

# Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Energie im Unterricht, Module für Bauberufe: Modul 10

- 1 **Einführung: Worum geht es ?**
- 2 **Lernziele**
- 3 **Vorschläge für den Unterricht**
- 4 **Fachinformation**
  - **Kostenstruktur von Energiesystemen**
  - **Methoden, Werkzeuge**
  - **Ein Beispiel**
  - **Internalisierung externer Kosten - Verursacherprinzip - Umweltkosten**
  - **Instrumente zur Ökologisierung der Wirtschaft**
  - **Liberalisierung der Energiemärkte**
- 5 **Aufgaben, Lösungsvorschläge**
- 6 **Weiterführende Literatur**
- 7 **Bild- und Textnachweis**
- 8 **Vorlagen**



# 1 Einführung: Worum geht es ?

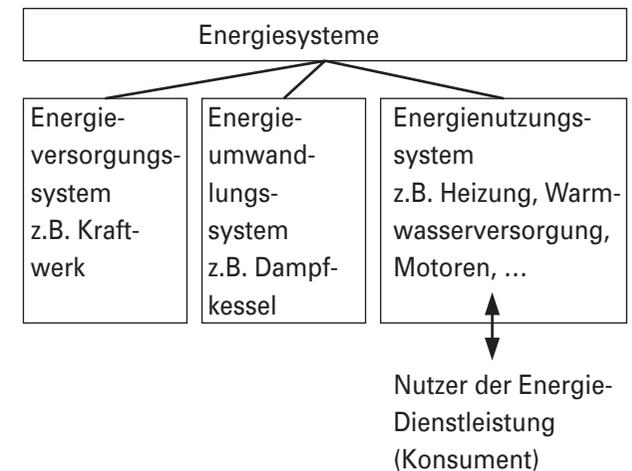
Massnahmen zur sparsamen und rationellen Energienutzung werden letztlich durchgeführt, wenn sie Kosteneinsparungen bringen. Bei der Realisierung solcher Verbesserungen wird stets die Frage nach der Wirtschaftlichkeit gestellt. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen haben zum Ziel, Kosten und Nutzen unterschiedlicher Massnahmen oder Investitionen für einen bestimmten Zweck zu vergleichen, um einen optimalen Einsatz der Mittel zu erreichen. Wenn ein bestimmtes Ziel mit möglichst geringem Aufwand oder mit gegebenem Aufwand ein möglichst hoher Ertrag erzielt wird, ist Wirtschaftlichkeit gegeben. Zu bedenken ist, dass Wirtschaftlichkeit immer nur **ein** Kriterium darstellt. Viele andere Gründe können für die Nutzung eines Energieoptimierungspotenzials sprechen.

Bei der Wahl eines Energiesystems wird in aller Regel auf ein möglichst günstiges Kosten-Nutzenverhältnis geachtet. Der Kauf eines billigen, so genannt «wirtschaftlichen» Systems, welches nachgelagert eine hohe Energieverschwendung und entsprechende Luftverschmutzung aufweist, ist aus volkswirtschaftlicher Sicht eine schlechte Investition in die Zukunft. Die echte Wirtschaftlichkeit eines modernen Energiesystems beruht demgegenüber auf dem Prinzip der Kostenwahrheit, das heisst auf dem Einbezug der Betriebs-, aber auch der externen Kosten, sowie unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus einer Anlage. Dies geschieht durch die Verwendung von kalkulatorischen Energiepreiszuschlägen in der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Die technischen Voraussetzungen für den breit gefächerten Einsatz von Versorgungssystemen mit erneuerbarer Energie sind heute gegeben. Der Markt bevorzugt jedoch die finanziell vorteilhaften Lösungen, welche oft ökologisch und volkswirtschaftlich nicht optimal sind. Der Grund: Die wahren Kosten der Energienutzung erscheinen nicht im Marktpreis. Die Folgekosten durch Belastungen von Luft, Boden und Wasser, Schäden an Gesundheit, Natur und Umwelt werden vom Verbraucher nicht getragen, was ein verzerrtes Bild ergibt.

Ziel der vertieften Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es, zur Umsetzung der ökonomisch **und** ökologisch sinnvollsten Systemlösung beizutragen.

Unter dem Oberbegriff «Energiesystem» sind drei verschiedene Systemstufen zu verstehen, welche der Dienstbarmachung der natürlichen Energiequellen und Energievorräte dienen:



## 2 Lernziele

### Die Lernenden können ...

- die Methode der Annuitätsrechnung erklären und einfache Berechnungsbeispiele lösen
  
- den Begriff der externen Kosten erläutern

### Stichworte zu möglichen Antworten

- Kosteneinsparungen bei einer Investition oder Energiesparmassnahme über die Nutzungsdauer transparent machen, unter Berücksichtigung künftiger Preissteigerungen und Veränderungen des Zeitwertes des Geldes
- Methode zur Wirtschaftlichkeitsanalyse
  
- Folgekosten für die Umwelt und die Allgemeinheit, die heute nicht im Preis inbegriffen sind
- Verursachergerechte Kostenbetrachtung unter Einbezug von Umweltfolgekosten, Endlagerungs- und Entsorgungskosten

### 3 Vorschläge für den Unterricht

#### **Frage zum Thema Energie, Wirtschaftlichkeit, Umwelt**

Warum gibt es in der Elektrizitätswirtschaft noch wenig Interesse an einem Umlenken auf solare Energie?

#### **Denksportaufgabe: Wirtschaftlichkeit**

In einem ersten Schritt soll im Unterricht geschätzt werden, wieviel eine Person an einem Achtstundentag durch stetige Verrichtung von körperlicher Arbeit verdienen könnte, wenn sie nach einem Kilowattstundenpreis für Energie entlohnt würde.

Im nächsten Schritt soll die Schätzung rechnerisch untermauert werden, mit einer angenommenen Dauerleistung von 100 Watt und einem Kilowattstundenpreis von 20 Rappen.

Abschliessend stellt sich die Frage nach dem Reichtum unserer Gesellschaft im Vergleich zu jenem der Bewohner anderer Länder.

#### **Internetrecherche zu Tarif-Modellen**

Aufträge:

- Welche Möglichkeiten zum Strombezug gibt es?
- Kaufen Sie den Strom bei Ihrem gewünschten Lieferanten.

#### **Thema/Internet-Link**

- Energie Linkverzeichnis:  
[www.energie.ch/dp/link.html](http://www.energie.ch/dp/link.html)
- Energieabgaben-Kalkulator:  
[www.gruene.ch/zh/enerabgcalc.htm](http://www.gruene.ch/zh/enerabgcalc.htm)
- Energieberatung:  
[www.forumenergie.ch/energieberatung/](http://www.forumenergie.ch/energieberatung/)

- Marktplatz Energie:  
[www.energie.ch/dp/markt.html](http://www.energie.ch/dp/markt.html)
- Stromtabellen  
[www.strom-tabelle.de/info/info3.html](http://www.strom-tabelle.de/info/info3.html)

#### **Origineller Infotisch**

Die Lernenden erhalten den Auftrag, einen Infotisch aufzubauen mit diversen Büchern und Dokumenten zum Thema der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Versorgungs- und Nutzungssysteme mit erneuerbarer Energie.

Geeignetes Broschüren- und Informationsmaterial:

- Sonnenwärme: Kosten und Kennzahlen
  - Sonne, Holz und Dämmung statt Heizöl
  - Der Vertrag mit der Sonne
  - Warmwasser mit Kompaktsolaranlagen
  - Heizen mit Stückholz bringt Komfort
- Dieses kann bezogen werden bei den INFOENERGIE-Beratungszentralen:
- Nordwestschweiz,  
c/o Nova Energie GmbH, Schachenallee 29,  
5000 Aarau
  - Zentralschweiz,  
c/o Georg Furler, Weissenbrunnenstr. 41, 8903  
Birmensdorf
  - Ostschweiz,  
c/o Nova Energie GmbH, 8356 Tänikon

Weitere empfohlene Broschüre:

- Das Klimabündnis für Ihr Haus.  
Bezug bei Thermo solar Energietechnik GmbH  
Siemensstrasse 11, D-93055 Regensburg 1

## 4 Fachinformation

### Was heisst Wirtschaftlichkeit?

Eines der häufigsten Argumente, die beispielsweise gegen den Einsatz einer Solaranlage vorgebracht werden, sind die hohen Kosten: Die Anlage sei nicht rentabel. Somit stellt sich die Frage nach jenen Personen, welche trotzdem auf die Solarenergie setzen. Liegen sie mit ihrem Entscheid falsch? Offenbar sind es Investoren, welche nicht nur beim Bauen zukunftsweisend denken, sondern auch das Verhalten im Alltag kritisch hinterfragt haben.

Die Kosten sollten nicht nur aus rein betriebswirtschaftlicher Sicht verglichen werden, sondern auf Grund einer gesamtwirtschaftlichen, auch die externen Kosten berücksichtigenden Betrachtungsweise. Sie schliesst Umweltschäden und soziale Folgekosten, welche bei der Energieerzeugung und beim Verbrauch anfallen, ein.

Nicht zur Diskussion steht, dass Investitionskosten für eine direkt von der Sonne gespiesene Anlage vergleichsweise hoch sind. Werden die Komponenten jedoch auf sinnvolle Art in das Gebäude integriert, nämlich als Energieerzeuger und Bauteil zugleich, so reduzieren sich die Mehrkosten deutlich. Neue Wege müssen nicht notwendigerweise teurer sein als bisherige.

Oft werden die Erwartungen weit übertroffen. Die Anlagen werden zum Aushängeschild für die Betreiber und führen zu einem neuen Bewusstsein im Umgang mit Energie. Dies ist ein nicht nur in Franken ausdrückbarer Nebennutzen im Sinne der Imageverbesserung.

### Ökonomie versus Ökologie

Allgemein betrachtet kann davon ausgegangen werden, dass Massnahmen zur sparsamen und rationalen Energienutzung vorwiegend dann zur Umsetzung gelangen, wenn sie Kosteneinsparungen bringen.

Die Auswahlkriterien für Energiesysteme haben sich jedoch gewandelt, sie sind vielfältiger und umfassender geworden. Die erforderlichen Investitionen werden heute über viele zusätzliche Kriterien beurteilt: ökologische Aspekte, Energieverbrauch, Platzbedarf, Bedienbarkeit, Serviceleistungen, Störunganfälligkeiten und Imagewirkung, um nur einige zu nennen.

Somit muss die Forderung aufgestellt werden, dass die Wirtschaftlichkeit unter Bestimmung aller Faktoren, nicht nur der monetären, zu ermitteln ist.

## 4.1 Kostenstruktur von Energiesystemen

### Anlage-Kostensituation

Bei der monetären Beurteilung von Energiesystemen sind die aktuellen Investitionskosten mit den künftigen jährlichen Energie- und Betriebskosten zu vergleichen. Ferner sind auch die Ausserbetriebsetzungs-kosten in die Untersuchung einzubeziehen. Es stellt sich die Frage nach der Gesamtwirtschaftlichkeit einer Investition bzw. einer Ausführungsvariante.

