^*$  und  $q_s^*$

Für  $w < (\alpha g - \beta) / \delta$  sind die Bedingungen für ein Maximum erfüllt. In einer Situation mit  $w \geq (\alpha g - \beta) / \delta$  ist es für die Bauern immer lohnend, sich ehrlich zu verhalten. Insbesondere gilt dies für  $g \leq \beta / \alpha$ .

Für  $g < 1$  gilt

$$(3.7) \quad \frac{\alpha g - \beta}{\delta} < w < 1 \Rightarrow q_m^* \geq 1$$

$$(3.8) \quad w < \frac{\alpha g - \beta}{\delta} \Rightarrow q_m^* = 0.$$



Für die folgenden Berechnungen ist jeweils zu prüfen, welche der Bedingungen in (3.7) und (3.8) erfüllt ist. Die Kontrollwahrscheinlichkeit  $w_0$  ist dann

$$(3.9) \quad w_0 = \frac{g \cdot [(H_2 + H_3) - D_2] + G_2}{G_2 + H_2 + S}.$$

Der Zähler in (3.9) gibt an, welchen Vorteil die Variante P im Vergleich zu Q bietet: eine größere Nettoschadensminderung und den „Mogelgewinn“  $G_2$ . Der Nenner gibt an, welche Zahlung im Fall der Entdeckung zu leisten ist: Schadenersatz und Strafe. Die Bauern sind indifferent zwischen den Varianten Q und P, wenn der Vorteil durch die Mogelei gleich dem erwarteten Nachteil ist.

Mit (3.1) gilt für  $S > 0$  und  $g > \beta/\alpha$

$$(3.10) \quad w_0 = -\frac{\alpha\delta g + 2\beta S}{4\delta S} + \left[ \frac{\alpha \cdot (\alpha - \beta g)}{2\delta S} + \left( \frac{\alpha\delta g + 2\beta S}{4\delta S} \right)^2 \right]^{0,5},$$

sofern (3.11) erfüllt ist.

$$(3.11) \quad w_0 < \frac{\alpha g - \beta}{\delta}.$$

Die Gleichung (3.11) ist nur dann erfüllt, wenn die Strafe hoch genug ist.

$$(3.12) \quad S > \frac{\alpha\delta \cdot (1 - g^2)}{2g \cdot (\alpha g - \beta)}.$$

Wenn die Strafe kleiner ist als in (3.12) müßte  $w_0$  so hoch sein, daß (3.11) verletzt wird. Dann spielen die Bauern ohnehin ehrlich. D. h. für kleine Strafen reicht eine Kontrollwahrscheinlichkeit  $w_0 = (\alpha g - \beta)/\delta$  aus, die Bauern zum ehrlichen Spiel zu bewegen.

Die Kontrollintensität  $w_0$  ist realisierbar, wenn  $w_0 \leq 1$  gilt. Für „große“  $S$ , d. h. (3.12) ist erfüllt, gilt

$$(3.13) \quad S \geq \frac{\alpha}{2} \cdot (1 - g) \Rightarrow 1 \geq w_0.$$

Für „kleine“  $S$ , d. h. (3.12) ist nicht erfüllt, gilt

$$(3.14) \quad g \leq 1 \Rightarrow 1 \geq w_0.$$

Die Auszahlungen für das Wasserwerk ergeben sich aus der Tabelle 3.2.

Tabelle 3.2

## Gewinnveränderung des Wasserversorgers

Strategie Kontrolle	Q	P
nein $1 - w$	$(1 - g) \cdot D_2$	$(1 - g) \cdot (H_2 + H_3) - (G_2 + H_2)$
ja $w$	$(1 - g) \cdot D_2 - k$	$(1 - g) \cdot (H_2 + H_3) + S - k$

Die erwarteten Gewinnveränderungen für das Wasserwerk ergeben sich damit zu

$$(3.15) \quad E(WV)_Q = (1 - g) \cdot D_2 - w_0 k; \quad w_0 \leq 1$$

$$(3.16) \quad E(WV)_P = (1 - g) \cdot (H_2 + H_3) - (1 - w) \cdot (G_2 + H_2) + w \cdot (S - k).$$

