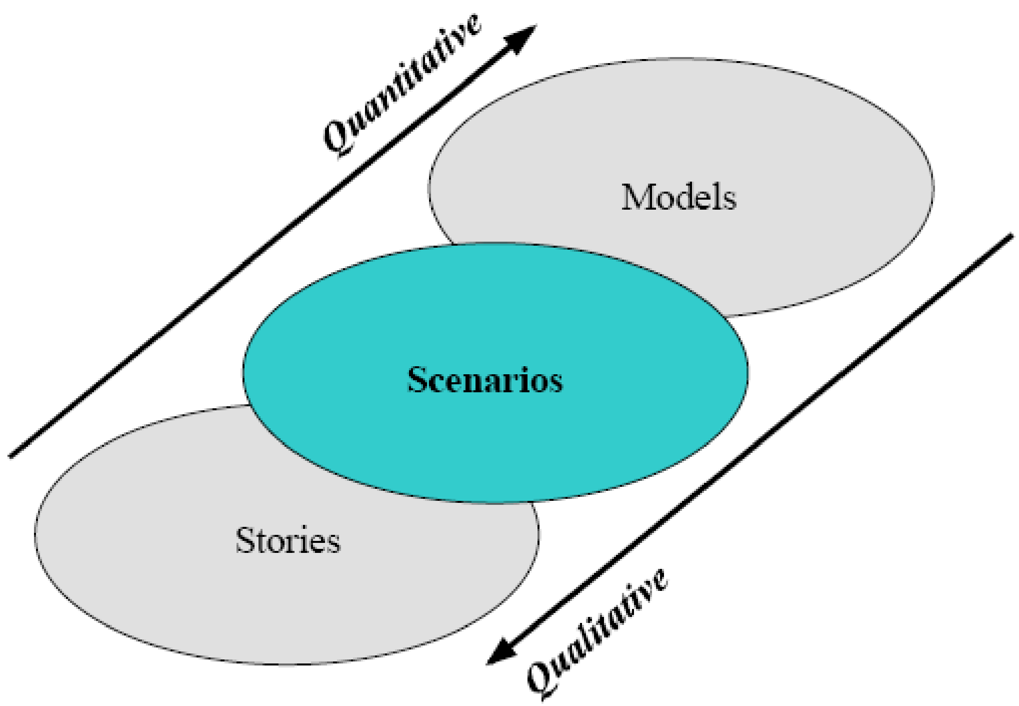
1. Beschreiben Sie den Unterschied zwischen „Storylines“ (= narrative Szenarien), Szenarien und Modelle. *(Energiemodelle Folien 1-7ff)*

Energiemodelle:
Dienen zur Abbildung der Energiesysteme, der Wechselwirkung verschiedener Akteure auf dem Energiemarkt, der Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit.

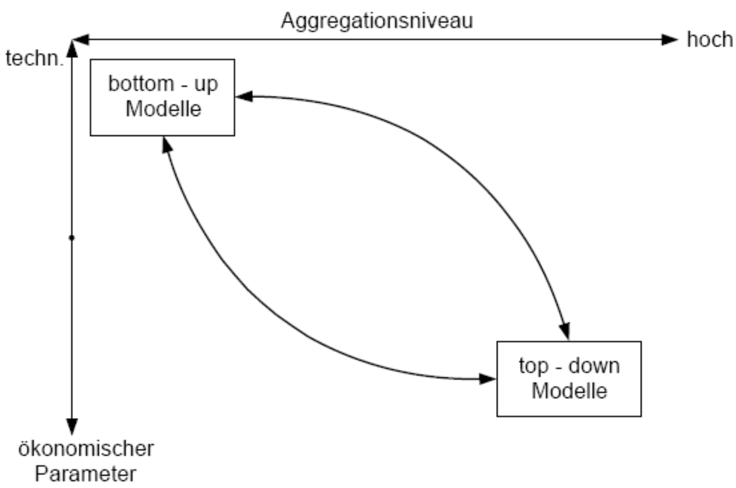
Szenarien:
- Bereitstellung „konzeptionellen Rahmens“ zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen und der Darstellung von Auswirkungen alternativer Maßnahmen
- Ermöglichen die Interpretation glaubhafter (denkbarer, möglicher) Zukunftsentwicklungen
- Einbinden jener Aspekte, welche nicht formal modelliert werden können
- Mit dem Ziel bestehende (herkömmliche) Lösungsansätze (Vorstellungen) zu hinterfragen (und somit neue zu generieren)

Storylines:
Bei Storylines handelt es sich um die erzählende (=narrative) Form der Szenarien. Mittels der Storylines wird das Szenario interpretiert. Es sind daher auch mehrere Interpretationen in einer Storyline für ein Szenario möglich. Die Gesamtheit der Storylines für ein Szenario wird scenario family genannt. Dabei werden z.B. demografische, soziale, wirtschaftliche, technologische, ökologische und politische Aspekte beschrieben.



