

- In der Konkurrenz zu anderen Gewässernutzungen muß die Wasserstraßennutzung heute ihre Ansprüche an den Möglichkeiten des Naturhaushaltes einerseits und den Forderungen der anderen Nutzungen messen. Maßstab hierfür sollten volkswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Vergleiche sein. Bei den sich daraus ergebenden Entscheidungen werden Wasserstraßennutzungen in vielen Fällen Einschränkungen zugunsten des Naturhaushaltes oder anderer Nutzungen hinnehmen müssen.

Für eine ausgewogene Verteilung eines begrenzten Niedrigwasserabflusses auf vielfältige Konkurrenznutzen wurde im Arbeitsbericht September 1988 des Ad-hoc-Arbeitskreises der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser „Grundsatzfragen zur Definition von Schwellenwerten im Niedrigwasserbereich“ (noch nicht veröffentlicht) ein methodischer Lösungsansatz erarbeitet.

## Teil 2

### Rechnerische Bewertung der wirtschaftlichen Bedeutung von Wasserstraßen auf anderen Gebieten als der Schifffahrt

#### – Bewertung der außerverkehrlichen Funktionen

#### Zusammenfassung

Die Bewertung von Wasserstraßenprojekten mittels Nutzen-Kosten-Analyse ist heutzutage Voraussetzung für deren Realisierung. Während die Bewertung von Verkehrsnutzen eines Wasserstraßenprojektes ohne weiteres möglich ist, stößt die Bewertung von verkehrsfremden Nutzen aus Wasserkraft, Hochwasserschutz, wasserwirtschaftlichen Vorteilen und Freizeitangeboten noch auf prinzipielle Schwierigkeiten. Bisherige Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß dadurch die Ergebnisse der Untersuchungen kaum beeinflußt wurden, weil die außerverkehrlichen Nutzenanteile nur gering waren.

Im folgenden werden Ansätze zur monetären Bewertung außerverkehrlicher Vorteile von Wasserstraßenprojekten unter Anwendung des Alternativkostenprinzips aufgezeigt. Wesentlich ist hierbei das Finden der zutreffenden nächstkostengünstigsten Alternativen.

Zur Bewertung von Wasserkraftnutzen kommen als Alternativen thermische Kraftwerke oder Energieeinsparmaßnahmen infrage. Bei Nutzen aus Hochwasserschutz ist zu berücksichtigen, daß Hochwasserereignisse stochastische Vorgänge sind und daher eine Häufigkeitsverteilung der Hochwässer bekannt sein muß.

Für wasserwirtschaftliche Verbesserungen wurden zahlreiche Ansätze vorgeschlagen wobei alternative Maßnahmen und Projekte zur Wassergüteverbesserung und Trinkwasseraufbereitung in Ansatz kamen. Der Ansatz von Freizeitnutzen kann ebenfalls auf verschiedenen Wegen erfolgen, so z. B. über projektinduzierte Benutzertage oder die Gewässergüte, jedoch sind die Ergebnisse noch weitgehend unbefriedigend.

## Inhalt

1. Einführung . . . . .	43
2. Grundsätzliches zur Bewertung außerverkehrlicher Funktionen . . . . .	44
3. Bewertung verkehrsfremder Funktionen . . . . .	45
3.1 Energieerzeugung aus Wasserkraft . . . . .	45
3.2 Hochwasserschutz . . . . .	47
3.3 Wasserwirtschaftliche Verbesserungen . . . . .	48
3.4 Freizeitgestaltung . . . . .	50

## Literatur

### 1. Einführung

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Wasserstraßenprojektes ist heutzutage unabdingbare Voraussetzung für seine Realität. Hierzu dient die Nutzen-Kosten-Analyse als allgemein anerkanntes Instrumentarium der modernen staatswirtschaftlichen Entscheidungslehre. In ihr wird versucht, den als Entscheidungskriterium fehlenden Marktmechanismus dadurch zu ersetzen, daß alle reellen Nutzen und Kosten einer Maßnahme in meß- und vergleichbare Größen — meist monetärer Art — ausgedrückt werden und nach bestimmter Methodik zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Im Bereich der Bundeswasserstraßen der Bundesrepublik Deutschland wurden z. B. sämtliche Erweiterungsinvestitionen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung überprüft und monetär bewertet. Das Verfahren und die angewandte Methode wurde bereits 1979 vorgestellt [1].

