

# Kapitel 7: Kosten-Nutzen-Analyse

## Kapitel im Lehrbuch / Inhalt

- Im Perman:
  - Kapitel 11: „Cost benefit analysis“
  - Kapitel 17: „Renewable resources“
- Inhalt der Vorlesung:
  - Allgemeines zur Kosten-Nutzen-Analyse
  - Messung von Umweltnutzen
  - Messung von Kosten

# Kosten-Nutzen-Analyse

- **Problem:** Für Umweltgüter existieren in der Regel keine Preise. Wie kann aber der Nutzen eines Umweltprojekts (z.B. Einrichtung eines Naturschutzgebiets, optimale Umweltgesetzgebung, Schadenersatzzahlungen etc.) evaluiert werden?

- Formal:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- **NPV:** Net Present Value / Gegenwartsnutzen;  
**B:** Nutzen; **C:** Kosten; **r:** Diskontfaktor;  
**t=1...T:** Zeitindex.

## Schritte der Kosten-Nutzen-Analyse

1. Klare Spezifikation des Projekt oder des Programms
2. Quantitative Bestimmung der Inputs und Outputs
3. Bestimmung der sozialen Kosten und Nutzen
4. Vergleich der Kosten und Nutzen

# Kosten-Nutzen-Analyse

- Probleme:
  - Wie misst man Kosten/Nutzen
  - Wahl des Diskontfaktors  $r$  und des Beobachtungszeitraums  $T$
  - Umgang mit Unsicherheit
  - Verteilungsüberlegungen
  - Ethische Überlegungen

## Messung von Umweltnutzen $NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$

- Zwei verschiedene ökonomische Ansätze:
- Messung durch *indirekte Präferenzäusserungen*
  - Versuch Umweltnutzen aufgrund von Marktpreisen anderer Güter zu schätzen
- Messung durch *direkte Präferenzäusserungen*:
  - Umweltnutzen wird aufgrund von Befragungen zu hypothetischer Zahlungsbereitschaft geschätzt

# Indirekte Präferenzäusserungen I $NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$

## ▪ *Vermeidungskosten-Ansatz:*

- Als Reaktion auf negative Umwelteinflüsse können Personen Ausgaben zu deren Vermeidung tätigen: Kauf von Trinkwasserfiltern, Medikamenten etc.
- So kann man Rückschlüsse auf den Nutzen der Eliminierung eines negativen Umwelteinflusses machen.

## Beispiele Vermeidungskosten

<i>Verschmutzung</i>	<i>Effekt</i>	<i>Vermeidungsmassnahmen</i>
<i>Luftverschmutzung</i>	Materialverschmutzung	Reinigung/Übermalen von Materialoberflächen; Schutzüberzüge; Umzug in andere Gegend.
	Gesundheitsprobleme	Installation von Luftfiltern/Klimaanlagen; häufigere Arztbesuche; Kauf von Asthmamedikamenten etc.; Umzug in andere Gegend
<i>Gewässer- verschmutzung</i>	Materialverschmutzung	Installation von Wasserfiltern; Kauf von Reinigungsprodukten; Umzug in andere Gegend.
	Gesundheitsprobleme	Installation von Wasserfiltern; Kauf von Mineralwasser; Umzug in andere Gegend.
<i>Lärmimmissionen</i>	Gesundheitsprobleme	Installation von Lärmisolation; Kauf von Schlafmitteln; Umzug in andere Gegend.

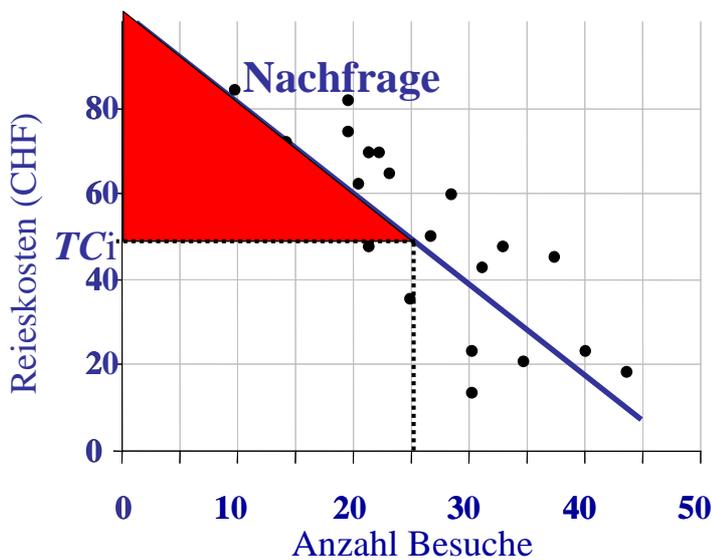
# Beurteilung Vermeidungskostenansatz

- Einfacher Ansatz um den Nutzen einer Umweltmassnahme (beispielsweise der Reduktion von Luftverschmutzung) abzuschätzen.
- Ein grosses Problem ist, dass die zur Reduktion von negativen Umwelteinflüssen verwendeten Güter auch zusätzlichen Nutzen generieren.
  - Eine Klimaanlage senkt nicht nur den Einfluss von Luftverschmutzung, sondern sie produziert auch ein „angenehmes“ Klima.
  - Ein Wasserfilter kann zusätzlich auch noch z.B. besseren Tee produzieren...
- Diese verschiedenen Effekte sind schwierig zu trennen!