2. Erklären Sie den Unterschied zwischen Top-down- und Bottom-up-Modellen. Skizzieren Sie Stärken und Schwächen der beiden Ansätze.

(Energiemodelle Folien 1-30f)



Unterschiedliche Fragestellungen:

"Top-Down" fragt:

Um wieviel reduziert eine gegebene Preissteigerung die Nachfrage?

"Bottom-Up" fragt:

Wie kann eine gegebene Energieeinsparung mit minimalen Kosten erzielt werden?

Vergleich von Top-Down- und Bottom-Up-Ansatz

	Top-Down	**Bottom-Up**
Abbildung einzelner Technologien: Substitution von Energieträgern Effizienzgewinne durch technischen Fortschritt; Reduzierung des Nutzenergieniveaus; Innovationen	– sektorale Produktionsfunktionen mit geschätzten Koeffizienten; Abb. des technischen Fortschritts über globale Parameter	+ Prozessorientierte Darstellung; Abb. von Einzelmaßnahmen zur CO_2-Minderung
Gesamtwirtschaftliche Einflüsse: Preiseinflüsse (z.B. durch CO_2-Steuern); Beschäftigungseffekte; Energienachfrageeffekt; Import/Export	+ Abb. der Wirkungen fiskalischer (monetären) Politikmaßnahmen	– Volkswirtschaftlicher Kreislauf der Entstehung und Verwendung von Gütern wird nicht abgebildet
Verhalten: Hemmnisse Präferenzen	–/+ teilweise über Nachfrageelastizitäten	– unterstellt wird vollkommen rationales Verhalten
Strukturwandel: Intrasektoraler Strukturwandel Intersektoraler Strukturwandel	– nur teilweise bei Input-Output-Modellen enthalten	+ unterschiedliche Entwicklung der Subsektoren
Kosten der CO_2-Minderung:	\$200-500/tC	\$20-200/tC

3. Beschreiben Sie (mindestens vier) verschiedenen Arten von Modellen (Kapitel 2.2). Nach welchen Merkmalen können Energiemodelle unterschieden werden? (Kap. 2.1) *(Energiemodell2 2-1ff)*

ARTEN VON MODELLEN:
• Simulationsmodelle: versuchen „ nur“ die Wirklichkeit abzubilden
• Analysemodelle: versuchen Parametereinfluß herauszufiltern (Einkommen, Klima, Personenzahl ...)
• Optimierungsmodelle: Sollen steuernde Eingriffe im Sinne einer Zielfunktion analysieren
• Szenarienmodelle: sollen Bandbreiten, mögliche Entwicklungen für die Zukunft darstellen
• Prognosen: Sollen die Zukunft voraussagen

MERKMALE VON MODELLEN
• Statisches versus dynamisches Modell:

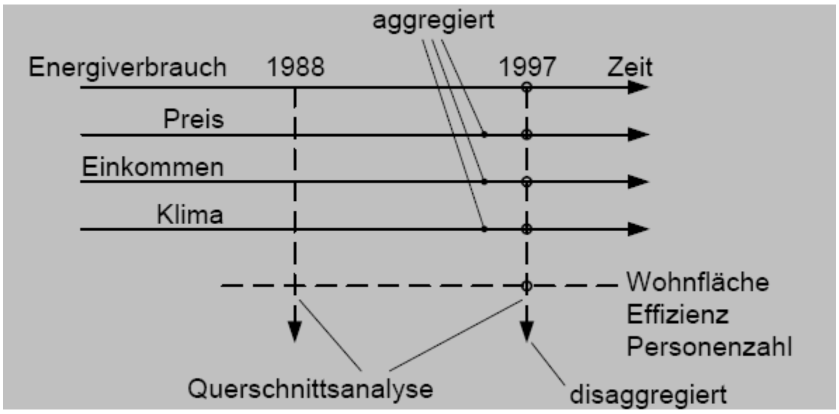
Ohne Zeit

Zeitlicher Einfluß
Zeit spielt eine große Rolle

• Querschnitts – versus Zeitreihenanalysen

(QSA)
Stichprobe ÖSTAT
(z. B. 30000 Haushalte 1997)