Auf der Nutzenseite dieser Bewertungen wurden fast ausschließlich **verkehrsabhängige** Nutzenbeiträge berücksichtigt, wie Ersparnisse an Schiffsvorhalte-, Betriebs- und Treibstoffkosten. Es zeigte sich, daß bei den betrachteten Projekten hierdurch bereits rund 95% des Gesamtnutzens erfaßt wurde.

Nutzen durch **außerverkehrliche** (verkehrsfremde) Funktionen des zu bewertenden Projektes wurde meistens nicht direkt ermittelt, weil diese Komponenten im Verhältnis zu den verkehrsabhängigen Nutzenkomponenten vernachlässigbar klein waren. Das galt für die meisten Projekte wie z.B. Vertiefung einer vorhandenen Wasserstraße (Mittelrhein, Mosel) oder Vergrößerung vorhandener Kanalquerschnitte. Dagegen können bei der Neuanlage oder Stauregelung von Wasserstraßen außerverkehrliche Funktionen große Nutzenbeiträge liefern.

## 2. Grundsätzliches zur Bewertung außerverkehrlicher Funktionen

Die wichtigsten Komplexe außerverkehrlicher Funktionen an Wasserstraßen ergeben sich wie folgt

- Energiegewinnung aus Wasserkraft
- Hochwasserschutz
- Wasserwirtschaftliche Verbesserungen
- Freizeitmöglichkeiten.

Nicht betrachtet werden im Rahmen dieser Erörterung die vielfältigen Ansätze zur Bewertung des Umweltschutzes, weil diese Verfahren meist nichtmonetäre Grundlagen haben.

Die (monetäre) Bewertung der durch diese Funktionen entstehenden Vorteile kann erfolgen über

- die erzielbaren Erlöse  
sowie
- das Alternativkostenprinzip.

Die Nutzenermittlung über erzielbare Erlöse ist methodisch gesehen einfach, in praxi meist jedoch nicht realisierbar, da ein Marktmechanismus nicht vorhanden ist. Auch die Methode der individuellen Zahlungsbereitschaft (willingnes-to-pay), bei der versucht wird über Quasiumfragen die Zahlungsbereitschaft für Vorteile, z. B. für einen Hochwasserschutz zu ermitteln, führt kaum zu brauchbaren Ergebnissen.

Im **Alternativkostenprinzip** wird die nächstkostengünstigste Alternative betrachtet, die bei Nichtrealisierung des bewerteten Projektes zur Ausführung kommen würde und die gleichen Planungsziele erfüllen würde. Die eingesparten Kosten dieser Alternative werden als Nutzen angesetzt. Daraus folgt z. B., daß, wenn ein Projekt wirtschaftlich sein soll, seine Kosten kleiner als die der nächstgünstigsten Alternative sein müssen.

Unter dem Begriff Kosten sind sämtliche Auszahlungen (z. B. Bau, Betrieb, Unterhaltung, Abbruch) eines bestimmten Betrachtungszeitraumes, z. B. der Lebensdauer eines Projektes, abdiskontiert auf einen Gegenwartswert (Bauwert), zu verstehen.

Das Problem bei der Anwendung des Alternativkostenprinzips liegt darin, das Spektrum möglicher realistischer Alternativen mit ihren Kosten zu ermitteln. Um keinen Scheinnutzen zu errechnen, ist für die Auswahl der nächstkostengünstigsten Alternative ein strenger Maßstab erforderlich. Immer muß auch die Alternative „without“ (ohne Maßnahme) betrachtet werden. Dabei muß der Planungsaufwand durch Beschränkung der Alternativenanzahl in Grenzen gehalten werden.