## Indirekte Präferenzäusserungen II $NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$

- *Reisekosten-Ansatz:*
  - Um eine Nachfragekurve für ein privates Gut zu ermitteln kann man messen, welche Menge bei verschiedenen Preisen nachgefragt werden
  - Um den Nutzen z.B. eines sauberen Strandes zu messen, kann man statt expliziten Preisen dafür die Höhe der Reisekosten (direkte Kosten und Opportunitätskosten) verwenden, welche Touristen auf sich nehmen um dort hin zu gelangen!

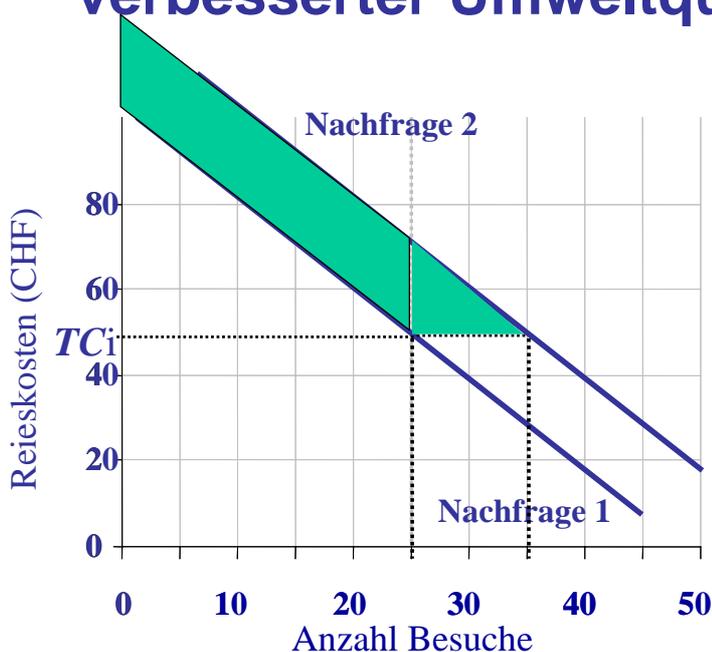
# Schätzung der Nachfragekurve mit der Reisekostenmethode



Aufgrund von verschiedenen Beobachteten Kombinationen von Reisekosten/Anzahl Besuchen, kann man die Nachfragefunktion für z.B. Besuche vom Uetliberg schätzen.

Ein Konsument mit Reisekosten von  $TC_i$  würde demnach 25-mal dorthin Reisen...  
 ...und dabei eine Konsumentenrente im Umfang der roten Fläche erzielen.

# Höhere Konsumentenrente aufgrund von verbesserter Umweltqualität



Eine Verbesserung der Umweltqualität verschiebt die Nachfragekurve nach rechts...  
 ...erhöht die Menge der Nachgefragten Besuche eines Individuums mit Reisekosten  $TC_i$  von 25 auf 35...  
 ...und erhöht dessen Konsumentenrente um die grüne Fläche.

# Diskussion Reisekostenmethode

- Obwohl die Reisekostenmethode aufgrund ihrer relativ einfachen Umsetzbarkeit oft verwendet wird, verbleiben gewisse methodische Probleme:
  - Sowohl Reisekosten, als auch Opportunitätskosten sind schwierig (korrekt) zu messen.
  - Wie berücksichtigt man Substitute (z.B. Freizeitparks in der Nähe des Strands)?
  - Wie bei jeder Umfrage können Sample Selection Probleme auftauchen (z.B. können häufige Besucher von einem Naturpark übervertreten sein).
  - Es wird kann nur der Nutzwert und nicht auch der Existenzwert von Umweltgütern erfasst werden.
  - Funktioniert nur für Umweltgüter mit Erholungswert, Wert für kommerzielle Nutzung kann so nicht erfasst werden.