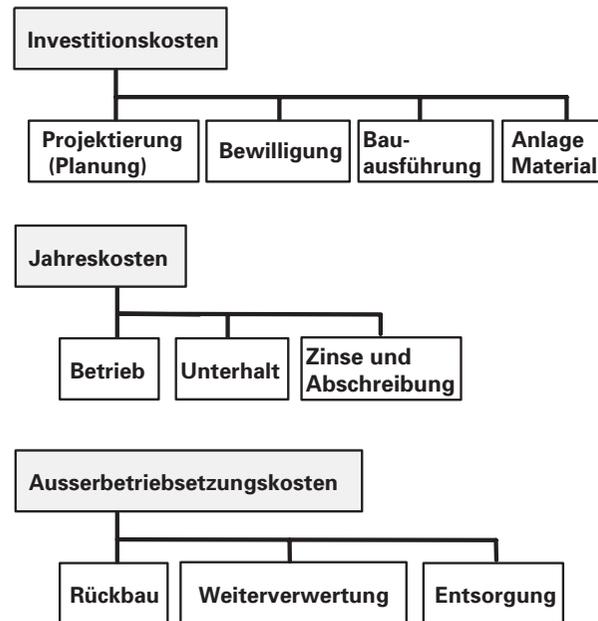


Abb. 1 Die dreiteilige Anlage-Kostenstruktur eines Energieversorgungssystems

### Ertrags-Kostensituation

Vor der Investition in ein Projekt müssen Energieausbeute und Ertrag ermittelt werden. Die Ertrags-situation wird bestimmt durch standortbezogene und technische Gegebenheiten. Die Kostensituation bei netzverbundenen dezentralen Versorgungsanlagen zum Beispiel kann über die Stromrückliefertarife der Elektrizitätswerke massiv mitbestimmt werden. Finanzhilfe in Form von Subventionen, Darlehen oder Garantien sowie eventuelle Steuereinsparungen sind ebenso zu berücksichtigen.

## 4.2 Methoden, Werkzeuge

### Annuitäten

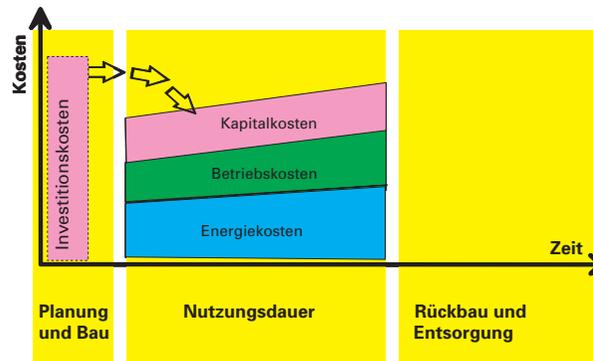


Abb. 2 Annuität

Im Rahmen der wirtschaftlichen Beurteilung von Energiesparmassnahmen oder beim Vergleich von alternativen Energiesystemen werden neben den aktuellen Investitionen auch die zukünftigen jährlichen Energie- und Betriebskosteneinsparungen einbezogen. Für die Gegenüberstellung von Investitionen und jährlichen Kosten werden die Investitionsaufwendungen in jährlich gleich bleibende Beträge (Annuitäten) umgerechnet. Diese jährlichen Kapitalkosten sollen die Aufwendungen für den Zins und die Amortisation der Investition abdecken. Die Summe von Energie-, Betriebs- und Kapitalkosten ergibt die gesamten jährlichen Kosten des Energiesystems. In der Folge werden die Energiekosten in die Betriebskosten integriert (S.8 und alle weiteren Anwendungsbeispiele).

Eigentlich müssten in den Vergleich auch die Ausserbetriebssatzkosten aufgenommen werden,

durch Umlegung in Annuitäten analog den Investitionskosten. Für diese Gegenüberstellung mittels Annuitäten sind verschiedene Eingangsdaten (Wirtschaftlichkeitsparameter) erforderlich.

### Wirtschaftlichkeitsparameter

bei Anlagen von Energienutzungssystemen:

- Investitionssumme
- Nutzungsdauer der Anlage
- jährliche Betriebskosten
- Kapitalzinssatz
- Energiepreise
- Teuerung
- Subventionen
- Steuererleichterungen

Legende:

#### Investitionssumme

Finanzielle Mittel für die Anschaffung von langlebigen Sachanlagen. Investitionskosten (einmalig) fallen an für die Erstellung (also Planung und Bau) einer Anlage oder einer energetischen Massnahme. Sie sind meistens zum Voraus auf Grund von Kostenschätzungen, Kostenberechnungen oder Offerten bekannt. Dabei werden folgende Investitionsarten unterschieden:

- Neuinvestition (erstmalige Anschaffung)
- Erweiterungsinvestition (Erhöhung der Kapazität)
- Ersatz- oder Erneuerungsinvestition
- Rationalisierungsinvestition (Effizienzerhöhung)

Beispiel:

Die Erstellung einer zentralen Holzheizung (Kachelofen mit Wärmetauscher: Fr. 37'000.–; Speicherinstallation mit Erstellung Vor-/Rücklauf: Fr. 20'000.–; Regelungstechnik: Fr. 5'000.–) bedingt eine Investitionssumme von Fr. 62'000.–

### **Nutzungsdauer** (kalkulatorisch)

Die Nutzungsdauer bezeichnet die Zeitspanne in Jahren, während der ein Energiesystem bzw. eine Sparmassnahme amortisiert werden sollte. Bei geeigneten Bedingungen und bei zweckmässigem Unterhalt kann die tatsächliche Lebensdauer höher ausfallen.

Beispiel:

Thermische Solaranlage,  
Nutzungsdauer in Jahren: 20

### **Betriebskosten**

Die jährlichen Betriebskosten sind die Summe aller Kosten für Betriebsmittel (wie Energie, Wasser) und umfassen Personal- und Materialkosten für Betrieb und Unterhalt sowie Versicherungs- und Verwaltungskosten. Sie sind nicht konstant und unterliegen der allgemeinen Teuerung.

Beispiel:

Die jährliche Betriebskostensteigerung liegt bei etwa 4 bis 6 %, wenn eine Inflationsrate von 4 % vorausgesetzt wird.

### **Kapitalzinssatz**

Der für die Berechnung relevante Zinssatz entspricht üblicherweise dem Hypothekarzinsatz, abzüglich der angenommenen Inflationsrate, d.h. 2 bis 3 %.

Beispiel:

In den letzten 10 Jahren betrug die durchschnittliche Inflationsrate 3,2 %. Der nominale Hypothekarzinsatz des 1. Ranges lag bei 5,2 %. Der mittlere reale Hypothekarzinsatz beträgt dementsprechend 2,0 %.

### **Energiepreise**

Die Energiepreise für Brennstoffe variieren zeitlich stark und sind auch regional sehr unterschiedlich. Die zukünftige Preisentwicklung der Energie unterliegt zudem der Teuerung und ist daher in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einzubeziehen.

Beispiel:

Die Energiepreise sind für jede Wirtschaftlichkeitsberechnung neu festzulegen!

### **Teuerung**

Allgemeine Preissteigerung, Inflationsrate. Für eine längerfristige Betrachtung soll die durchschnittlich zu erwartende Inflationsrate über die nächsten 10 bis 15 Jahre miteinbezogen werden.

Beispiel:

Die durchschnittliche Inflationsrate über die letzten 15 Jahre betrug 3,4%.

### **Subventionen**

Beihilfe aus öffentlichen Mitteln ohne marktübliche Gegenleistungen. Sie können in Form von Geldzahlungen, zinsvergünstigten Darlehen oder Steuervergünstigungen erfolgen. Bei Geldzahlungen wird von einer direkten, offenen Subvention gesprochen, andernfalls von einer indirekten oder versteckten Subvention.

Beispiel:

Ökodarlehen mit einer Laufzeit von 5 Jahren, um 1% zinsvergünstigt. Beiträge aus einem Förderkredit, analog dem Förderprogramm Energie 2000 des Bundes.

### **Steuererleichterung**

Indirekte, versteckte Subvention, also letztlich eine abzugsberechtigte Beihilfe zur Förderung einer Massnahme.

Beispiel:

Energetische und ökologische Sanierungen und Massnahmen sind zum Teil bis zu 100% in der Steuererklärung vom steuerbaren Einkommen abzugsberechtigt.

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt nach der Annuitätenmethode. Die durchschnittlichen Jahreskosten **K** einer Investition **I** mit den jährlichen Betriebskosten **A** betragen:

$$K = a \cdot I + A$$

#### **K** Durchschnittliche Jahreskosten [Fr.]

**a** **Annuitätsfaktor**, Abschreibung und Zins, ein über die Nutzungsdauer der Investition gleich bleibender jährlicher Betrag (siehe Tabelle: Kapitel 5, Lernauftrag 4)

**I** **Investition** [Fr.], finanzielle Mittel für die Anschaffung

#### **A** jährliche Betriebskosten [Fr.]

Die jährlichen Betriebskosten **A** setzen sich aus den Unterhaltskosten **U** sowie den Betriebsenergiekosten **E** zusammen:

$$A = U + E$$

$$E = t_b \cdot P_m \cdot e_b$$

$$A = U + t_b \cdot P_m \cdot e_b$$

#### **A** Jährliche Betriebskosten [Fr.]

#### **U** Jährliche Unterhaltskosten [Fr.]

#### **E** Jährliche Betriebsenergiekosten [Fr.]

**t<sub>b</sub>** mittlere Betriebsdauer [Std./Jahr]

**P<sub>m</sub>** mittlere Leistung [kW]

**e<sub>b</sub>** Energiepreis [Fr./kWh]

Oft interessiert die Frage, welche Mehrinvestition  $\Delta I$  bei einer bestimmten Energieeinsparung ökonomisch gerechtfertigt ist:

$$\Delta I = \Delta A / a$$

$$\Delta A = t_b \cdot \Delta P_m \cdot e_b$$

$\Delta A$ : Differenz der Betriebskosten bei gleichen Zinssätzen und Unterhaltskosten

$\Delta P_m$ : Reduktion der mittleren Leistung durch die Energieeinsparung

Oft sind die Betriebszeiten nicht gleich, dann gilt:

$$\Delta A = [U + t_b \cdot \Delta P_m \cdot e_b]_{\text{Variante 1}} \text{ abzüglich } [U + t_b \cdot \Delta P_m \cdot e_b]_{\text{Variante 2}}$$

### 4.3 Ein Beispiel

Mit Hilfe der Annuitätenberechnung soll untersucht werden, ob sich die Sanierung einer Heizungsanlage lohnt. Die bestehende Anlage ist zwar betriebsfähig und könnte somit noch über längere Zeit im Einsatz bleiben, doch die Energiekosten, wie auch die übrigen laufenden Kosten, sind hoch. Die Sanierungsmassnahme sieht den Ersatz der bestehenden Heizungsanlage durch eine moderne Anlage mit wesentlich geringerem Energieverbrauch vor.