(ZRA)
z.B. Zeitraum 1970 – 1997
(z.B. Energy Balances)



• Aggregiert versus

Disaggregiert

Verteilung über verschiedene statistische Größen (z.B. Standardabweichung)

Verteilung im Detail bekannt

• Technische Modelle (Bottom – up) (disaggregiert)
• Ökonomische Modelle (Top – down) (aggregiert)
• Ge“poolte“ Modelle: verbinden QSA mit ZRA
Ermöglichen auch internationale Querschnittvergleiche (IEA: Cross- Country Comparisons)

4. In welchen grundsätzlichen Aspekten unterscheiden sich Zeitreihen- und Querschnittsanalysen? *(Energiemodelle 3-13ff)*

Im Gegensatz zu Zeitreihenanalysen werden für Querschnittsanalysen disaggregierte Daten verwendet, die sich meist auf einen bestimmten Zeitpunkt, z.B. ein Jahr, beziehen. Das können z.B. Daten aus Mikrozensuserhebungen sein. Aufgrund der Tatsache, dass es sich dabei um Daten einzelner Verbraucher mit ganz bestimmten individuellen Merkmalen handelt, können –falls erhoben – eben auch diese anderen Merkmale in die Analysen miteinbezogen werden.
Durch Berücksichtigung verschiedener (langfristiger) Strukturparameter ist ebenfalls möglich, kurz- und langfristige Effekte herauszufiltern. Darüber hinaus erlaubt dieser Ansatz die Untersuchung bestimmter Muster von Verbrauchertypen und des Einflusses verschiedener Parameterkategorien (wirtschaftlich, technisch, strukturiell, verhaltensmäßig) und damit auch z.B. Analysen der Reaktion des Energieverbrauchsverhaltens auf Energiesparmaßnahmen.

5. Beschreiben Sie grundsätzlich, wie bei der Erstellung von ökonometrischen Modellen die Energienachfrage basierend auf Zeitreihenanalysen modelliert wird. *(Energiemodelle 3-8ff)*

Die Basis für Analysen ist die Beschreibung des Energieverbrauchs durch Preise, Einkommen und mögliche zusätzliche Parameter bzw. Verzögerungen mit Hilfe des Ansatzes einer sog. Produktionsfunktion. Die Ausgangsüberlegung dazu ist, dass es langfristig in Abhängigkeit von Preisen, Einkommen und möglichen anderen Einflussparametern einen Gleichgewichtszustand gibt.

$$E_\infty = f(p_E, Y, x_i, t)$$

Mit der Gleichgewichtslage E_∞ und den sonstigen Parametern x_i. Der einfachste Schätzansatz berücksichtigt nur die Abhängigkeit des Einkommens:

$$E_t = K \cdot Y_t^B$$

Mit der Konstanten K, dem Energieverbrauch E_t im Jahr t, dem Einkommen (z.B. BIP) Y_t und der (langfristigen) Einkommenselastizität B. Der Ansatz unter zusätzlicher Berücksichtigung des Preises lautet:

$$E_t = K \cdot p_t^A \cdot Y_t^B$$

Mit der (langfristigen) Preiselastizität A. Der Ansatz lässt sich auch in der für Regressionsanalysen bequemeren logarithmischen Form schreiben:

$$\ln E_t = C + A \ln p_t + B \ln Y_t$$

Dieser Modellansatz kann auf zwei unterschiedliche Arten von Analysen angewendet werden, nämlich die **Querschnittsanalyse** und die **Zeitreihenanalyse**.

