



Sozio-ökonomische Bewertung von erneuerbaren Energien

Episode 1: Methoden für Kosten-Nutzen-Analyse und externe Kosten

Prof. Dr. Stefan Gößling-Reisemann
Universität Bremen

 Universität Bremen*
*EXZELLENT.

ZMML
Zentrum für Multimedia
in der Lehre

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de





Übersicht der Lerneinheit

Episode 1: Methoden für Kosten-Nutzen-Analyse und externe Kosten

Episode 2: Kosten und externe Kosten im Vergleich

Episode 3: Interview mit dem Referenten



Lernziele dieser Episode

Lernziel 1:

Sie verstehen die Bestandteile und die Berechnung von Stromgestehungskosten.

Lernziel 2:

Sie verstehen, dass es noch eine ganze Reihe weiterer Kosten gibt, die bei der Bewertung von Energieerzeugung beachtet werden müssen.

Lernziel 3:

Sie verstehen die methodischen Grundzüge der Kosten-Nutzen-Analyse und der Bestimmung von externen Kosten und sie kennen die Stärken und Schwächen dieser Methoden.



Ausgangsdebatte: Hohe Energiepreise

Öko-Energie treibt Strompreis in die Höhe

Öko-Energie in der Kritik
Stromkosten explodieren

Öko-Abgabe macht
Strom drastisch teurer

BILD-INTERVIEW MIT EU-KOMMISSAR GÜNTHER OETTINGER (CDU)
„Deutschlands Strompreise sind viel zu hoch“

➤ Ausgangsfrage:

„Was kostet eine Kilowattstunde Energie?“



Ausgangsdebatte: Hohe Energiepreise

Tatsache 1:

Die Energiepreise sind in den letzten Jahren gestiegen.

Tatsache 2:

Das liegt nur zu einem geringen Anteil an der Energiewende.

- Doch was sagen die Energiepreise eigentlich aus?
- **Sagen die Preise etwas über die Kosten von Energie aus?**



Kosten von Energie

- Die Kosten von Energieerzeugung sind durch eine Reihe von **Faktoren** begründet:

- Explorationskosten
- Förderkosten
- Investitionskosten in Anlagen
- Finanzierungskosten
- Betriebs- und Wartungskosten
- Brennstoffkosten
- Transportkosten
- Anschlusskosten
- Versicherungskosten
- ...

- Diese Kosten werden in der Regel **in den Preis integriert** und daher vom Kunden getragen.
- Der tatsächliche Preis kann darüber liegen, üblicherweise aber nicht darunter.



Kosten von Energie

- Beliebte Größe zum Vergleich der Kosten von Stromerzeugung:
- **Stromgestehungskosten / Levelized Cost of Electricity (LCOE)**
- Darin enthalten
 - Kapital/Investmentkosten (inkl. Zinsen)
 - Fixe und variable Betriebskosten
 - Brennstoffkosten
 - Wartung/Reparatur
 - Abrisskosten und ggf. Erlöse
 - Teilweise: CO₂-Kosten, Subventionen, Versicherungskosten



Stromgestehungskosten

- Prinzip: **Lebenszykluskosten** werden auf erzeugte Energiemenge bezogen
- Zukünftige Geldflüsse und zukünftige Strommengen werden **abgezinst** (net present value approach)
 - D.h. zukünftige Kosten werden geringer gewichtet als heutige
- Oft, aber nicht immer, werden auch die **Strommengen abgezinst**
 - D.h. zukünftige Stromerzeugung wird geringer gewichtet als heutige



Stromgestehungskosten

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,el}}{(1+i)^t}}$$

$LCOE$ = Stromgestehungskosten (Euro/kWh)

I_0 = Anfangsinvestition

A_t = Jährliche Kosten (Betrieb, Brennstoffe, Wartung, ...)