#### Die Rechengrössen

Zinssatz	5,0 %
Bestehende Heizungsanlage (Ist-Zustand)	
Energiekosten	21'200 Fr./a
Übrige Betriebs- und Unterhaltskosten	4'000 Fr./a
Jahres-Betriebskosten	<u>25'200 Fr./a</u>
Neue Heizungsanlage (Sanierung)	
Investitionskosten	50'000 Fr.
Nutzungsdauer	15 Jahre
Energiekosten	15'500 Fr./a
Übrige Betriebs- und Unterhaltskosten	2'500 Fr./a

#### Die Kalkulation

##### Betriebskosteneinsparung

Einsparung Energiekosten	
21'200 – 15'500 =	5'700 Fr./a
Einsparung übrige Betriebs- und Unterhaltskosten	
4'000 – 2'500 =	1'500 Fr./a

Betriebskosteneinsparung pro Jahr  $\Delta A$  7'200 Fr./a

Annuitätsfaktor  $a$  0.096  
(Tabelle Kapitel 5, Anhang 1)

Berechnung der durch Betriebskosteneinsparungen finanzierbaren (Mehr-) Investition:

$$\Delta I = \Delta A / a = 7'200 / 0,096 = 75'000 \text{ Fr.}$$

Die finanzierbare Investitionssumme ist deutlich höher als die veranschlagten Investitionskosten der Anlagensanierung (50'000 Fr.). Somit ist die Massnahme wirtschaftlich. Eine dynamische Berechnung mit Berücksichtigung der Teuerung kann das Resultat etwas verändern; die Wirtschaftlichkeit würde im vorliegenden Fall aber nicht in Frage gestellt.

#### 4.4 Internalisierung externer Kosten - Verursacherprinzip - Umweltkosten

##### Energieversorgungssysteme

Ein Kostenvergleich verschiedener Energieversorgungssysteme zeigt deutlich, dass andere Kriterien in die Betrachtungsweise mit einzubeziehen sind, um einen realen und sinnvollen Vergleich anstreben zu können. Zur Bewertung sind nicht allein die aktuellen Preise geeignet, welche sich vorwiegend an kurzfristigen Entscheidungskriterien orientieren. Die durch eine herkömmliche Wirtschaftlichkeitsberechnung ermittelten Gesamtkosten berücksichtigen bereits, neben den Investitionskosten, auch die jährlichen Betriebskosten. Die in der ganzen Prozesskette der Energieumwandlung versteckte graue Energie ist in aller Regel schon aus ökonomischer Sicht ebenfalls Kostenbestandteil einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Eine ganzheitliche Betrachtungsweise beinhaltet nun aber die Herstellungsprozesse einer Energieversorgungsanlage unter Umweltgesichtspunkten ebenso wie die wirtschaftlichen Kriterien. Voraussetzung hierzu bildet das Bemühen, Umweltaspekte zu quantifizieren. Somit rücken ökologische und ökonomische Kriterien ins Bewusstsein. Die Konsequenz: Grundsätzlich ist bei allen wirtschaftlichen Bewertungen der gesamte Lebenszyklus der involvierten Stoffe und Produkte zu beachten. Dadurch wird ein sparsamer Rohstoffeinsatz, die Minimierung und Weiterverwendung der Nebenprodukte sowie die maximale Energie- und Stoffrückführung **in allen Lebensphasen** einer Anlage – von der Entwicklung bis hin zum Rückbau – mit einbezogen.

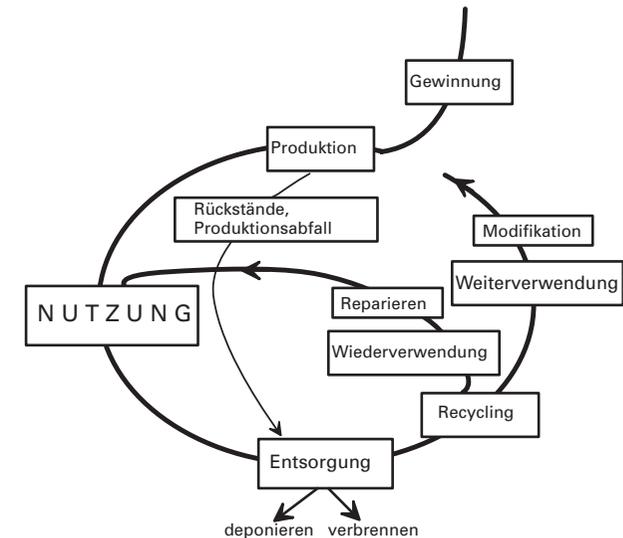


Abb. 3 Berücksichtigung der Lebensphasen einer Energieversorgungsanlage

##### Energieträger

Die aktuellen Energiepreise entsprechen keineswegs dem Prinzip der Kostenwahrheit, da eine Fülle von externen Kosten während des Lebenszyklus eines Energieträgers nicht auf den Verbraucher, sondern auf die Allgemeinheit übertragen wird. Die durch den Energieverbrauch verursachten Umweltschäden sind derzeit nicht Bestandteil des Preisbildungssystems. Dies führt letztlich zu einer gesteigerten Nachfrage nach umweltbelastenden Produkten. Aus ökonomischer Sicht heisst das, dass die Kosten der Energieversorgung auf der Seite der Produzenten und Konsumenten teilweise «externalisiert» werden. Diese externen Kosten liegen in einer Grössen-

ordnung, welche den betriebswirtschaftlich verrechneten Kosten gleichkommt oder diese sogar übersteigt. Würden den Preisen der nicht erneuerbaren Energie die externen Kosten zugerechnet (Umweltfolgekosten, Endlagerungs-, Entsorgungskosten), so wäre erneuerbare Energie in vielen Fällen konkurrenzfähig. Deren Qualitäten liegen in der Umweltverträglichkeit, Unerschöpflichkeit und Risikoarmut.

### Vergleich verschiedener Stromerzeugungsanlagen

Im Folgenden werden die Stromgestehungskosten verschiedener Produktionsverfahren einander gegenübergestellt. Primär beschränkt sich der Vergleich auf einige ökonomisch erfassbare Grössen.

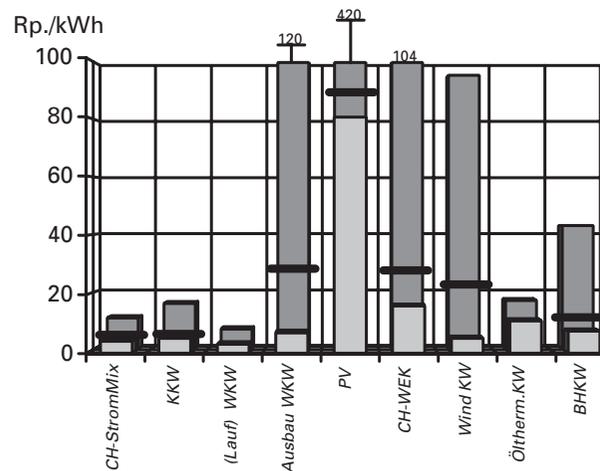


Abb. 4 Stromgestehungskosten verschiedener Produktionsverfahren

Legende:

- **Minimale (hell** – im Vordergrund) und **maximale Werte (dunkel** – im Hintergrund), basierend auf der Bandbreite von Literatur- oder Produzentenangaben, wurden in Form von zwei übereinander gelegten Säulendiagrammen abgebildet. Die Bandbreite zeigt auf, dass unterschiedliche Gesichtspunkte und Aspekte zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Der typische Wert wird in aller Regel zwischen den beiden Extremausschlägen liegen. Da, wo ein typischer Wert ermittelt werden konnte, wurde dieser in Form eines markanten Striches in das entsprechende Säulendiagramm eingetragen.
- **CH-StromMix:** Der in der Schweiz bezogene Strom ab Netz setzt sich aus ca. 60% Wasserkraft, 37% Kernkraft und 3% in weiteren Anlagen erzeugter Energie zusammen.
- **KKW:** Kernkraftwerk
- **(Lauf) WKW:** Laufwasserkraftwerk, Flusskraftwerk
- **Ausbau WKW:** Ausbau bestehender und Neuerstellung weiterer Wasserkraftwerke
- **PV:** Fotovoltaik
- **CH-WEK:** Windkraftanlage (WEK = Windenergiekonverter), speziell auf die schweizerischen Verhältnisse bezogen, Binnenland
- **Wind KW:** Windkraftanlagen generell, weltweit, z.B. an Küstenregionen
- **Öltherm. KW:** Ölthermische Kraftwerkanlage betrieben mit Schweröl oder Erdgas
- **BHKW:** Blockheizkraftwerk

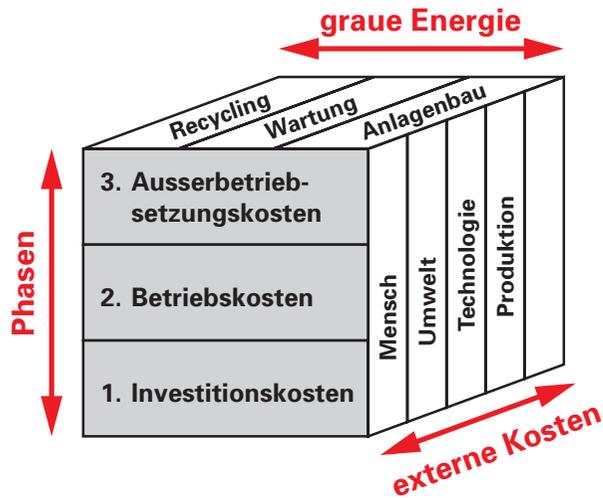


Abb. 5 «Wahre» (dreidimensionale) Anlage-Kostensituation eines Energieversorgungssystems – Schattendasein der externen Kosten und der grauen Energie (2. und 3. Dimension)

– **Stromgestehungskosten** (Kosten pro kWh): Die Gesamtjahreskosten einer Anlage werden durch die Summe der Energieproduktion in kWh dividiert. Sind diese tiefer als der Erlös pro kWh, ist der Betrieb rentabel.

### Internalisierung der externen Kosten

Ganz generell sind externe Auswirkungen von vielen Faktoren abhängig und daher nur für den Individualfall einer Anlage bestimmbar.

Die Internalisierung der externen Kosten folgt dem im Umweltschutzgesetz (USG) verankerten Verursacherprinzip. Dessen Grundgedanke ist einfach: **Wer die Umwelt verschmutzt, soll dafür bezahlen; wer sie schont, soll profitieren.** Wenn die Schadensvermeidung oder die Substitution eines Produktes billiger ist als die Sanierung, respektive der Verbrauch eines konventionellen Produktes, so wird sich der Konsument für die umweltschonendere Lösung entscheiden. Somit bildet die Durchsetzung des Verursacherprinzips eine wichtige Voraussetzung für die Marktwirtschaft.

Die Preise für nicht erneuerbare Energien wie Erdöl, Atomstrom, Erdgas, Kohle etc. müssen dementsprechend, wie dies Ökonomen und Politiker seit längerem fordern, durch Internalisierung der externen Kosten ins Lot gebracht werden. Wollen wir die Diskussion um die Höhe der externen Kosten umgehen, kann eine ähnliche Wirkung mit der Einführung von Lenkungsabgaben, eventuell im Rahmen einer Steuerreform, erzielt werden.