Beispiel für die Anwendung von Alternativkosten:

### 1. Projekt: Bau eines Schiffahrtskanals

**Alternativen** für die projektrelevanten Güter:

- Eisenbahntransport
- gebrochener Verkehr Eisenbahn/Schiff
- Straßentransport

Nutzen: vermiedene Kosten der nächstkostengünstigsten Alternative.

### 2. Projekt: Wasserkraftwerk

**Alternativen**

- Anteil Kohlekraftwerk
- Anteil Kernkraftwerk
- Anteil Energieeinsparungsmaßnahmen.

Nutzen: vermiedene Kosten der nächstkostengünstigsten Alternative.

Besonders bei außerverkehrlichen Funktionen kommt es darauf an, die nicht immer leicht zu findende nächstkostengünstigste Alternative zu finden. Die Frage:

„Was passiert, was wird gemacht, wenn das Projekt nicht realisiert wird?“

muß objektiv und kreativ beantwortet werden. Dafür können die bekannten kreativen Problemlösungsmethoden (z.B. Brainstorming) angewendet werden.

## 3. Bewertung verkehrsfremder Funktionen

### 3.1 Energieerzeugung aus Wasserkraft

Der Gang der Bewertung wurde bereits skizziert. Eine derartige Bewertung wurde in der Bundesrepublik Deutschland 1982 im Rahmen der Untersuchung eines weiteren

Oberrhenausbau unterhalb von Iffezheim für ein Wasserkraftwerk von etwa 47 MW Nettoleistung untersucht [2].

Als Projektalternativen kamen in Betracht:

- Anteil Kernkraftwerk
- Anteil Steinkohlekraftwerk
- Anteil Braunkohlekraftwerk (revierfern).

Die Alternative – keine Maßnahme wurde ausgeschlossen, da zahlreiche Kraftwerksplanungen zeigten, daß ein grundsätzlicher Bedarf an zusätzlicher Energie bestand.

Für das Projekt sowie die Alternativen wurden ermittelt bzw. geschätzt:

- Investitions-, Anlage- und Beseitigungskosten
- Betriebs- und Unterhaltungskosten
- Brennstoff-, Aufbereitungs- und Deponiekosten
- Energiefortleitungskosten
- Zusatzkosten für Spitzenlastbereich.

Tabelle 1  
Kostenbarwerte (Stand 1982) in Mill. DM  
für 47 MW Nettoleistung

	Wasser- Kraftwerk	Alternativen		
		Kernkraft	Braunkohle	Steinkohle
1. Investition, Abbruch, Erneuerung .....	183	100	61	67
2. Brennstoff .....	–	128	206	525
3. Betrieb/Unterhaltung ...	72	54	50	74
4. Fortleitung .....	–	–	40	–
5. Spritzenlast .....	–	24	24	24
Summe .....	255	306	380	690

Tabelle 1 zeigt einzelne Kostenkomponenten der Alternativen, kapitalisiert über einen Zeitraum von 90 Jahren für eine Nettoleistung von 47 MW, jedoch für das Wasserkraftwerk ohne Maßnahmen für den Gewässeraufstau (Stauanlage mit Wehr und Dämmen), da diese nicht aus Gründen der Wasserkraftgewinnung ausgeführt werden sollten und entsprechende andere Nutzenkomponenten ergaben.

Unter diesen Randbedingungen wurde das Kernkraftwerk die nächstkostengünstigste Alternative zur Wasserkraft. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsstudie wurde daher die Kostendifferenz

Kernkraftwerk/Wasserkraftwerk = 306 – 255 = 51 Mio. DM

als Nutzen der Staustufe durch Wasserkraftgewinnung berücksichtigt. Die Rechnung zeigte dabei, daß die Anlage einer Staustufe nur aus Gründen der Energiegewinnung aus wirtschaftlicher Sicht nicht vertretbar war.