$M_{t,el}$ = im Jahr t produzierte Strommenge

i = Zinssatz

t = Jahr ab Inbetriebnahme der Anlage

n = Lebensdauer der Anlage in Jahren



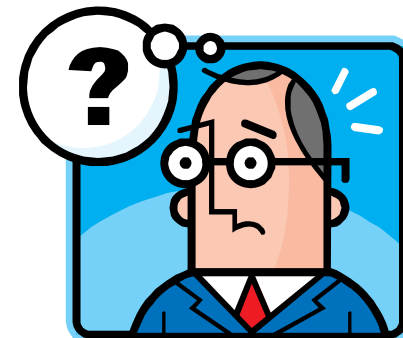
Stromgestehungskosten: Was ist zu beachten?

- Berechnung hängt von vielen **Faktoren** ab:
 - **Zinssatz**: Welcher ist der richtige für die Betrachtung?
 - **Volllaststunden** der Anlagen, z.B.: Wie gut ist der Standort?
 - **Brennstoffkosten**: Welche Entwicklung nehmen diese?
 - **CO₂-Kosten**: Wie sollen diese berücksichtigt werden?
- Einige Kosten werden **nicht** berücksichtigt:
 - „**Schattenkraftwerke**“: für nicht-regelbare Anlagen müssen ggf. regelbare Kraftwerke vorgehalten werden
 - **Anschlusskosten**: nur direkter Anschluss wird berücksichtigt, nicht ggf. nötiger Netzausbau
 - **Forschungskosten, Förderung und Subventionen**



Frage

- Wessen Kosten haben wir eigentlich bisher betrachtet?
- An wen werden diese Kosten weiter gegeben?





Andere Kosten – Andere Nutzen

- Bisherige Betrachtung fokussierte auf **direkte Kosten zwischen Marktteilnehmern**
 - Kosten für Güter, Waren und Dienstleistungen die auf einem Markt gehandelt werden
- Ebenso wurde der **Nutzen anhand von handelbaren Gütern** (hier Energie) betrachtet
- Gibt es noch **andere Kosten**?



Externe Kosten und Nutzen

- **Externe Kosten/Nutzen**
 - Kosten/Nutzen von nicht am Handel partizipierenden, also nicht kompensierten Akteuren
 - Tauchen also nicht im Preis auf
- Sonderfall: **Soziale Kosten/Nutzen**
 - Müssen von der Gesellschaft getragen werden, bzw. kommen der Gesellschaft zugute



Externe Kosten und Nutzen

- **Beispiele** für externe Kosten:
 - Gebäudeschäden durch SO₂-Emissionen (Saurer Regen)
 - Atemwegserkrankungen durch Feinstaub
 - Todesfälle durch Unfälle
 - Negativ wahrgenommene Landschaftsveränderungen
 - Verringerung von Biodiversität
- **Beispiele** für externe Nutzen
 - Regionale Wertschöpfung und Steuereinnahmen
 - Wasserverfügbarkeit bei Staudämmen
 - Unabhängigkeit von Importen



Externe Kosten und Nutzen

- Kosten und Nutzen können verschiedenster Art sein
 - Güter/Dienstleistungen **mit einem Markt**
 - Z.B. Gebäude, CO₂-Emissionen (teilweise)
 - Güter/Dienstleistungen **ohne Markt**
 - Z.B. Landschaft, Klimasystem
 - **Direkt nutzbare** Güter
 - Z.B. verfügbares Wasser, Fläche
 - **Indirekt nutzbare** Güter
 - Z.B. Bestäubungstätigkeit der Bienen, Wasserregulierung
 - **Nicht nutzbare** Güter
 - Z.B. Biodiversität, seltene Arten
- Wichtige Kategorie: **Ökosystemleistungen**



Ökosystemleistungen

- **Ökosystemleistungen**
 - Sind die Grundlage unseres Lebens und Wirtschaftens
 - Werden durch gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen beeinträchtigt
 - Tauchen in Kostenbetrachtungen aber meist nicht auf
- Kann man Ökosystemleistungen in die **Betrachtung von Kosten** mit aufnehmen?