### Potenzialabschätzung für die erneuerbaren Energien

Die Versorgung mit erneuerbaren Energien kann aus wirtschaftlicher Sicht einen sinnvollen Beitrag zur schweizerischen Energieversorgung leisten. Durch die Internalisierung der externen Kosten wäre die Wirtschaftlichkeit in gewissen Fällen klar gegeben. Hierzu wurden für die Schweiz erstmals die externen Kosten der Energienutzung auf solider wissenschaftlicher Basis und politisch breit abgestützt ermittelt. Die PACER-Studie erschien im September 1994. Eine nationale volkswirtschaftliche Rechnung bleibt letztlich jedoch immer noch unvollständig, denn die grossen Umweltschäden entstehen da, wo die Rohstoffe gewonnen werden – also in ganz anderen Ländern.

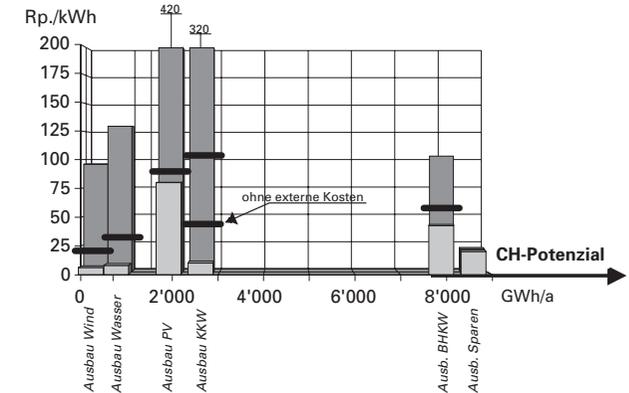


Abb. 6 Ausbauszenario: Potenzialabschätzung verschiedener Stromproduktionsvarianten für die Schweiz unter Berücksichtigung externer Folgekosten (Grob-schätzung)

## 4.5 Instrumente zur Ökologisierung der Wirtschaft

### Verursacherprinzip: marktwirtschaftlicher Grundpfeiler der Umweltpolitik

Würden die externen Kosten (Folgekosten, die heute nicht im Preis inbegriffen sind), wie etwa Gesundheits- und Vegetationsschäden, verursachergerecht den fossilen Energieträgern auferlegt, so müssten nach Schätzung der Umweltorganisationen dafür in der Schweiz mindestens 6 bis 10 Milliarden Franken pro Jahr eingesetzt werden. Diese verursachergerechte Konzeption sollte nicht als Ökonomisierung der Umwelt verstanden werden. Vielmehr bietet sie eine Hilfestellung neben anderen für die Bewertung von umwelt- und energiepolitischen Massnahmen.

Eine gültige Umweltpolitik braucht neben freiwilligen und polizeirechtlichen auch wirksame **marktwirtschaftliche Instrumente**. Steuern, Lizenzen, Abgaben und Gebühren haben ein gemeinsames Ziel: die natürlichen Ressourcen mit einem angemessenen Preis zu versehen. Damit werden die Nutzung erneuerbarer Energien und allgemein ressourcenschonende Wirtschaftsaktivitäten begünstigt gegenüber jenen, welche Rohstoffe verschwenden und das Ökosystem belasten. Solche Preissignale bewegen Produzenten und Konsumenten, ihr Verhalten anzupassen. Erfahrungsgemäss resultieren daraus auch Innovationsleistungen, die in Zukunft einen kostengerechten Einsatz von erneuerbaren Energien und Spartechniken ermöglichen.

### Gezielte Fördermassnahmen

Die meisten Subventionen verfehlen in der Regel langfristig das erwünschte sozial-ökonomische Ziel. Unter Umständen ist es jedoch unabdingbar, durch **gezielte Zuschüsse**, in Form von Fördermassnahmen, eine Initialzündung herbeizuführen, damit eine marktwirtschaftlich attraktive Situation entsteht. Zeitlich begrenzte finanzielle Beiträge an die Errichtung dezentraler Energieversorgungsanlagen (vor allem Solaranlagen), können sowohl den Energieversorgungsprozess beeinflussen als auch entsprechende positive Impulse auf Wirtschaft und Arbeitsplätze auslösen.

Verlässliche Tarifverträge und Fördermassnahmen sind vonnöten. Denkbare direkte öffentliche Fördermassnahmen sind:

- **Subventionen** für Pilot- und Demonstrationsanlagen
- Subventionen für Vorabklärungen
- **Vergütung des externen Ertrages**, beispielsweise Erhöhung des Rücklieferatarifes um einige Rappen/kWh
- **Zinsvergünstigte Darlehen**: Durch das Angebot zinsvergünstigter Darlehen, genannt Ökodarlehen, wurde von den Kantonalbanken bereits ein Finanzierungsmodell für umweltgerechtes Bauen und Renovieren geschaffen.
- **Zweckgebundene Lenkungsabgaben** für umweltschonende Energietechnologien



### Ökologische Steuerreform

In einem weiteren Schritt müsste den beiden vorgenannten Instrumenten ein grundsätzlicher **Strukturwandel** folgen – eine Steuerreform.

Die Grundidee der ökologischen Steuerreform besteht darin, die heutigen Steuern auf Lohn abzubauen und schrittweise Energie und Umweltbelastungen zu besteuern. Damit würden die durch das Wirtschaften verursachten Kosten nach und nach in das marktwirtschaftliche Preisbildungssystem eingebaut. Wesentliche Voraussetzung hierzu stellt die so genannte staatsquotenneutrale Umverteilung dar, denn primär geht es um eine Lenkungsmaßnahme, nicht um die Erschliessung neuer Einnahmen für den Staat. Die Steuererträge sind direkt und vollumfänglich an die Bevölkerung und die Wirtschaft zurückzuerstatten, indem beispielsweise die Lohnnebenkosten gesenkt werden.

Wichtigstes Argument für die ökologische Steuerreform ist, dass derzeit die Kosten für eine Arbeitskraft durch die Lohnnebenkosten, Einkommenssteuern und Sozialabgaben massiv verteuert werden, verglichen mit anderen Produktionsfaktoren, wie beispielsweise Rohstoffe und Energie. Die Nachfrage nach Arbeitskräften ist infolge der hohen Kosten gedämpft und wird infolge Ersatz durch neue Technologien, welche stark an Energie gekoppelt sind, z.B. Automation, Elektronik, weiter abnehmen, was die Gefahr der Arbeitslosigkeit erhöht.

Durch Reduktion der steuerlichen Belastung der Arbeit und Kompensation des Steuerausfalles durch eine Energiesteuer würden Arbeitsplätze geschaffen, der Energieverbrauch gesenkt und zudem die externen Folgekosten internalisiert.

### Integrierte Ressourcenplanung – Energiedienstleistung

Traditionellerweise bieten Energieversorgungsunternehmen ihren Kunden Elektrizität, Gas oder diverse fossile Brennstoffe an. Das Bedürfnis eines Kunden ist jedoch nicht etwa der Verbrauch von kWh, sondern vielleicht ein warmes Bad. Er wünscht sich nicht einfach Energie, sondern die durch den Einsatz dieser Energie sichergestellte Dienstleistung, kurz als **Energiedienstleistung** bezeichnet. Eine **integrierte Planung der Ressourcen (IRP)**, von der Produktion bis hin zum Verbrauch, führt dazu, die Kunden neu auch aus der Sicht der Anbieter in erster Linie mit einer **Energiedienstleistung** zu bedienen. Werden diese Energiedienstleistungen mit den geringsten Gesamtkosten realisiert, wird ein solcher Ansatz als **Least Cost Planning (LCP)** bezeichnet.

Damit werden Energieversorgungsunternehmen zu **Energiedienstleistungsunternehmen**. Dies sind Werke, welche nebst dem optimierten Verkauf von Energieträgern ihren Kunden auch Dienstleistungen zur rationellen Verwendung von Energie anbieten. Erreichte Sparmassnahmen bei den Kunden werden gleich gewichtet wie Investitionen in Kapazitätserweiterungen auf der Produktionsseite.

## 4.6 Liberalisierung der Energiemärkte

Im Zuge der Deregulierungsmassnahmen zur Globalisierung der Wirtschaft werden auch in der Energiewirtschaft Markteintrittsschranken abgebaut. Die bisher, hauptsächlich aus Gründen der Versorgungssicherheit, staatlich garantierte und reglementierte Monopolstellung der Elektrizitätswerke geht verloren. Die Liberalisierung der Energiemärkte hat eingesetzt.

**Beispiel Strommarktöffnung:** Mit der Strommarktliberalisierung stehen die Anbieter von Strom mit ihren Angeboten in Konkurrenz zueinander. In einigen Jahren kann der Verbraucher selber entscheiden, welchen Strom er bei welchem Lieferanten beziehen will, und wie viel er dafür zu bezahlen bereit ist. Ein Teil der Konsumentinnen und Konsumenten wünscht billige Energie. Demgegenüber sind umweltbewusste Strombezüger bereit, einen Mehrpreis für umweltgerecht produzierte Energie zu bezahlen. Wasserkraftwerke, aber auch dezentrale Energieversorgungssysteme mit erneuerbarer Energie werden unter Druck kommen. Ihr Überleben ist besser gesichert, wenn sie sich auf eine ökologisch unbedenkliche Produktion ausrichten, denn dafür lässt sich ein höherer Marktpreis erzielen.

Die **Produktedeklaration** wird in einem liberalisierten Energiemarkt als Identifikationsinstrument eine zentrale Bedeutung erlangen: Das Ziel einer Energiedeklaration ist, grüne Energie von der Billigenergie aus thermischen Grosskraftwerken abzugrenzen. Letztere wird im liberalisierten Markt vermutlich

in grossen Mengen über die Landesgrenzen hinweg angeboten werden. Über eine Produktedeklaration soll der Konsument davon überzeugt werden, nachhaltig produzierte Energie zu wählen und dafür einen höheren Preis zu bezahlen.

Erste Schritte in diese Richtung stellen die **Ökostrom-Börsen** einiger Energieversorgungsunternehmen dar: Stromproduzenten bieten die Möglichkeit, Strom nachweislich aus erneuerbaren Energiequellen zu beziehen. Die erneuerbare Energie kann das Energieversorgungsunternehmen von Dritten kaufen, oder bei Bedarf Anlagen im Contracting erstellen lassen, ohne selbst investieren zu müssen.

Beim **Contracting** plant, baut und betreibt der Contractor ganze Energie-Versorgungsanlagen mit Eigen- und/oder Fremdfinanzierung. Der Kunde kauft das, was er als Endverbraucher benötigt: Wärme, Licht usw. Der Endbenutzer bezahlt für den Energiebezug einen vertraglich festgelegten Preis, der oft tiefer liegt als im Falle einer Eigeninvestition.

Die Liberalisierung der Energiemärkte beinhaltet Risiken, aber auch Chancen. Im Wettbewerb zwischen zentralen und dezentralen Anbietern können Themen wie Kostenwahrheit, faire Bezugsbedingungen und im besten Fall Rückbau von veralteten Anlagen zu Gunsten der dezentralen, sauberen Produktion, aufgegriffen und öffentlich zur Diskussion gestellt werden.

Oft scheitert die Realisierung eines Projektes an der fehlenden **Investitionsbereitschaft**. Beratungsstellen und Energieagenturen könnten sicherstellen, dass trotz fehlendem Investor, bei gegebener Wirtschaftlichkeit, die Investition, soweit sie aus Umwelt- und Ressourcengesichtspunkten notwendig erscheint, vorgenommen wird. Die **Energieagenturen**, wie sie im neuen Energiegesetz vorgesehen sind, müssten die Möglichkeit der Vorfinanzierung aus einem Energiefonds haben. So könnten staatliche Vorgaben zur Umsetzung gebracht werden.