Mit  $q_m^*$  und  $q_s^*$  aus (3.5), (3.6) und (3.8) maximiert das Wasserwerk seinen erwarteten Gewinn aus der Variante P mit

$$(3.17) \quad \frac{\delta E(WV)_P}{\delta w} = 0 : S - k + \frac{\delta}{2} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w^* \delta} \right)^2 + \frac{\alpha^2 \delta^2 \cdot (1 - w^*)}{(\beta + w^* \delta)^3} = 0.$$

Mit (3.17) ist  $w^*$  implizit bestimmt. (3.17) ist identisch mit (2.8) und (2.23). Damit gilt auch hier:

$$\frac{dw^*}{dS} > 0; \quad \frac{dw^*}{dk} = - \frac{dw^*}{dS}.$$

Die optimale Emission  $q_s^*$  ist identisch bestimmt wie im Fall, daß das Wasserwerk die Eigentumsrechte am Grundwasserreservoir besitzt. Für das Beispiel gelten mit  $S = 0$  folgende Werte:

$$w_0 = \frac{1}{3}; \quad q_v^* = 1; \quad E(WV)_Q = -15,3333; \quad E(B)_Q = 18;$$

$$w^* = 0,1546; \quad q_s^* = 2,7326; \quad E(WV)_P = -18,3981; \quad E(B)_P = 26,9305.$$

In diesem Fall kann das Wasserwerk die Bauern zum ehrlichen Spiel zwingen, allerdings nur unter Hinnahme von großen Verlusten ( $-15,3333$ ). Wenn das Wasserwerk die Mogelei der Bauern toleriert, kann es bestenfalls einen Verlust von  $18,3981$  machen. Ohne weitere Anreize für das Wasserwerk scheiden damit beide Lösungen aus, so daß die Ausgangslage mit  $q = \bar{q}$  bestehen bleibt.

#### 4. Gesamtwirtschaftliches Optimum

Das gesamtwirtschaftliche Optimum wird erreicht, wenn die erwartete Gesamtgewinnveränderung  $UN$  maximiert wird. Der gesamtwirtschaftliche Planer hat die Wahl zwischen drei möglichen Regimes mit einer jeweils spezifischen Ausprägung der Gesamtgewinnfunktion:

- Beibehaltung der Ausgangslage
- Durchsetzung der Variante „ehrlich“
- Tolerierung der Variante „nicht ehrlich“

Je nach Regime ergeben sich unterschiedliche Aktivitätsniveaus bezüglich der Emission und der Kontrollintensität. Der gesamtwirtschaftliche Planer wählt das Regime, dessen maximaler Gewinn von den Gewinnen aus einem anderen Regime nicht übertroffen wird.

##### (i) Ausgangslage wird beibehalten

In diesem Fall kann auf eine Kontrolle der Bauern verzichtet werden. Mit  $w = 0$  und  $q = \bar{q}$  ergibt sich keine Gesamtgewinnveränderung.

##### (ii) Variante „ehrlich“

Mit (3.2) und (3.15) gilt

$$(4.1) \quad UN = D_2 - w_0 k; \quad w_0 \leq 1.$$

Das Maximum der Gewinnveränderung (4.1) wird erreicht für

$$(4.2) \quad \frac{\delta UN}{\delta q_v} = 0; \quad q_v^* = 1.$$

Für das Beispiel gilt:

$$w_0 = \frac{1}{3}; \quad UN(q_v^*) = \frac{8}{3}.$$

##### (iii) Variante „nicht ehrlich“

Mit (3.3) und (3.16) und  $q_s^*$  aus (3.6) gilt

$$(4.3) \quad UN = H_3 - wk = \frac{\alpha}{2} \cdot \bar{q}^2 - \alpha \bar{q} + \alpha \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w\delta} \right) - \frac{\alpha}{2} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w\delta} \right)^2 - wk.$$

Die maximale Gewinnveränderung wird erreicht für

$$(4.4) \quad \frac{\delta UN}{\delta w} = 0 : \left( \frac{\alpha}{\beta + w^* \delta} \right)^3 - \left( \frac{\alpha}{\beta + w^* \delta} \right)^2 - \frac{k}{\delta} = 0.$$