## Tatsächliche Präferenz- äusserungen III

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- *Hedonische Preise:*
  - Diese Methode misst den Wert, welche Personen verschiedenen Eigenschaften eines Gutes beimessen.
  - Preis eines Hause = Preis von dessen verschiedenen Merkmalen (Grösse, Standort, Umweltqualität etc.)
  - Mit Hilfe von Regressionsanalyse: Korrelation zwischen Umweltqualität und Häuserpreisen

# Beispiel hedonische Preise: Fluglärm

- Salvi (2003, Zürcher Kantonalbank): Studie zum Einfluss von Fluglärm auf Preise von Einfamilienhäusern in der Umgebung des Flughafens Zürichs.
- Findet einen signifikanten Einfluss von Fluglärm auf Häuserpreise:
  - -4% bei mässigem Lärmniveau von ca. 55dB
  - -27% bei Lärmimmissionen um ca. 68dB

# Bewertung hedonische Preise

- Dieses Modell ist extrem intuitiv, da es eine monetäre Bewertung von Umweltfaktoren direkt über Marktpreise erlaubt.
- Aber: Empirische Modelle dazu sind extrem komplex. Hinzu kommen Probleme derart extensive Daten zu Produktcharakteristika zu erhalten. Fehlen/Auslassen von wichtigen Attributen kann zu grossen Verzerrungen führen.

# Direkte Präferenzäusserungen

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

## ▪ *Kontingente Bewertung:*

1. Personen werden nach ihrer Zahlungsbereitschaft für ein bestimmtes Umweltgut befragt.
2. Ein glaubwürdiger Zahlungsmechanismus wird festgelegt.
3. Informationen über die befragte Person werden gesammelt

Probleme: Proteststimmen, Beeinflussung durch aktuelle Ereignisse, Angabe von über-/untertriebener Zahlungsbereitschaft.

# Messung von Kosten I

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

## ▪ Kosten einer einzelnen Einrichtung:

- Bei gewissen Projekten (z.B. Bau einer Kläranlage) genügt es, wenn man die Kosten einer solchen einzelnen Einrichtung berücksichtigt.
- Bei anderen Projekten (z.B. Einführung von Emissionsgrenzwerten), muss man Kosten einzelner Einrichtungen aggregieren

## ▪ Arten von Kosten:

- Fixkosten zum Bau einer Einrichtung: Kosten für Bau von Infrastruktur, Änderung von Prozessen etc.
- Variable Kosten des Unterhalts: Unterhalts- und Wartungskosten zum Betreiben einer Einrichtung.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- Kosten durch verlorene Arbeitsplätze, nicht genutzte Ressourcen etc.:
  - Beispielsweise verlorene Arbeitsplätze aufgrund von neuen Umweltregulierungen.
  - Werden nur berücksichtigt, falls die betroffenen Arbeitnehmer nicht in einem anderen Sektor untergebracht werden können.

## Einbezug von Unsicherheit in Kosten-Nutzen-Analyse

- Erster Schritt im Umgang mit Unsicherheit ist **Risikobewertung**:
- Risiko umfasst zwei Komponenten:
  - **Stochastisch**: Vom Zufall abhängig
  - **Systematisch**: Hängt von den Umständen ab (z.B. Krebsrisiko durch Rauchen)
- Zur Risikoabschätzung braucht man Informationen über:
  - Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis eintritt
  - Wie schwerwiegend ein solches Ereignis ist

# Umgang mit Unsicherheit: Eintretenswahrscheinlichkeit

- Schätzen der Eintretenswahrscheinlichkeit aufgrund von:
  - **Historischen Daten.** Aber: Beispielsweise technischer Fortschritt kann Einfluss haben (z.B. Verbesserung von Sicherheitsausrüstung bei Autos etc.)
  - **Analogien.** Beispiel: Verwendung von Tierversuchen um Auswirkungen von Toxinen auf den Mensch zu testen. Aber: Tierische Organismen reagieren anders, bei Tierversuchen werden oft unrealistisch hohe Dosen verwendet etc.

# Umgang mit Unsicherheit: Bewertung der Kosten bei Eintreten eines Ereignisses

- Ähnliche Probleme, wie bei „normaler“ Kosten-Nutzen-Analyse.
- Zusätzlich: Bei Unsicherheit in Bezug auf Gesundheitsschäden:
  - Wie viel „kostet“ ein Menschenleben, ein zusätzliches Lebensjahr?