## 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge

### Lernauftrag 1: Energiesparlampe versus Glühbirne

Ein kleiner Gedankenanstoss: Stellen wir uns vor, wir könnten durch den Kauf eines stromsparenden Gerätes dasselbe tun wie mit dem Bau eines Mini-Kraftwerks im eigenen Haus. Wenn wir eine neue Birne installieren, die 23 Watt braucht und genau so viel Licht abgibt wie eine normale 120 Watt-Birne, haben wir ein kleines Kraftwerk gebaut. Es produziert 97 Negawatt, also ungenutzte Watt.

Diese eingesparte Energie kann einem anderen Kunden zur Verfügung gestellt werden, ohne zusätzlich erzeugt werden zu müssen.

Während der Lebensdauer von mindestens 12'000 Betriebsstunden spart eine kompakt gebaute Leuchtstoffröhre Typ Stromsparlampe mit 23 Watt Leistungsaufnahme bei gleicher Ausleuchtungsintensität gegenüber einer 120 Watt-Glühlampe 1'455 kWh Energie.

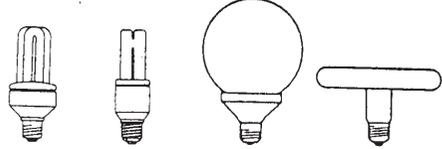
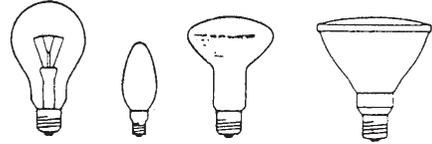
	Energiesparlampe (20 W)	Glühbirne (100 W)
		
<b>Leistungsaufnahme</b>	23 W	120 W
<b>Lebensdauer</b>	15'000 h	2'000 h
<b>mittlere Lebensdauer</b>	12 Jahre bei ca. 3 h Brenndauer/Tag	2 Jahre bei ca. 3 h Brenndauer/Tag
<b>Kaufpreis</b>	Fr. 16.–	Fr. 1.40
<b>Investitionskosten über die Lebensdauer</b>	Fr. 16.–	Fr. 8.40
<b>Amortisation der Mehrkosten</b>	nach rund 400 Stunden	–
<b>Energieverbrauch</b>	345 kWh/12 Jahre	1'800 kWh/12 Jahre
<b>Betriebsenergiekosten (20 Rappen / kWh)</b>	Fr. 69.–	Fr. 360.–
<b>Total Kosten</b>	<b>Fr. 85.–</b>	<b>Fr. 368.40</b>

Abb. 7 Technische Angaben zu Energiesparlampen und Glühbirnen



Bei einer jährlichen Nutzungsdauer von rund 1'100 Stunden und einem Energiepreis von 20 Rappen je kWh ist die Energiesparlampe bereits nach einem Jahr durch die eingesparte Energie amortisiert.

$$\Delta \text{Energiekosten [Fr.] =} \\ \Delta \text{Energie [kWh]} \cdot \text{E-Tarif [Fr./kWh]}$$

$$\Delta \text{Energie [kWh]} = \\ \frac{\Delta \text{Leistung [W]} \cdot \text{Betriebsdauer [h]}}{1'000}$$

**Dauer der Mehrkostenamortisation =**

$$\frac{(16.00 - 8.40) \text{ Fr.} \cdot 1'000}{(97 \text{ W} \cdot 0.2 \text{ Fr. / kWh})} = 391 \text{ h}$$

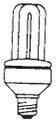
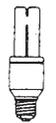
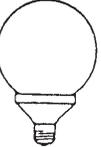
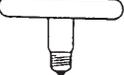
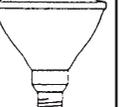
Dass trotz der relativ hohen Anschaffungskosten einer Stromsparlampe gegenüber einer Glühbirne, bei gleichem Komfort, mindestens Fr. 280.– (über die Nutzungsdauer gerechnet) gespart werden, liegt auf der Hand.

Fachgerecht entsorgt, schlägt die als Sondermüll zu betrachtende Leuchtstoffröhre nicht übermässig zu Buche.

**Lernauftrag:** Erstellung von Vergleichstabellen (z.B. mit Excel) verschiedenster Kennwerte und Berechnung der entsprechenden Kostenersparnis und Amortisationsdauer.

**Vorbereitende Hausaufgabe:** Die Lernenden sollen die Kennwerte von Energiesparlampen und den zugehörigen Glühlampen (W, Preis, Lebensdauer) in einem Kaufhaus tabellarisch zusammenstellen. Dazu kann die Vorlage auf der folgenden Seite verwendet werden.

**Lernauftrag 1: Tabelle zum Vergleich von Energiesparlampen und Glühbirnen (Abb. 8)**

	Energiesparlampe				Glühbirne			
								
<b>Leistungsaufnahme</b>								
<b>Lebensdauer</b>								
<b>mittlere Lebensdauer</b>								
<b>Kaufpreis</b>								
<b>Investitionskosten über die Lebensdauer</b>								
<b>Amortisation der Mehrkosten</b>								
<b>Energieverbrauch</b>								
<b>Betriebsenergiekosten</b> (..... Rappen / kWh)								
<b>Total Kosten</b>								

## Lernauftrag 2: Energieabgabe und ökologische Steuerreform

### Lernauftrag:

Die Lernenden stellen die Hauptunterschiede zwischen einer Energieabgabe und einer ökologischen Steuerreform in einer Tabelle zusammen.

### Vorbereitende Hausaufgabe:

Lektüre des Textes aus dem Lehrerband von «Energie – Schlüsselgrösse unserer Zeit», Seite 155 ff.: «Die Verantwortung des Staatswesens und die schweizerische Energiepolitik».

Die Lösung könnte folgendermassen lauten:

Energieabgabe	Ökologische Steuerreform
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Der Ertrag einer Energieabgabe wird zur Förderung der erneuerbaren Energien und zur rationalen Energienutzung verwendet, allenfalls auch zur Sanierung bestehender Wasserkraftwerke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Der Ertrag wird zurückverteilt und dient der Entlastung der Lohnnebenkosten, evtl. auch zur Finanzierung der Sozialwerke</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wirkt vor allem durch die Subvention von erwünschten Energietechniken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wirkt durch die Verteuerung der herkömmlichen Energien gegenüber den erneuerbaren Energien und gegenüber dem Faktor Arbeit</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kann rasch und ohne Verfassungsänderung umgesetzt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Voraussetzung ist eine Verfassungsgrundlage, nimmt daher mehr Zeit in Anspruch</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ist zeitlich begrenzt als Starthilfe für die neuen Energien gedacht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ist zeitlich unbegrenzt</li> </ul>



### Lernauftrag 3: Internalisierung externer Kosten

#### Empfehlenswerte Aufgabensammlung:

«Energie – Schlüsselgrösse unserer Zeit», Schülerheft, Kapitel 5, «Die Zukunft ist offen», Seite 77.  
Lösungen im Lehrerband, Seite 213 ff.

Bezug von Schülerheft und Lehrerband: siehe Kapitel 6, weiterführende Literatur.

### Lernauftrag 4: Beispiel Wirtschaftlichkeit

Auf Grund der angegebenen Eckwerte, Daten und Kosten überprüfen die Lernenden die **Wirtschaftlichkeit einer Kleinturbine** in einem Wasserversorgungsnetz einer Gemeinde im Voralpenraum.  
Zur Bearbeitung siehe das nachstehende Aufgabenblatt, Seite 23.

#### Es sind zu berechnen:

- die Stromgestehungskosten
- die Wirtschaftlichkeit (Rentabilität) der Kleinturbinenanlage bei einem mittleren Rücklieferungstarif (Einspeisung der gesamten Produktion ins gemeindeeigene Netz) von Fr. 0.12/kWh.  
(Lösung in Franken Gewinn oder Verlust pro Jahr).

Lösung:

- Stromgestehungskosten Fr. 0.09/kWh
- Gewinn Fr. 4'274.–/Jahr

### Lernauftrag 4: Aufgabenblatt für die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Kleinturbine in einem Wasserversorgungsnetz einer Gemeinde im Voralpenraum

Nutzungsdauer Jahre	Kalkulationszinssatz					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%
1	1,010	1,020	1,030	1,040	1,050	1,060
2	0,508	0,515	0,523	0,530	0,538	0,545
3	0,340	0,347	0,354	0,360	0,367	0,374
4	0,256	0,263	0,269	0,275	0,282	0,289
5	0,206	0,212	0,218	0,225	0,231	0,237
6	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,203
7	0,149	0,155	0,161	0,167	0,173	0,179
8	0,131	0,137	0,142	0,149	0,155	0,161
9	0,117	0,123	0,128	0,134	0,141	0,147
10	0,106	0,111	0,117	0,123	0,130	0,136
11	0,096	0,102	0,108	0,114	0,120	0,127
12	0,089	0,095	0,100	0,107	0,113	0,119
13	0,082	0,088	0,094	0,100	0,106	0,113
14	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,108
15	0,072	0,078	0,084	0,090	0,096	0,103
16	0,068	0,074	0,080	0,086	0,092	0,099
17	0,064	0,070	0,076	0,082	0,089	0,095
18	0,061	0,067	0,073	0,079	0,086	0,092
19	0,058	0,064	0,070	0,076	0,083	0,090
20	0,055	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087
25	0,045	0,051	0,057	0,064	0,071	0,078
30	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073
35	0,034	0,040	0,047	0,054	0,061	0,069
40	0,030	0,037	0,043	0,051	0,058	0,066
50	0,026	0,032	0,039	0,047	0,055	0,063

#### Grunddaten:

- Nutzgefälle  $H_n$ : 120 m (zwischen Brunnenstube und Reservoir)
- mittlerer jährlicher Abfluss  $Q_m$ : 20 l/s
- Die Turbine, der Generator und der Schaltschrank können im bestehenden Reservoir untergebracht werden.
- Die Druckleitung wird im Zuge einer Sanierung ersetzt.

#### Mittlere elektrische Leistung:

$$P_{el} = (7 \cdot Q_m \cdot H_n) / 1000 = \dots\dots\dots \text{ [kW]}$$

#### Jährliche Energieproduktion:

$$E = 8500 \cdot P_{el} = \dots\dots\dots \text{ [kWh]}$$

#### Investitionskosten:

- Turbine und elektrische Einrichtungen, Netzanschluss Fr. 4000.–/kW· $P_{el}$  = Fr. 70'000.–
- Bauliche Einrichtungen im best. Reservoir für Turbine/Generator und in der Brunnenstube (Vorbecken) Fr. 15'000.–
- Mehrkosten für Druckleitung (DN 125 statt DN 80 ohne Turbine); Länge 250 m Fr. 5'000.–
- Nebenkosten (Anteil Projekt und Bauleitung, Gebühren, usw.) Fr. 13'000.–
- Unvorhergesehenes Fr. 10'000.–

**Total Investitionskosten** Fr. ....

#### Jahreskosten:

- Mittlere Amortisationszeit 20 Jahre; Zinssatz 8,5%, Inflation 4,5%, Annuitätsfaktor siehe nebenstehende Tabelle: 4% bei 20 Jahren:  $K = a \cdot I =$  Fr. ....
  - Betrieb und Unterhalt (nur Turbine und Elektromechanik; Unterhalt Reservoir und Druckleitung im Rahmen Wasserversorgung) 5% von Fr. 70'000.– Fr. ....
  - Gebühren und Versicherung, Administration, usw. Fr. 1'000.–
- Total Jahreskosten (Aufwand)** Fr. ....