Es wird nun die Zeitreihenanalyse genauer betrachtet. Aufgrund der Trägheit der laufenden Energienachfrage repräsentieren jedoch die jährlichen Beobachtungen keine Realisierung der Gleichgewichtsnachfrage. Denn die Änderung der Nachfrage verlangt die langfristige Anpassung der Technologie und/oder des Verhaltens.

$$\frac{d\ln E(t)}{dt} = \frac{1}{\lambda}[\ln E_{\infty} - \ln E(t)]$$

Bei diesem Ansatz gehen wir davon aus, dass es einen Gleichgewichtszustand gibt. Wenn sich Preise und/oder Einkommen ändern, dann tritt mit einer bestimmten Geschwindigkeit λ eine Anpassung ein. Dieses λ wird i.A. von der verzögerten abhängigen Variablen ermittelt und als Koyk´scher Lag bezeichnet.

Der Schätzansatz unter Einbeziehung des Lag und des Preises lautet:

$$E_t = K \cdot p_t^{\alpha} \cdot Y_t^{\beta} \cdot E_{t-1}^{\lambda} \qquad \text{bzw.} \qquad \ln(E_t) = C + \alpha \ln(p_t) + \beta \ln(Y_t) + \lambda \ln(E_{t-1})$$

wobei:

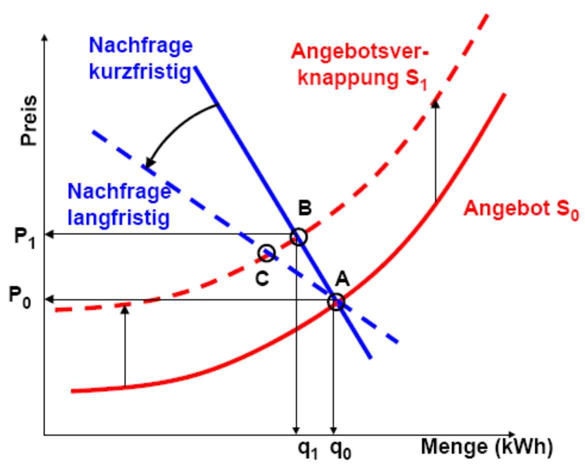
C = ln (K)	Konstante
λ	Lag

Der Parameter λ gibt also die zeitliche Verzögerung der Anpassung der tatsächlichen Energienachfrage an den unterstellten langfristigen Gleichgewichtszustand an.

Eine weitere Möglichkeit das Grundmodell zu verbessern, ist die Berücksichtigung eines autonomen zeitlichen Trends. Ist dieser Trend negativ, dann heißt das, dass es über die Zeit automatisch eine gewisse technische Effizienzverbesserung gibt. Das modifizierte Modell lautet dann: $\ln(E_t) = C + \alpha \ln(p_t) + \beta \ln(Y_t) + \Theta t$, Θ ...Trend

Mit Hilfe des Lag ist es nun auch möglich zwischen kurz und langfristigen Elastizitäten zu unterscheiden. Die langfristigen Elastizitäten ergeben sich aus den kurzfristigen wie folgt:

$$A = \frac{\alpha}{1-\lambda} \qquad B = \frac{\beta}{1-\lambda}$$



6. Beschreiben Sie grundsätzlich, wie bei der Erstellung von ökonometrischen Modellen die Energienachfrage basierend auf Querschnittsanalysen modelliert wird. *(Energiemodelle 3-15ff)*

Wir verwenden dazu das Basismodell (siehe Frage 5).

$$E_t = C \cdot p_t^{\alpha} \cdot Y_t^{\beta} \ldots N^{\eta}$$

Ein allgemeines Modell für Querschnittsanalysen mit Dummy-Variablen hat die Form:

$$E = e^{(k + aD_1 + bD_2 + \ldots + nD_x)} A^{\alpha} \cdot B^{\beta} \ldots N^{\eta}$$

wobei E den Energieverbrauch, k eine Konstante, $D_1 \ldots D_x$ Schaltvariablen (binäre Variablen; z.B. =1 für Einfamilienhaus, =0 für Mehrfamilienhaus), a...n die Koeffizienten dieser Variablen, A...N kontinuierliche Variablen (z.B. Wohnfläche) und α...η die Koeffizienten der kontinuierlichen Variablen darstellen. Der Ansatz ist in der Form der oben dargestellten Produktionsfunktion mittels linearer Regression nicht lösbar und wird aus diesem Grund wiederum logarithmiert:

$$\ln(E) = k + aD_1 + bD_2 + \ldots + nD_x + \alpha \ln(A) + \beta \ln(B) + \ldots + \eta \ln(N)$$