### 3.2 Hochwasserschutz

Auch der Nutzen eines Hochwasserschutzes ist mittels Alternativkostenprinzip angedeutet und bei verschiedenen Wasserstraßenprojekten, bei denen Seitendämme oder Deiche errichtet wurden, auch ermittelt worden.

Auch hier muß die nächstkostengünstigste Alternative erst gefunden werden. Wird z.B. ein Seitendamm bei der Stauregulierung eines Flusses erhöht, so kann der Nutzen dieser Dammhöhermittlung ermittelt werden durch Betrachtung der Alternativen

- keine Maßnahme (Schadeninkaufnahme)
- Hochwasserückhaltung
- Hochwasserumleitung usw.

Die Methode der Nutzenermittlung im Hochwasserschutz bei der Alternative „keine Maßnahme“ hat Schmidtke [3] ausführlich beschrieben.

Hochwasserereignisse sind als nicht determinierte, sondern stochastische Vorgänge nicht vorhersagbar, jedoch lassen sich Wahrscheinlichkeitsaussagen über künftige Wirkungen machen. Daher ist mit einem sog. Schadenerwartungswert (Risiko) zu arbeiten, indem

- die zu erwartende Häufigkeit (= Wahrscheinlichkeit) des Eintritts des zum Schaden führenden Hochwassers sowie
- das Schadensausmaß (Schadenshöhe) berücksichtigt werden.

Vereinfacht gilt

Schadenerwartungswert = Schadenshöhe x Wahrscheinlichkeit

Für den Berechnungsgang muß bekannt sein (siehe Abb. 1)

1. die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Hochwasserscheitelabflüsse  $p(Q)$  (Ereignisse pro Jahr)
2. die Schadensfunktion  $s(Q)$  (DM pro Hochwasserereignis)

Der gesamte Schadenerwartungswert ergibt sich dann zu

$$S = \int_{HHQ} p(Q) \cdot s(Q) \cdot d(Q)$$

Die Schwierigkeit in der praktischen Berechnung liegt darin, daß eine Schadensfunktion für ein hochwassergefährdetes Gebiet nicht bekannt und in Abhängigkeit von der Hochwasserabflußgröße  $Q$  nur schwer zu ermitteln ist. Die hier beschriebene Berechnung berücksichtigt auch nur funktionale Zusammenhänge, nicht jedoch z.B. den Einfluß von Überflutungsdauer, Abflußsumme des Hochwassers (Feststofftransport) oder Fließgeschwindigkeit, ganz abgesehen von der Außerachtlassung menschlicher und ideeller Werte.

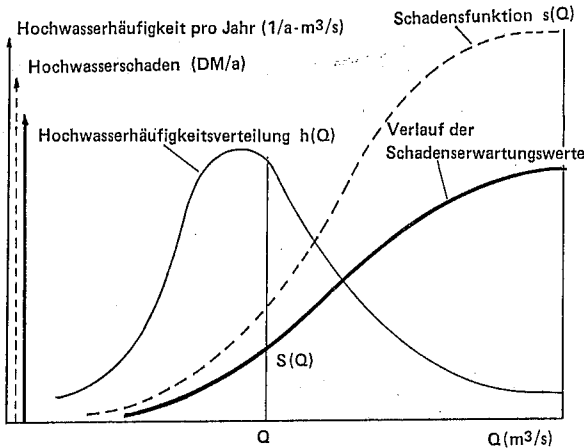


Abb. 1

Berechnung des Hochwasserschadensersparungswertes

### 3.3 Wasserwirtschaftliche Verbesserungen

Das Anwendungsgebiet ist vielfältig, die erforderlichen Methoden heterogen, jedoch sind Bewertungen als verkehrsfremde Funktionen bisher wenig erprobt. In [4] wurden verschiedene Wirtschaftlichkeitsüberlegungen von Flußgebietsmodellen beschrieben, auch Wassermengen und -gütermodelle.