Ökosystemleistungen

BASISLEISTUNGEN

- ▶ Nährstoffkreislauf
- ▶ Bodenbildung
- ▶ Primärproduktion
- ▶ ...

VERSORGUNGSLEISTUNGEN

- ▶ Nahrung
- ▶ Trinkwasser
- ▶ Holz und Fasern
- ▶ Brennstoffe
- ▶ ...

REGULIERUNGSLEISTUNGEN

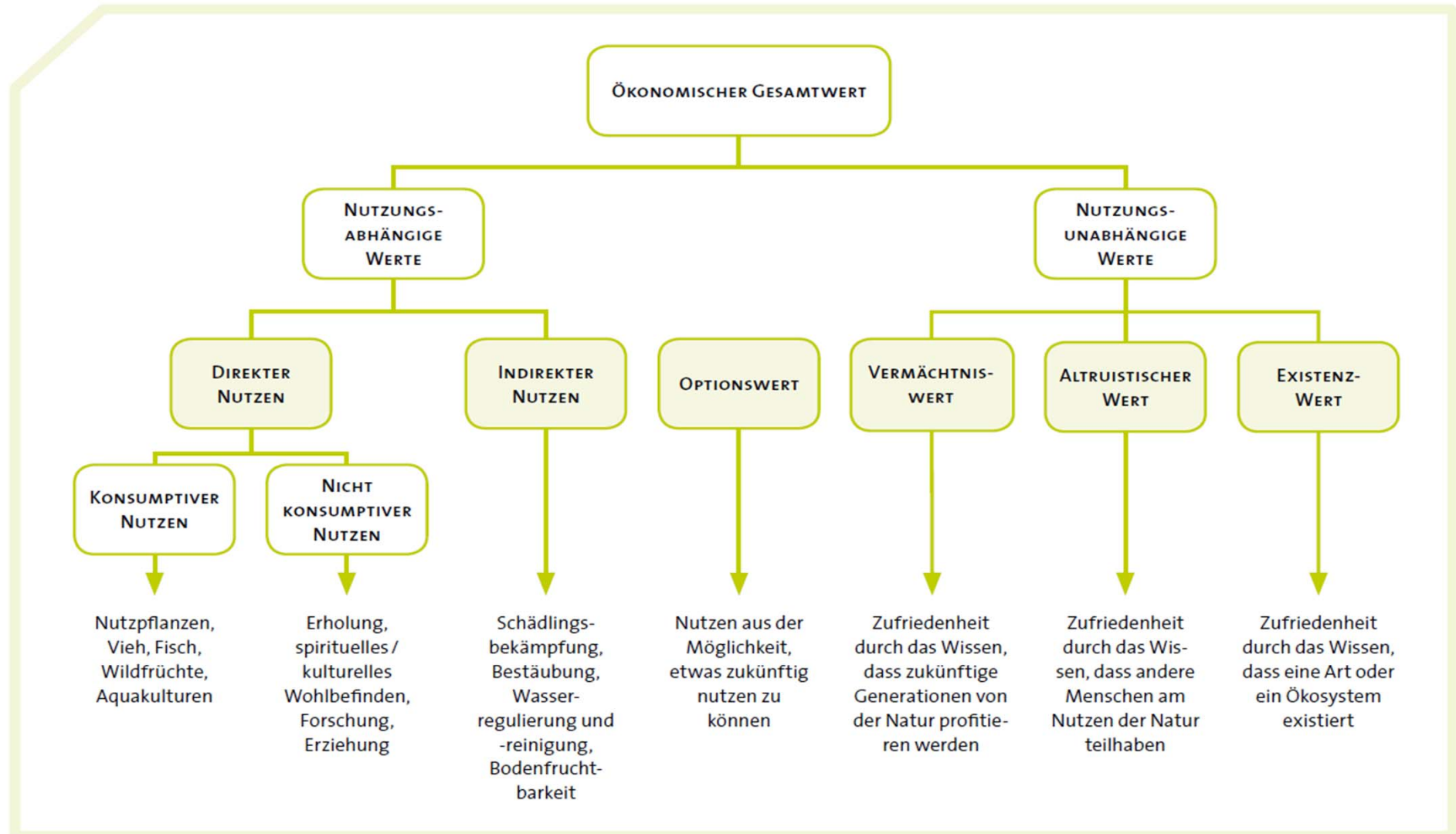
- ▶ Klimaregulierung
- ▶ Hochwasserregulierung
- ▶ Krankheitenregulierung
- ▶ Wasserreinigung
- ▶ ...