Implizite Differentiation von (4.4) zeigt folgendes Ergebnis:

$$(4.5) \quad \frac{dw^*}{dS} = 0.$$

$$(4.6) \quad \frac{dw^*}{dk} = \frac{(\beta + w^*)^4}{2\alpha^2 \delta^2 \cdot \left( \beta + w^* \delta - \frac{3}{2} \alpha \right)} < 0; \quad 0 \leq w \leq 1.$$

Mit (4.4) ist die gesamtwirtschaftlich optimale Kontrollintensität  $w^*$  implizit bestimmt. Für das Beispiel gilt:

$$w^* = 0,121; \quad q_s^* = 2,9347; \quad UN(w^*) = 8,9277.$$

Ein Vergleich der drei Regimes zeigt, daß die Variante „nicht ehrlich“ mit einer Reduzierung der Emission von  $q = \bar{q}$  auf  $q_s^* = 2,9347$  die größte Verbesserung der gesellschaftlichen Wohlfahrt zur Folge hat. Die hohen Kontrollkosten  $k = 100$  führen dazu, daß die Durchsetzung der Variante „ehrlich“ nur mit einer geringen Verbesserung der gesellschaftlichen Wohlfahrt verbunden ist.

Die Höhe der Strafe ist aus gesellschaftlicher Sicht nur für den Übergang von der Variante „ehrlich“ zur Variante „nicht ehrlich“ von Bedeutung. Die Kontrollintensität  $w_0$ , mit der das ehrliche Spiel durchgesetzt werden kann, ist eine Funktion der Strafe  $S$ . Wenn die Strafe eine Größenordnung annimmt, die die Variante „nicht ehrlich“ vorteilhaft sein läßt, zeigt (4.5), daß die Strafhöhe für das gesamtwirtschaftliche Optimum allokativ ohne Bedeutung ist. (2.9) zeigt aber, daß die Strafhöhe aus einzelwirtschaftlicher Sicht durchaus von allokativer Bedeutung ist. Die Frage nach der gesellschaftlich optimalen Strafhöhe liegt nahe, wobei als gesellschaftlich optimal die Strafe  $S^*$  definiert sei, bei der die Summe der einzelwirtschaftlichen Maxima (nach individueller Gewinnmaximierung) maximal wird. Die optimale Strafhöhe  $S^*$  im Regime „Eigentumsrecht beim Wasserversorger; ohne Vertrag“ muß die folgende Bedingung erfüllen:

$$(4.7) \quad \frac{\delta E(B)_F}{\delta S} = - \frac{\delta E(WV)_F}{\delta S}.$$

Mit (2.2), (2.7) und (2.9) gelten

$$(4.8) \quad \frac{\delta E(B)_P}{\delta S} = -\frac{dw_e^*(S)}{dS} \cdot \left[ \frac{\delta}{2} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w_e^*(S) \cdot \delta} \right)^2 + S^* \right] - w_e^*(S) < 0$$

$$(4.9) \quad \frac{\delta E(WV)_P}{\delta S} = \frac{dw_e^*(S)}{dS} \cdot \left[ \frac{\delta}{2} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta + w_e^*(S) \cdot \delta} \right)^2 + \frac{\delta^2 \alpha^2 \cdot (1 - w_e^*(S))}{(\beta + w_e^*(S) \cdot \delta)^3} + S^* - k \right] + w_e^*(S).$$

$w_e^*(S)$  ist die aus dem einzelwirtschaftlichen Kalkül in (2.8) implizit bestimmte optimale Kontrollintensität. Aus der Sicht der Bauern hat eine Erhöhung der Strafe nur negative Effekte:

- mit  $dw_e^*(S)/dS > 0$  aus (2.9) reduziert sich die tatsächliche Einleitung  $q_s^* = \alpha / [\beta + w_e^*(S) \cdot \delta]$  und damit auch der Gewinn;
- die erwartete Strafzahlung fällt höher aus.

Für das Wasserwerk kann eine solche eindeutige Richtung der Effekte mit (4.9) nicht angegeben werden:

- durch die Erhöhung der Kontrollintensität erhöht sich die Gewinnsituation wegen der Verringerung der Emission
- durch die höhere Kontrollintensität und die höhere Strafe ändert sich die erwartete Zahlung aus der Differenz von Strafe und Kontrollkosten. Ob sich dieser Effekt positiv oder negativ auswirkt, kann nicht eindeutig bestimmt werden.