#### Stromgestehungskosten:

- Jahreskosten [Fr.] : jährliche Energieproduktion [kWh] Fr./kWh .....

#### Rentabilität:

- Mittlerer Rücklieferungstarif: Fr. 0.12/kWh (Einspeisung der gesamten Produktion in gemeindeeigenes Netz)
- Ertrag pro Jahr: ..... · ..... = Fr. ....

#### Gewinn/Verlust pro Jahr:

- Ertrag – Aufwand Fr. ....

### Lernauftrag 4: Lösung für die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Kleinturbine in einem Wasserversorgungsnetz einer Gemeinde im Voralpenraum

#### Grunddaten:

- Nutzgefälle  $H_n$ : 120 m (zwischen Brunnenstube und Reservoir)
- mittlerer jährlicher Abfluss  $Q_m$ : 20 l/s
- Die Turbine, der Generator und der Schaltschrank können im bestehenden Reservoir untergebracht werden.
- Die Druckleitung wird im Zuge einer Sanierung ersetzt.

#### Mittlere elektrische Leistung:

$$P_{el} = (7 \cdot 20 \cdot 120) / 1000 = 16,8 \text{ [kW]}$$

#### Jährliche Energieproduktion:

$$E = 8500 \cdot 16,8 = 142'800 \text{ [kWh]}$$

#### Investitionskosten:

- Turbine und elektrische Einrichtungen, Netzanschluss:  $4000.- \cdot 16,8 =$  Fr. 70'000.–
- Bauliche Einrichtungen im best. Reservoir für Turbine/Generator und in der Brunnenstube (Vorbecken) Fr. 15'000.–
- Mehrkosten für Druckleitung (DN 125 statt DN 80 ohne Turbine); Länge 250 m Fr. 5'000.–
- Nebenkosten (Anteil Projekt und Bauleitung, Gebühren, usw.) Fr. 13'000.–
- Unvorhergesehenes Fr. 10'000.–

**Total Investitionskosten** Fr. 113'000.–

#### Jahreskosten:

- Mittlere Amortisationszeit 20 Jahre; Zinssatz 8,5%, Inflation 4,5%, Annuitätsfaktor aus Tabelle Seite 23: 4% bei 20 Jahren:  
 $0,074 \cdot 113'000.- =$  Fr. 8'362.–
  - Betrieb und Unterhalt (nur Turbine und Elektromechanik; Unterhalt Reservoir und Druckleitung im Rahmen Wasserversorgung) 5% von Fr. 70'000.– Fr. 3'500.–
  - Gebühren und Versicherung, Administration, usw. Fr. 1'000.–
- 
- Total Jahreskosten (Aufwand)** Fr. 12'862.–

#### Stromgestehungskosten:

- Jahreskosten: Fr. 12'862.– bei 142'800 kWh = Fr. 0,09/kWh

#### Rentabilität:

- Mittlerer Rücklieferungstarif: Fr. 0,12/kWh (Einspeisung der gesamten Produktion in gemeindeeigenes Netz)
- Ertrag pro Jahr:  $142'800 \text{ kWh} \cdot \text{Fr. } 0,12/\text{kWh} =$  Fr. 17'136.–
- **Gewinn/Verlust pro Jahr:**  
 Ertrag – Aufwand = Gewinn Fr. 4'274.–

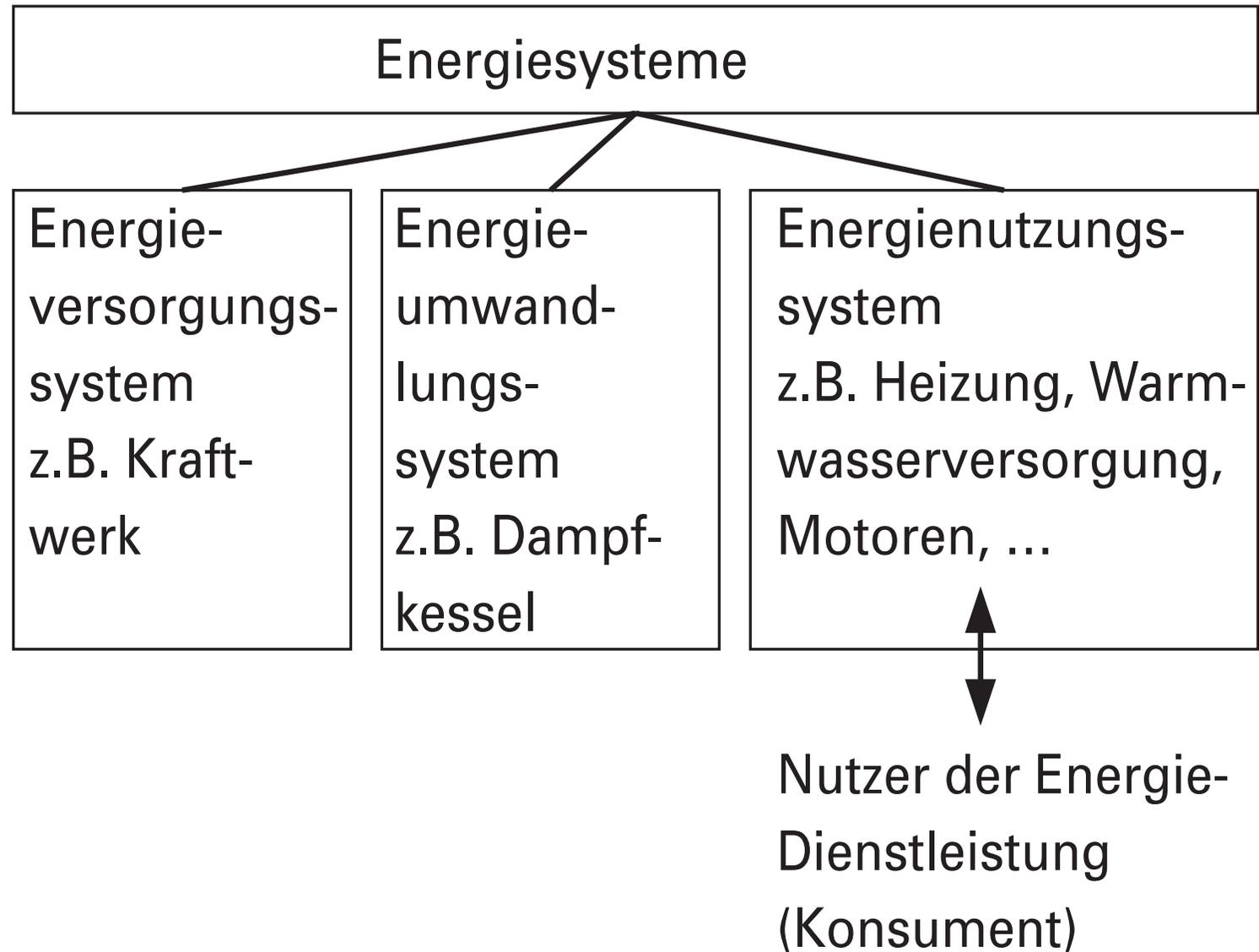
## 6 Weiterführende Literatur

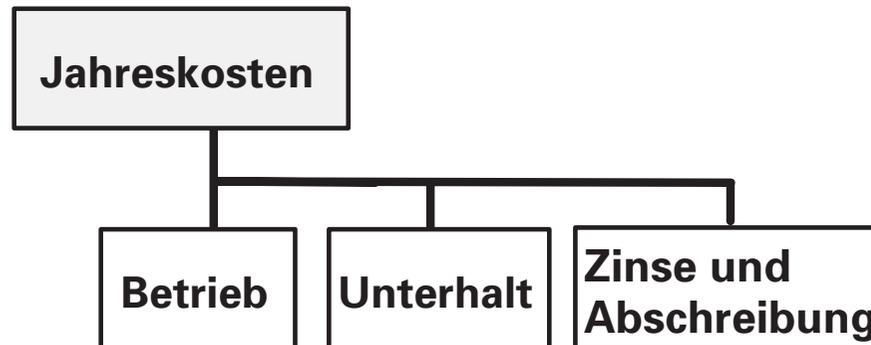
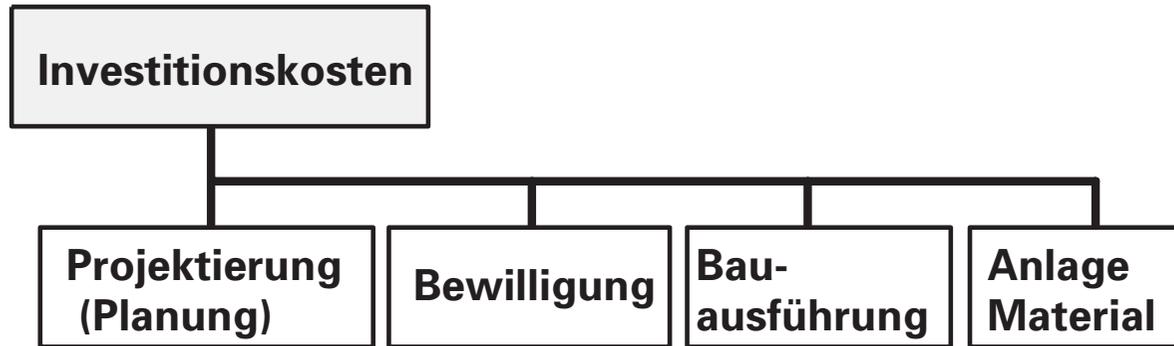
- Bundesamt für Konjunkturfragen, André Müller, Felix Walter, RAVEL zahlt sich aus – Praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen, RAVEL, EDMZ Bern, 1992, Best. Nr. 724.397.42.01 d
- Bundesamt für Konjunkturfragen, Walter Ott, Klaus P. Masuhr, Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge im Strom- und Wärmebereich, PACER, EDMZ Bern, 1994, Best. Nr. 724.270.7 d
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, CO<sub>2</sub>-Abgabe: Mehr Markt – bessere Umwelt – Umweltmaterial Ökonomie Nr.15, BUWAL, Bern, 1994
- Greenpeace, Jugend-Solarprojekt und Dokumentationsmappe für Lehrkräfte zum Thema Energie Bezug: Kuno Roth, Greenpeace Schweiz, Umwelterziehung, Postfach 607, 3000 Bern 25
- Bundesamt für Konjunkturfragen, Maja Messmer et al., Energie, Schlüsselgrösse unserer Zeit
  - Schülerheft, Sauerländer AG, Aarau, 1997
  - Lehrerband, Sauerländer AG, Aarau, 1999Bezug: Walter Gille, Zürichbergstrasse 46a, 8044 Zürich