Folgende Nutzenkomponenten der Wasserwirtschaft treten auf:

1. Wassermengenverbesserung = z.B. Niedrigwasseranreicherung
2. Wassergüteverbesserung: z.B. Trink- und Brauchwasserversorgung
3. Fischerei

Eine Wassermengenverbesserung bewirkt zu Wassermangelzeiten eine Hebung des Wasserstandes im Gewässer, sei es durch erhöhten Niedrigwasserabfluß oder Aufstau. Damit ist in Wassermangelzeiten eine größere Entnahme von Trinkwasser, für Industrie, Kraftwerke und Landwirtschaft möglich. Vorausgesetzt der Wasserbedarf ist vorhanden, können nach dem Alternativkostenprinzip die Kosten alternativer Wasserbeschaffungs- oder Einsparungsmaßnahmen in Ansatz gebracht werden, z.B. für die Trinkwasserbereitstellung Bau von

- Leitungen für Fremdwasser
- Trinkwassertalsperre

oder für thermische Kraftwerke zusätzliche Kühlturmeinrichtungen. Wassergüteverbesserungen sind nur in Ansatz zu bringen, wenn durch die wasserbaulichen Maßnahmen die Wassergüte quantitativ meßbar (z.B. über BSB-Werte, Güteklasse des Gewässers) verbessert wird, z.B. durch erhöhten Sauerstoffeintrag bei Vergrößerung der Wasseroberfläche oder bei Wehrüberfällen. Die Nutzenkomponente wurde z.B. für das Flußmodell Neckar wie folgt gewonnen:

1. Ermittlung der Bereiche des Bedarfs und der Aufbereitung des Wassers
2. Alternative Kosten der Bedarfsdeckung ohne Projekt
3. Kosten der Bedarfsdeckung mit Projekt
4. Kostendifferenz der Bedarfsdeckung, hierbei sind ersparte Kosten bei Projektdurchführung als Nutzen anzusetzen.

Dabei dient als Grundlage die empirisch gefundene Abhängigkeit der Reinigungskosten z.B. vom BSB<sub>5</sub>-Wert bzw. von der Güteklasse (Abb. 2, nur variable Kosten). Eine andere Möglichkeit ist die Alternative Bau weiterer (kommunaler und industrieller Kläranlagen), von denen Kostenanteile bei Projektrealisierung eingespart werden können.

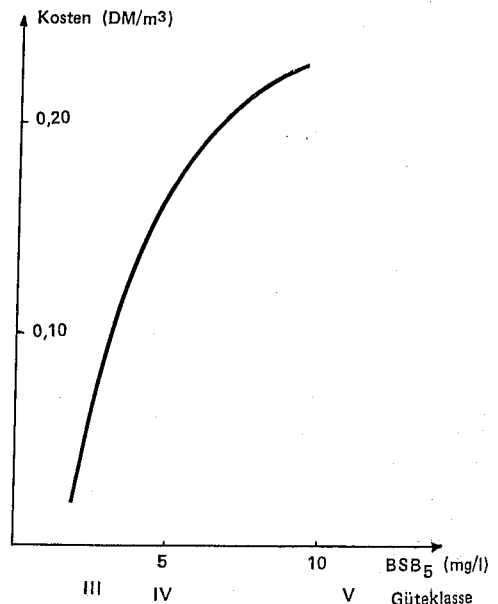


Abb. 2  
Reinigungskosten für die Trinkwasseraufbereitung aus Flusswasser in Abhängigkeit von der Gewässergüte (1977)



Zur Berücksichtigung der Fischerei wurden verschiedene Ansätze gemacht. So wurde z.B. die Zusammensetzung des Fischbestandes in Abhängigkeit von der BSB-Konzentrations/Güteklasse des Gewässers abgeschätzt, z.B.

Güteklasse IV/V      Nutzfischanteil 20%

Güteklasse II/III    Nutzfischanteil 60%

Hierdurch konnten alternative Mengenschätzungen vorgenommen und damit ein Nutzenansatz gewonnen werden.