Mit (4.8), (4.9) und (2.9) ist die optimale Strafe  $S^*$  bestimmt, wenn gilt:

$$(4.10) \quad \frac{1 - w_e^*(S^*)}{(\beta + w_e^*(S^*) \cdot \delta)^3} = \frac{k}{\delta^2 \alpha^2}; \quad S^* \geq 0.$$

Für die anderen Regimes muß diese optimale Strafhöhe gesondert bestimmt werden.

## 5. Schlußbemerkung

Die Diskussion um die Nutzung eines Grundwasserkörpers als Schadstoffaufnahme- und Rohwasserlieferant für die Landwirtschaft oder als Trinkwassererzeuger ist um die Problematik der Durchsetzung von Eigentumsrechten erweitert worden. Die gesamtwirtschaftlich optimale Lösung, die unter der Voraussetzung abgeleitet wird, daß der Planer die wahren Grenzgewinn- und Grenzschadenfunktionen kennt, wird in keiner der möglichen Ausprägungen der Vergabe von Eigentumsrechten erreicht.

Bei niedrigen Strafen ist die Einhaltung der vertraglichen Vereinbarung oft nur mit einer hohen Kontrollintensität durchsetzbar. Vielfach scheitert die Durchsetzung der Vertragstreue an einer zu hohen Kontrollintensität. Die Quote der Beteiligung der Bauern an der Netto-Schadensminderung des WVU ist hier von zentraler Bedeutung. Aber selbst bei einer hohen Strafdrohung ist die Durchsetzung der Variante „ehrlich“ bei hohen Kontrollkosten i. d. R. nicht vorteilhaft. Die Inkaufnahme eines vertragsverletzenden Verhaltens der Verschmutzer führt dann zu einem Gewinnanstieg in Richtung des gesamtwirtschaftlichen Optimums. In dieser Situation kann eine Strafe definiert werden, die das einzelwirtschaftliche Ergebnis möglichst nahe an das gesamtwirtschaftliche Optimum heranführt.

Unabhängig von der Verteilung von Eigentumsrechten ergibt sich in den drei behandelten Fällen für die Variante „Bauer mogelt“ dieselbe Emission. Ob aber ein Vertrag abgeschlossen wird, hängt davon ab, ob beide Parteien einen Vorteil aus dem Vertrag ziehen können. So erweist sich die Zuweisung von Eigentumsrechten an das WVU als relativ vorteilhaftes System. Ohne Entschädigung für den Gewinnrückgang der Bauern und ohne Beteiligung der Bauern an der Nettoschadensminderung des WVU ist der Anreiz für das WVU hoch genug, eine Reduzierung der Schadstoffausbringung der Bauern um 31,7% gegenüber der Ausgangssituation durchzusetzen. Eine solche Lösung kollidiert aber mit den Regelungen des Wasserhaushaltsgesetzes.

Wie schon von AKS angemerkt, läge es im theoretischen Ansatz eventuell nahe, die Kontrollkosten zwischen Bauern und WVU aufzuteilen. Wie ein solcher Aufteilungsmodus gestaltet sein kann und wer dann über die tatsächlich durchzuführenden Kontrollen entscheidet, ist nicht mehr Gegenstand dieser Arbeit.

### **Zusammenfassung**

Die Diskussion der Allokation einer Grundwasserressource ist aus verfügungsrechtlicher Sicht um die Problematik der Kontrollkosten zur Durchsetzung vertraglicher Vereinbarungen erweitert worden. Bei niedriger Geldstrafe für die Verletzung vertraglicher Vereinbarungen ist Vertragstreue i. d. R. nicht zu erzwingen. Selbst bei hoher Geldstrafe ist die Inkaufnahme eines vertragsverletzenden Verhaltens aus der Sicht eines Wasserwerks i. d. R. vorteilhaft. Das gesamtwirtschaftliche Optimum wird im vorliegenden Modell verfehlt. Es kann aber eine optimale Strafhöhe definiert werden, die die Abweichung des einzelwirtschaftlichen Ergebnisses vom gesamtwirtschaftlichen Optimum minimiert. Die Zuweisung der Verfügungsrechte an das Wasserversorgungsunternehmen erweist sich in diesem Modell als relativ vorteilhaft. Ohne Entschädigung für den Gewinnrückgang der Bauern ist eine Reduzierung der Schadstoffausbringung um 31,7% gegenüber der Ausgangssituation durchsetzbar. Eine solche Lösung kollidiert aber mit den Regelungen des Wasserhaushaltsgesetzes.