# Einbezug der zeitlichen Dimension in Kosten-Nutzen-Analyse

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- Problem: Effekte eines Umweltprojekt beziehen sich in der Regel über längere Zeiträume. Wie gewichtet man aber Kosten/Nutzen, welche in der Zukunft liegen?
- Idee Diskontierung: 100 CHF heute sind mehr wert als 100 CHF, welche man erst in einem Jahr erhält.
- Wieso: Die 100 CHF, von heute kann man gewinnbringend anlegen, z.B. zu 5% Zins.
- Dementsprechend beträgt der Gegenwartswert von 100 CHF in einem Jahr bei 5% Zins p.a.:

$$NPV = \frac{100 \text{ CHF}}{1 + 0.05} = 95.24 \text{ CHF}$$

# Diskontierung

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- Bei langen Zeiträumen: Wahl der „richtigen“ Diskontrate entscheidend!
- Gegenwartswert von 100 Fr. bei verschiedenen Diskontraten / Zeithorizonten:

	Zeithorizont in Jahren			
Diskontrate %	25	50	100	200
2	60.95	37.15	13.8	1.91
4	37.51	14.07	1.98	0.04
6	23.3	5.43	0.29	0.0009
8	14.6	2.13	0.05	0.00002

# Festlegung der „richtigen“ Diskontrate

- Diskontfaktor  $r$  bei privaten Firmen = relevanter Marktzins.
- Bei perfekten Kapitalmärkten:  $r$  = Opportunitätskosten
- Es gibt aber Marktunvollkommenheiten.
- Es gibt in der Realität verschiedene Zinssätze:
  - Zins, welchen der Staat für Staatsanleihen bezahlt
  - Zinsen, welche private Individuen bezahlen etc.
- Da der kommerzielle Nutzen einer Ölbohrung sich, im Verhältnis zu den möglichen langfristigen Umweltschäden, über einen relativ kurzen Zeitraum erstreckt, haben Umweltschützer hier beispielsweise ein Interesse an einer tiefen Diskontrate.
- *Wahl der Diskontrate bleibt willkürlich!!*

## Beispiel Kosten-Nutzen-Analyse

- Schätzung der US-Umweltbehörde zu den Kosten/Nutzen einer Reduktion des Bleigehaltes im Benzin von 1.1 gplg (grams per leaded gallon) auf 0.1 gplg.
- Einnahme von Blei verbunden mit Gesundheitsschäden, wie mentale Beschwerden und Herz-Kreislaufproblemen.
- Potentieller Nutzen einer Bleireduktion: Reduktion von Gesundheitsausgaben (v.a. bei Kindern); Bildungsausgaben; Möglicher Zusammenhang mit Bluthochdruck; tiefere Fahrzeugwartungskosten; Benzineinsparungen.
- Kosten: Vor allem durch Umstellung der Produktionstechnologie.

# Beispiel Kosten-Nutzen-Analyse: Reduktion des Bleigehaltes im Benzin

TABLE VIII-3c. Costs and Monetized Benefits of Alternative Lead Levels in 1986, Assuming Partial Misfueling (millions of 1983 dollars)

	Lead Level (gplg)				
	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10
<b>MONETIZED BENEFITS</b>					
Children's health effects	403	465	518	563	600
Adult blood pressure	3,328	4,033	4,698	5,319	5,897
Conventional pollutants	0	56	111	167	222
Maintenance	186	385	572	742	914
Fuel economy	44	101	109	128	187
<b>TOTAL MONETIZED BENEFITS</b>	<b>3,961</b>	<b>5,039</b>	<b>6,008</b>	<b>6,918</b>	<b>7,821</b>
<b>TOTAL REFINING COSTS</b>	<b>178</b>	<b>269</b>	<b>364</b>	<b>467</b>	<b>608</b>
<b>NET BENEFITS</b>	<b>3,783</b>	<b>4,770</b>	<b>5,643</b>	<b>6,451</b>	<b>7,213</b>
<b>NET BENEFITS EXCLUDING BLOOD PRESSURE</b>	<b>455</b>	<b>738</b>	<b>946</b>	<b>1,131</b>	<b>1,316</b>

United States Environmental Protection Agency (1985): „Cost and Benefits in Reducing Lead in Gasoline“

## Beispiel Kosten-Nutzen-Analyse: Resultat

- Kosten-Nutzenanalyse betrachtete einen Zeitraum von 7 Jahren (1985-1992)
- Nutzen einer (möglichen) Reduktion von Blutdruckproblemen wurde schlussendlich ausgeklammert.
- Annahme einer realen sozialen Diskontrate von 10%.
- Geschätzter Nutzen pro Jahr: Über 1 Milliarde US-Dollar
- Geschätzter Gegenwartswert des Nettonutzens über die sieben Jahre: 5.9 Milliarden US-Dollar

# Einwände gegen Umwelt-Kosten-Nutzen-Analyse

- Abgesehen von den methodischen Schwächen der zugrunde liegenden Methoden (Reisekostenansatz etc.) gibt es auch diverse grundsätzliche Einwände gegen die Verwendung der Kosten-Nutzen-Analyse im Umweltbereich:
- Sind Konsumentenpräferenzen der richtige Massstab für gesellschaftliche Entscheidungen?
- Sollten bei der Kosten-Nutzen-Analyse nicht auch Tiere und Pflanzen einen eigenen ethischen Standpunkt haben?