KULTURELLE LEISTUNGEN

- ▶ Ästhetik
- ▶ Spiritualität
- ▶ Bildung
- ▶ Erholung
- ▶ ...



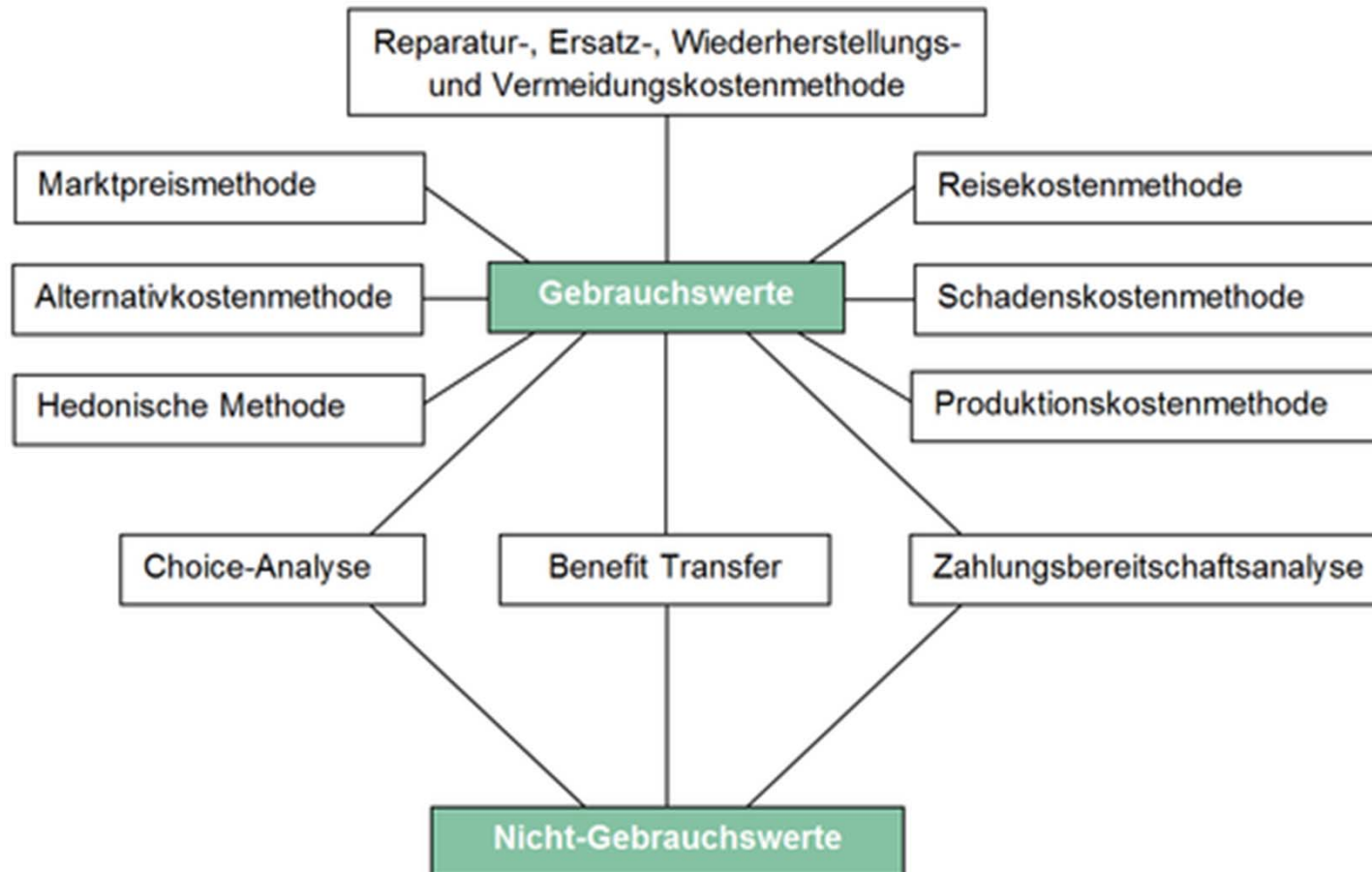
Ökonomischer Wert der Natur





Methoden zur Bestimmung von Umweltkosten

- In der Regel werden die betroffenen Werte von Natur und Landschaft durch **monetäre Methoden** erfasst





Methoden zur Bestimmung von Umweltkosten

- Beispiel **Zahlungsbereitschaftsanalyse**
 - Befragung der Betroffenen nach ihrer Bereitschaft für den Erhalt einer Ökosystemleistung / Umweltgutes zu zahlen (**willingness-to-pay**)
 - Umgekehrt: Frage danach, für welche Geldsumme die Betroffenen bereit wären, einen Schaden an Ökosystemen hinzunehmen (**willingness-to-accept**)
 - Besonders geeignet für nutzungsunabhängige Ökosystemleistungen
- Verwandt: **Choice-Analyse**
 - Vorlegen von mehreren „Optionenpaketen“, bei denen jeweils ein finanzieller Verlust / Gewinn mit der Änderung der Ökosystemleistung verbunden ist
 - Weniger anfällig für (unbeabsichtigte) Manipulation



Methoden zur Bestimmung von Umweltkosten

- Monetäre Bewertungsmethoden können irreführend erscheinen, denn sie geben nur **fiktive**, nicht reale Werte wieder.
- Tatsächlich werden Entscheidungen aber auf der Basis von **harten und weichen Faktoren** getroffen
 - Freiheit, Unabhängigkeit, Risikovorsorge, ...
- Einige nicht-monetäre Bewertungsmethoden versuchen dies einzufangen:
 - **Diskursbasierte Bewertung** der Kosten und Nutzen: Nachstellung eines gesellschaftlichen Entscheidungsprozesses
 - **Multikriterielle Entscheidungsanalyse** mit Berücksichtigung von nicht-monetär bewerteten Größen
 - Anspruchsvoll bleibt dabei die **faire und ergebnisoffene** Gestaltung des Prozesses



Kosten-Nutzen-Analyse

- Wenn Kosten und Nutzen zusammen bewertet werden, inkl. der Bewertung der externen Kosten, gelangt man zur **Kosten-Nutzen-Analyse** (cost-benefit analysis)
- Grundlegende **Annahmen**:
 - Ein Projekt ist zu verfolgen, wenn der Nutzen (benefits) die Kosten (costs) übersteigen
 - Kosten und Nutzen lassen sich vergleichen (und damit irgendwie messen)
 - Maß für Kosten und Nutzen sind reale oder fiktive Geldwerte



Kosten-Nutzen-Analyse

- Grundlegende Ergebnisse der Analyse
 - **Kapitalwert/Barwert** (netpresentvalue):

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

mit B =Nutzen/Benefits, C =Kosten/Costs, i =Diskontrate,
 t =Jahr ab Beginn des Projekts, N =Laufzeit

- Wenn dieser positiv ist, dann erzeugt das Projekt mehr Nutzen als es Kosten verursacht



Kosten-Nutzen-Analyse

- Grundlegende Ergebnisse der Analyse
 - **Interner Zinsfuß** (internal rate of return):

$$0 = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t}$$

mit B =Nutzen/Benefits, C =Kosten/Costs, i =Diskontrate,
 t =Jahr ab Beginn des Projekts, N =Laufzeit