## Summary

The discussion of the allocation of a groundwater resource from a property rights point of view is extended to the cost of controlling the implementation of contractual agreements. With a low fine for breaking the agreements contractual fidelity is not enforceable. Even with a high fine the acquiescence of a contract violation ordinarily is profitable for a water company. The social optimal allocation is not reached in this model. But a social optimal fine may be defined that minimizes the difference between the social and the property rights solution.

## Literatur

- Auerbach, A. / Kuckshinrichs, W. / Ströbele, W.* (1989), Grundwasser als Schadstoffdeponie und als Trinkwasserreservoir – Effiziente Allokationen bei unterschiedlichen Eigentumsrechten und positiven Überwachungskosten. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 12, 269 - 279.
- Blankart, C. B.* (1987 a), Eine verfügungsrechtliche Betrachtung des Wasserpfennigs. *Wirtschaftsdienst*, 151 - 154.
- (1987 b), Der Wasserpfennig aus ökonomischer Sicht. Diskussionspapier 117, *Wirtschaftswissenschaftliche Dokumentation* (Hrsg.), TU Berlin.
- Bonus, H.* (1986 a), Eine Lanze für den Wasserpfennig. *Wirtschaftsdienst*, 451 - 455.
- (1986 b), Don Quichotte, Sancho Pansa und der Wasserpfennig. *Wirtschaftsdienst*, 625 - 629.
- (1987 a), Die Lust am effizienten Untergang: Notizen zum Wasserpfennig. *Wirtschaftsdienst*, 199 - 203.
- (1987 b), Der eine Charme und der andere Charme: Schlußbemerkungen zum Wasserpfennig. *Wirtschaftsdienst*, 207.
- Brösse, U.* (1986), Wasserzins statt Wasserpfennig. *Wirtschaftsdienst*, 566 - 569.
- (1987), Der Wasserzins als Instrument der Raumordnungspolitik und der Umweltpolitik. Hannover, (Veröffentlichung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 102).
- Karl, H.* (1986), Exklusive Nutzungs- und Verfügungsrechte an Umweltgütern als Instrument für eine umweltschonende Landwirtschaft – Eine Darstellung unter besonderer Berücksichtigung des Grundwasserschutzes, in: *Klemmer, P.* (Hrsg.), *Beiträge zur Struktur- und Konjunkturforschung*, Bd. 25.
- (1987 a), Property Rights als Instrument für eine umwelt- und grundwasserschonende Landwirtschaft. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 10, 23 - 42.
- (1987 b), Ökonomie des Grundwasserschutzes, *Wirtschaftsdienst*, 154 - 157.
- (1988), Die Auseinandersetzung um den Wasserpfennig. *WiSt*, 27 - 30.
- (1989), Transaktionskosten privater Grundwassernutzungsrechte. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 12, 73 - 78.
- Linde, R.* (1988), Wasser als knappe Ressource, Überlegungen zur Diskussion um den Wasserpfennig. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 11, 65 - 80.

- (1989), Wasser als knappe Ressource. Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht 12, 95 - 100.
- Scheele, M. / Schmidt, G.* (1986), Der Wasserpfennig: Richtungsweisender Ansatz oder Donquichoterie?. Wirtschaftsdienst, 570 - 574.
- (1987a), Streit um den Wasserpfennig: Abschied von der Effizienz?. Wirtschaftsdienst, 40 - 44.
- (1987b), Der diskrete Charme der Untergangsphilosophie. Wirtschaftsdienst, 203 - 207.
- (1989), Der Konflikt zwischen Landwirtschaft und Wasserschutz als Allokations- und Verteilungsproblem. Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht 12, 79 - 93.