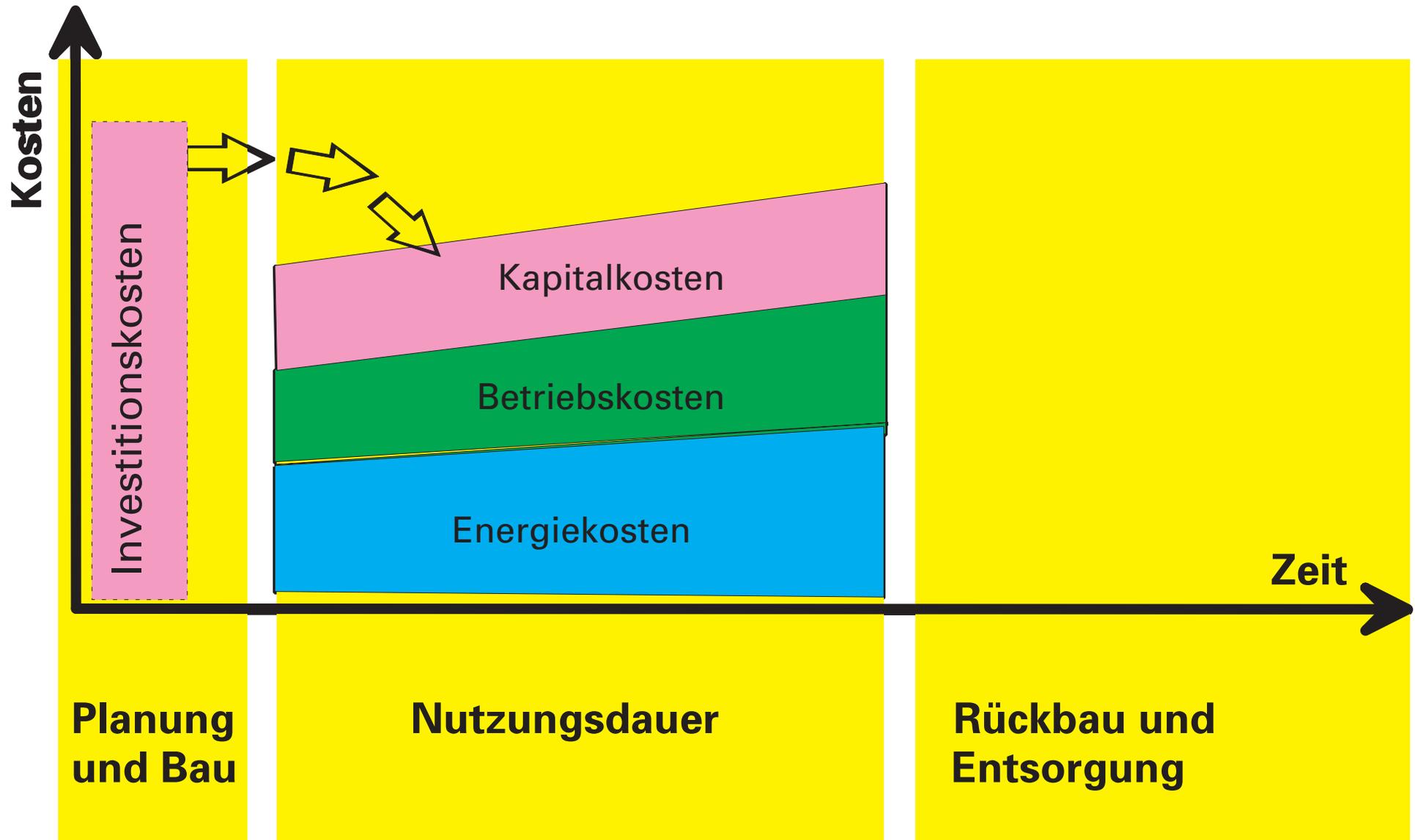
## 7 Bild- und Textnachweis

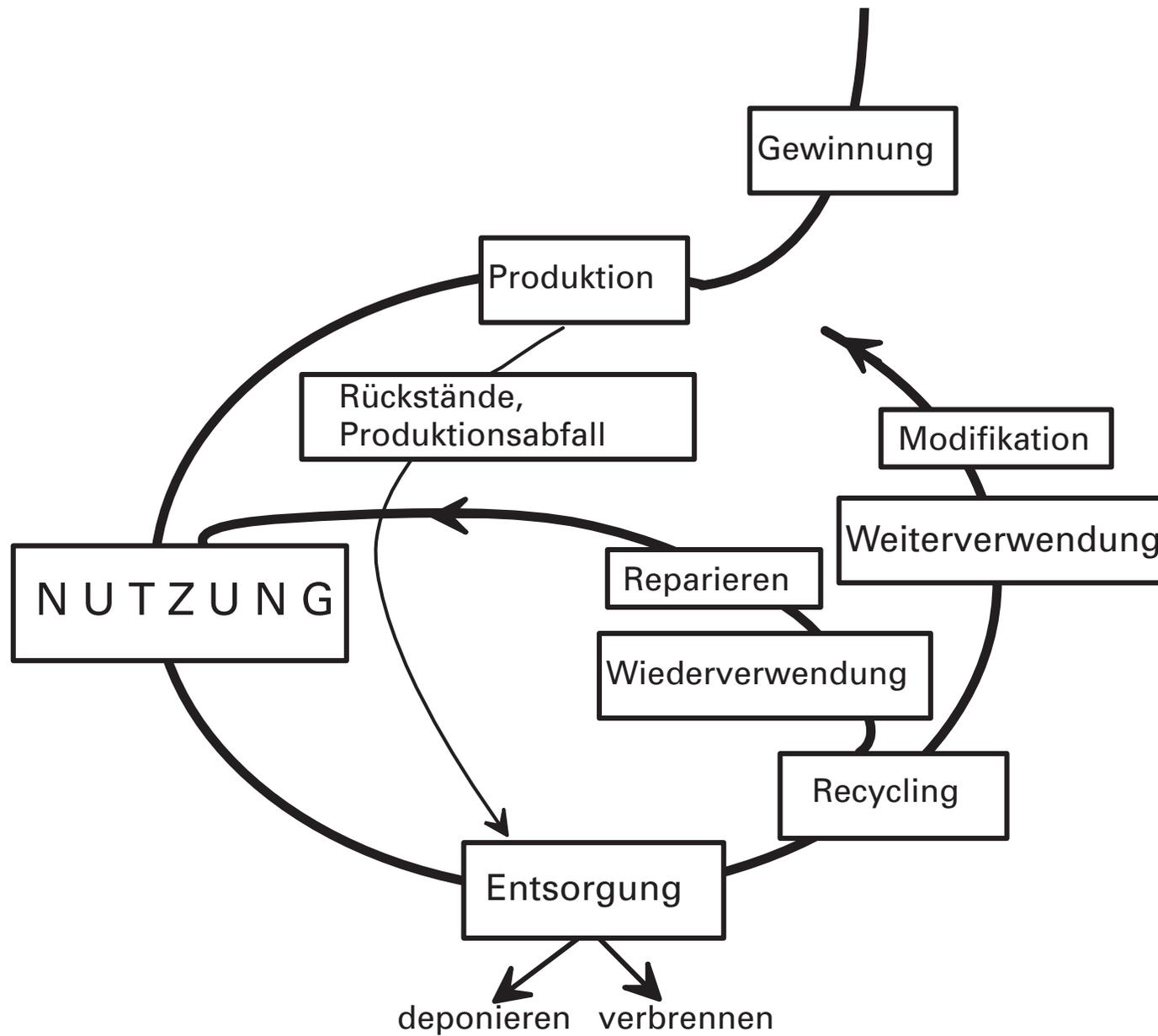
Sämtliche Abbildungen stammen vom Autor. Anregungen dazu wurden teils aus der weiterführenden Literatur entnommen (Kapitel 6).