- Gibt an, wie hoch die äquivalente Verzinsung einer „Investition“ wäre
- Sollte oberhalb einer festgelegten Grenze liegen (z.B. Inflationsrate)
- Kann nicht immer eindeutig berechnet werden



Kosten-Nutzen-Analyse

- Grundlegende Ergebnisse der Analyse
 - **Nutzen-Kosten-Verhältnis** (benefit-cost ratio):

$$B/C = \sum_{t=0}^N \frac{B_t}{(1+i)^t} \bigg/ \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

mit B =Nutzen/Benefits, C =Kosten/Costs, i =Diskontrate,
 t =Jahr ab Beginn des Projekts, N =Laufzeit

- Misst die Effizienz der verallgemeinerten „Investition“



Einige Schwachpunkte

- KNA unvollständig, aber **keine bessere Alternative**
 - Probleme bei Datenbeschaffung und Bewertung von Ökosystemen, Menschenleben
 - Probleme wenn nur bestimmte Bevölkerungsgruppen betroffen sind, aber Durchschnittswerte für die ganze Bevölkerung zur Bemessung genommen werden
 - Moralisch/ethisch unhaltbare Ergebnisse möglich (ethische Aspekte müssen anders berücksichtigt werden)
 - Gefahr des Missbrauchs: nachgereichte Begründung für eine opportune Entscheidung
 - Problem der Abzinsung: ethisch vertretbar? Und wenn ja: welcher Zinssatz?
 - Identifikation von Umweltschäden klar, Bewertung nicht!
 - Langfristig auftretende Schäden mit hoher Unsicherheit
- Also: lesen Sie KNA **kritisch!**



Zurück zum Ausgang

- Was kostet eine Kilowattstunde Energie?

Öko-Energie treibt Strompreis in die Höhe

Öko-Energie in der Kritik
Stromkosten explodieren

Öko-Abgabe macht
Strom drastisch teurer

BILD-INTERVIEW MIT EU-KOMMISSAR GÜNTHER OETTINGER (CDU)
„Deutschlands Strompreise sind viel zu hoch“

- Die Preise sagen jedenfalls nicht alles und vieles ist immer noch „umsonst“!
- Ergebnisse und Beispiele folgen in der nächsten Episode!



Aufgaben für das Selbststudium

1. Benutzen sie das Berechnungsmodul der Agora Energiewende für Stromgestehungskosten: <http://www.agora-energiewende.de/service/publikationen/publikation/pub-action/show/pub-title/erzeugungskostenrechner-v-10/> und berechnen sie die Werte für eine typische Photovoltaik-Anlage auf dem Dach eines Hauses in Bremen. Passen sie dafür Kapitalkosten, Wartungskosten, Volllaststunden (pro Jahr) und Kreditzinsen an!
2. Recherchieren Sie die Kosten (extern und intern) für Strom aus Kohle und aus Windenergie. Welche Treiber sind jeweils maßgeblich für diese Kosten verantwortlich? Welche Kosten sind nur sehr unsicher zu bestimmen?
3. Externe Kosten können durch verschiedene Maßnahmen „internalisiert“ werden, also zum Bestandteil des Marktpreises werden. Wie könnte man das für Schäden durch Emissionen bewerkstelligen? Suchen sie nach Beispielen.



Literatur und weiterführende Quellen

- Fraunhofer ISE (2013): Levelized Cost of Electricity- Renewable Energy Technologies.
<http://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/study-levelized-cost-of-electricity-renewable-energies.pdf>
- Bundesamt für Naturschutz (2014). Ökosystemleistungen und ökonomischer Wert von Natur und Landschaft.
http://www.bfn.de/0318_wert-oekon-natur.html
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz
- EU (2008): Guide to COST-BENEFIT ANALYSIS of investment projects.
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf
- Hanley, N., & Spash, C. L. (2003). Cost-benefit analysis and the environment (Reprinted). Cheltenham: Elgar.
- Sen, Amartya Kumar (2000). The discipline of cost-benefit analysis. Journal of Legal Studies 29(S2): 931-952.