### 3.4 Freizeitgestaltung

Nutzenansätze zur Berücksichtigung von Freizeiteffekten sind von der Methodik her gesehen noch vielfältiger als die monetäre Bewertung wasserwirtschaftlicher Aspekte. Zahlreiche Vorgehensweisen sind hierfür vorgeschlagen und versucht worden, ein allgemein anerkannter geschlossener Ansatz kann jedoch hier nicht vorgestellt werden.

Entscheidendes Problem ist die Abgrenzung derjenigen Freizeitnachfrage, die ursächlich mit dem Projekt ist. So wurden projektinduzierte Benutzertage als reeller Maßstab für den primären Freizeitnutzen gewählt. Auch hier kann das Alternativkostenprinzip zugrundegelegt werden, indem die Freizeitnutzung mit und ohne Projekt betrachtet wird. Der methodischen Exaktheit des Verfahrens stehen erhebliche empirische Probleme gegenüber. Schwer angebbar ist insbesondere der Umfang alternativer Freizeitaktivitäten ohne Projekt.

Folgende Freizeitaktivitäten können in Betracht kommen:

- wassergebunden
  - Angeln
  - Baden, Schwimmen
  - Bootfahren (Paddel-, Segel-, Motorboot usw.)
  - Personenschiffahrt
- durch Wassernähe gefördert
  - Wandern
  - Picknick
  - Camping

Je nach Wasserbauprojekt werden einzelne Freizeitkomponenten zu berücksichtigen sein.

Freizeitmöglichkeiten am Wasser sind knapp, die Nachfrage danach groß. Daher kann bei neuen Projekten eine induzierte Nachfrage angenommen werden, die ehemals latente Nachfrage wird infolge geringerer Transportaufwendungen geringer. Um den so entstehenden Nutzen abzuschätzen, müssen ermittelt werden

- projektinduzierte Benutzertage
- variable Transportkosten
- Wegstreckenverkürzung.

Darüber hinaus ist der Ansatz von Zeitersparnissen erwogen worden (z.B. 10 DM/Pkw-Stunde). Sodann ist der Verlauf der Nachfragekurve zu schätzen. Bei linearer Nachfragekurve ergibt sich z.B. ein Freizeitnutzen dadurch, daß infolge des Projekts die Anfahrt zum Freizeitrevier verkürzt wird zu

$$\frac{1}{2} x (\text{Benutzertage} \times \text{durchschnittliche Transportkostensparnis in DM/Tag})$$

(Konsumentenrente zwischen Nachfragekurve und Preisgeraden)

beziehungsweise zu

$$\frac{1}{2} v (\text{Benutzertage} \times \text{Zeitersparnis in DM/Tag})$$

Eine andere Bewertungsmethode besteht darin, die Freizeitform im Zusammenhang mit der Gewässergüte bzw. dem BSB-Schwellenwert anzugeben, z.B. für Motorbootfahren:

Schwellenwert	8 mg/1 BSB
Segeln	6 mg/1
Bootfahren, Angeln	4 mg/1
Wasserski	3 mg/1
Baden	2,25 mg/1.

Die Abhängigkeit von nur einer Monovariablen bleibt problematisch. Daher ist auch versucht worden, für die Nutzenberechnung mehrere Güteparameter anzuwenden.

## Literatur

- [1] Ernst-Lohrberg-Mester-Orlovius  
The use of cost-benefit-analysis for investments in inland-waterways  
Bulletin de l'AIPCN, Vol. III/1979 N° 38
- [2] Bundesminister für Verkehr:  
Untersuchungen zur Frage der Sohlenerosion des Oberrheins  
– Schlußbericht 1981
- [3] Schmidtke:  
Nutzenermittlung im Hochwasserschutz  
Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich  
Mitteilung Nr. 18/1985
- [4] Studie über Wirtschaftlichkeitsüberlegungen in Flußmodellen  
Veröffentlicht vom Bundesministerium des Innern 1977
- [5] Entwicklung eines praktischen Verfahrens zur Messung und Bewertung  
regionaler Struktureffekte als Folge von Verkehrswegef Investitionen  
DWIF München 1975