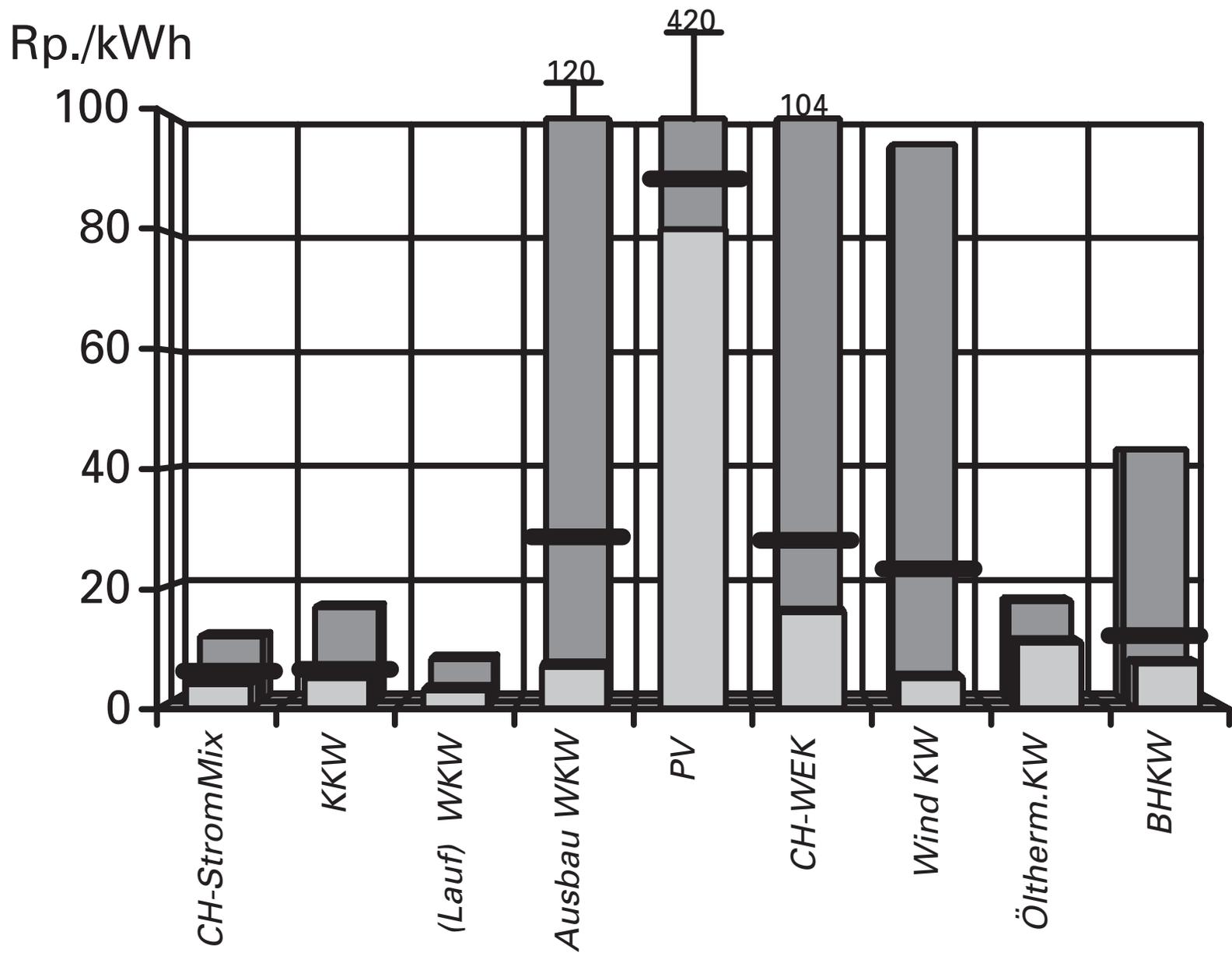
8 Vorlagen

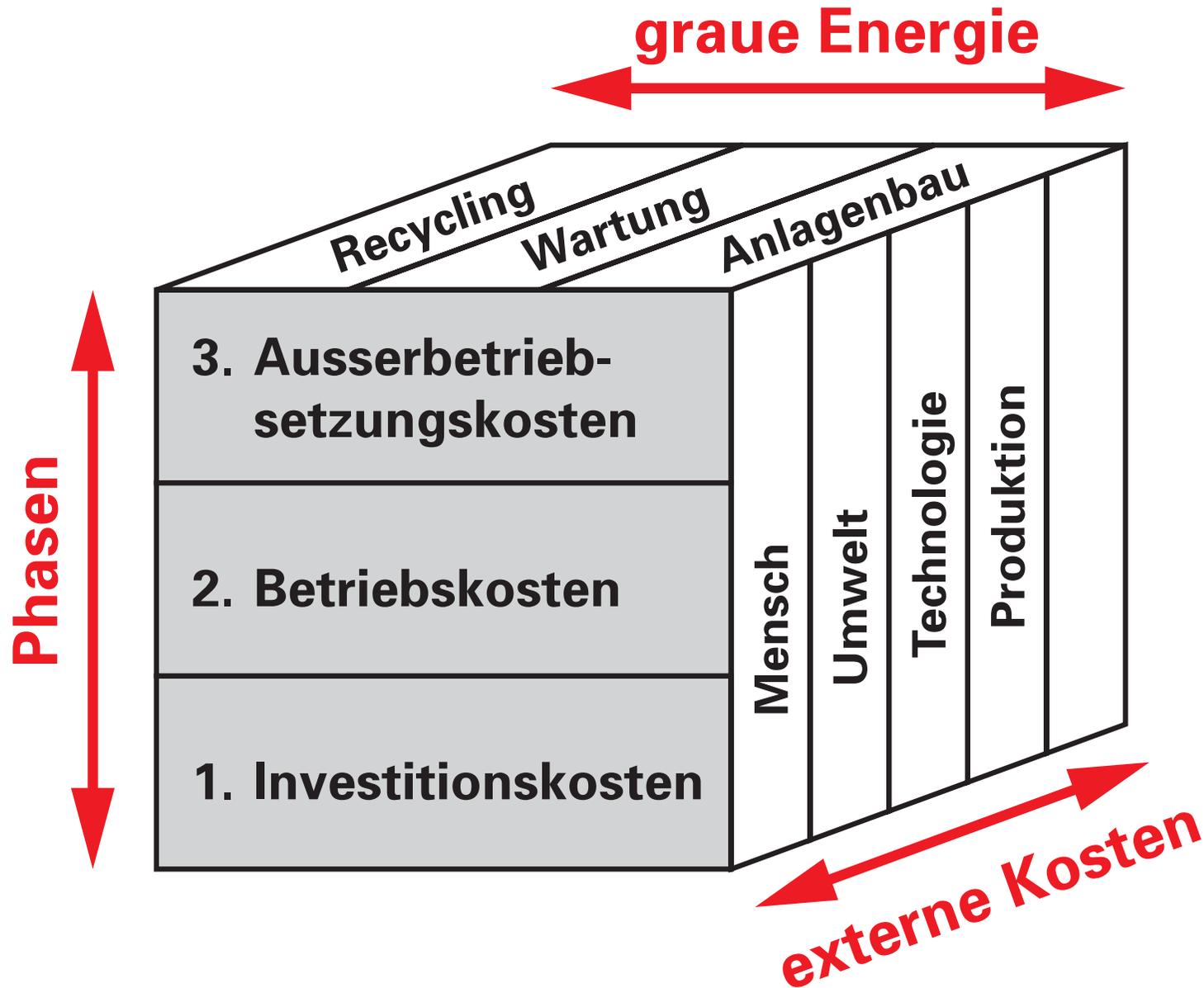


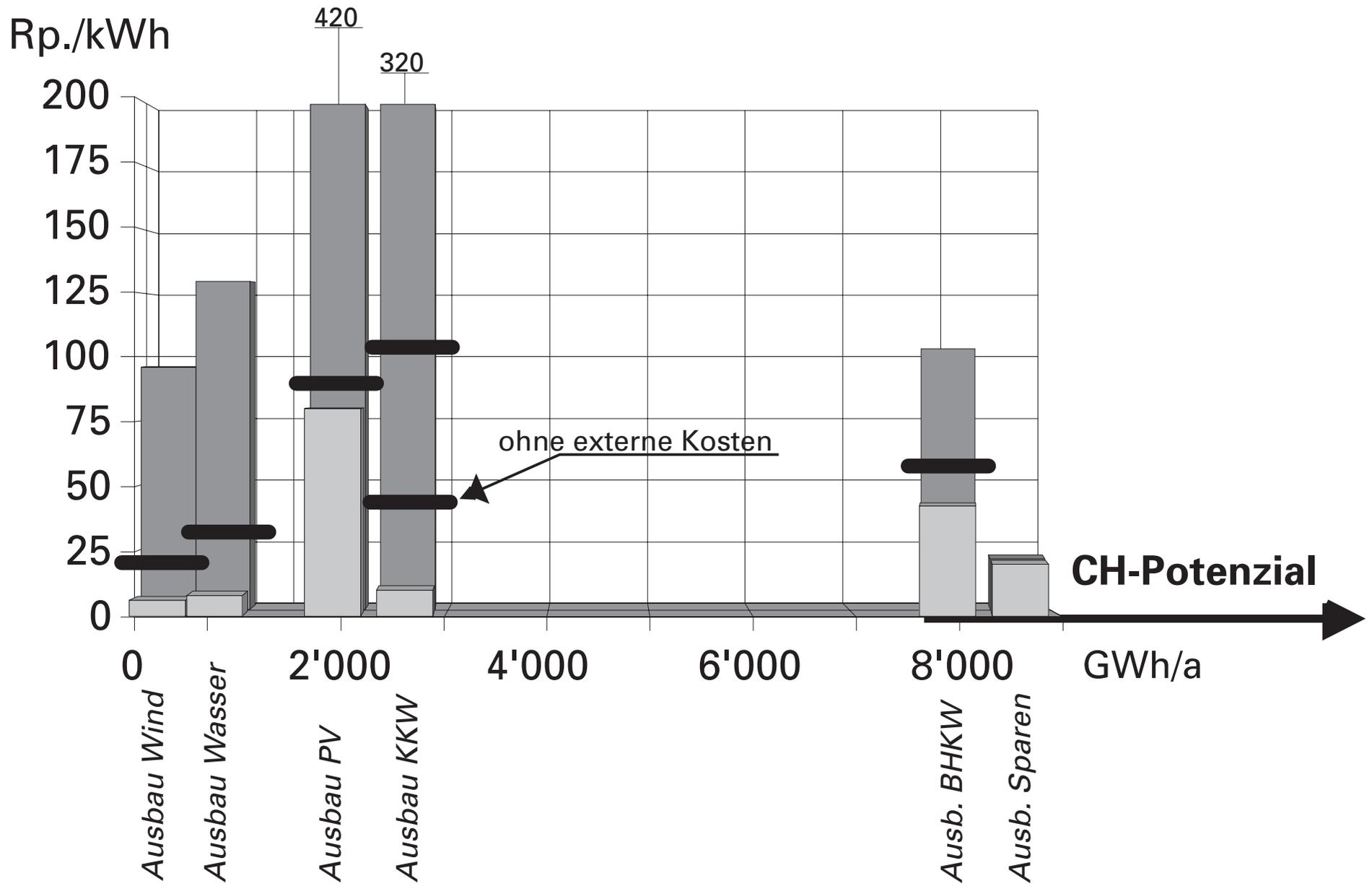


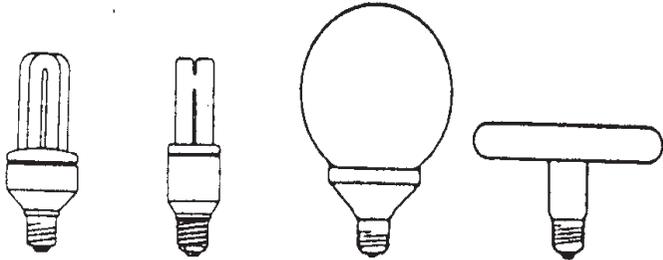
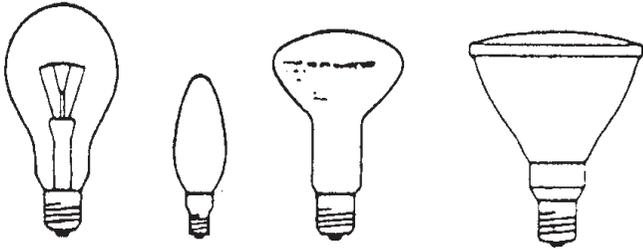


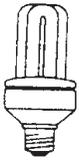
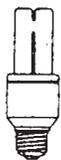
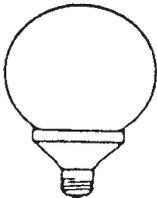
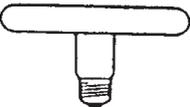
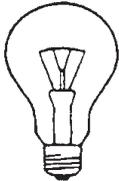
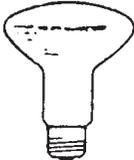
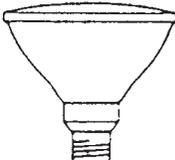








	<b>Energiesparlampe (20 W)</b>	<b>Glühbirne (100 W)</b>
		
<b>Leistungsaufnahme</b>	23 W	120 W
<b>Lebensdauer</b>	15'000 h	2'000 h
<b>mittlere Lebensdauer</b>	12 Jahre bei ca. 3 h Brenndauer/Tag	2 Jahre bei ca. 3 h Brenndauer/Tag
<b>Kaufpreis</b>	Fr. 16.–	Fr. 1.40
<b>Investitionskosten über die Lebensdauer</b>	Fr. 16.–	Fr. 8.40
<b>Amortisation der Mehrkosten</b>	nach rund 400 Stunden	–
<b>Energieverbrauch</b>	345 kWh/12 Jahre	1'800 kWh/12 Jahre
<b>Betriebsenergiekosten</b> (20 Rappen / kWh)	Fr. 69.–	Fr. 360.–
<b>Total Kosten</b>	<b>Fr. 85.–</b>	<b>Fr. 368.40</b>

	Energiesparlampe				Glühbirne			
								
<b>Leistungsaufnahme</b>								
<b>Lebensdauer</b>								
<b>mittlere Lebensdauer</b>								
<b>Kaufpreis</b>								
<b>Investitionskosten über die Lebensdauer</b>								
<b>Amortisation der Mehrkosten</b>								
<b>Energieverbrauch</b>								
<b>Betriebsenergiekosten</b> (..... Rappen / kWh)								
<b>Total Kosten</b>								