Ein Modell mit ökonomischen und Strukturparametern beschreibt folgende Gleichung:

$$E_X = kp^{\alpha} Y^{\beta} Z_{D/B}^{\ \varepsilon} A^{\varphi} Z_p^{\ \mu}$$

A	Wohnfläche (m^2)
$Z_{D/B}$	Anzahl der Wohnungen im Gebäude
Z_p	Anzahl der Personen pro Haushalt

Das ökonomische Struktur-Dummy-Modell:

$$E = ke^{(aD_1 + bD_2)} p^{\alpha} \cdot Y^{\beta}$$

P	Spezifischer Energiepreis (€/kWh)
Y	Haushaltsmonatsnettoeinkommen
D1	Dummy Einfamilienhaus=1; Mehrfamilienhaus=0
D2	Dummy Zentralheizungssystem=1; kein Zentralheizungssystem=0;
a, b	Koeffizienten

Das ökonomisch-technische Modell:

$$E_X = kp^{\alpha} Y^{\beta} q_0^{\ \nu} \eta^{\ \pi}$$

q_0	Spezifische Heizlast nach ÖNORM 8135 (W/m^2K)
η	Effizienz des Heizsystems

Das ökonomische Verhaltensmodell:

$$E_X = kp^{\alpha} Y^{\beta} T_i^{\lambda}$$

T_i Innentemperaturniveau

(1..6; “1”≤15◦C<“2”≤17,5 ◦C <”3”≤20 ◦C <”4”≤22,5 ◦C <”5”≤25 ◦C <”6”)

Diese Gleichungen können nun logarithmiert und dann einer Regressionsanalyse unterzogen und die Konstante sowie alle weiteren Koeffizienten bestimmt werden.

Die Qualität von Modellen bei Querschnittsanalysen ist generell schlechter als bei Zeitreihenanalysen. (Die Störgrößen kompensieren sich weniger, einmalige Ereignisse verfälschen die Daten)

7. Welche Größen beschreiben die Qualität der statistischen Schätzung einzelner Parameter und welche die Qualität der Schätzung eines Gesamtmodells? Welche Probleme können praktisch bei solchen Schätzungen auftreten? *(Energiemodelle 3-6 bis 3-8; 3-12; 3-26)*

a) Qualität einzelner Parameter (3-6 bis 3-8; 3-12):
t-Statistik…ob ein Koeffizient signifikant unterschiedlich von 0 ist, wenn > 1,96 dann hat der einzelne Koeffizient mit 95% Wahrscheinlichkeit einen signifikanten Einfluss;

$$t-Statistik=\frac{\mu}{s}=\frac{\text{Mittelwert}}{\text{Standardabweichung}}$$

F-Test, DW(Durbin Watson), Durbin h … für Schätzungen mit Lag

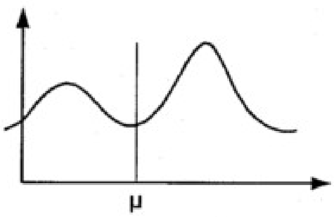
Gesamtmodell: Summe der Fehlerquadrate, Standardabweichung

b) Probleme bei Schätzungen (3-26)

- Multikollinearität

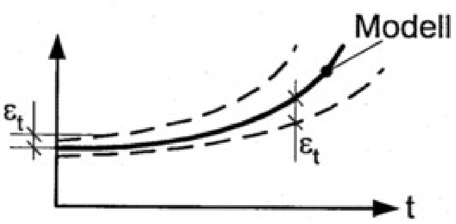
E = f(c,x,y) und y = f(x), Zufallsergebnis für x und y sowie für die zugehörigen Teststatistiken;

- Nichtnormalität

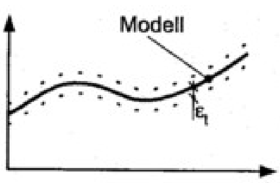


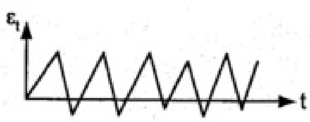
→ unterschiedliche statistische Tests, die analysieren, ob die Abweichung noch erträglich ist, oder nicht.

- Heteroskedisdizität

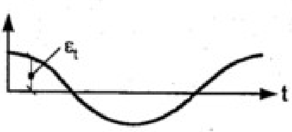


- Serielle Korrelation





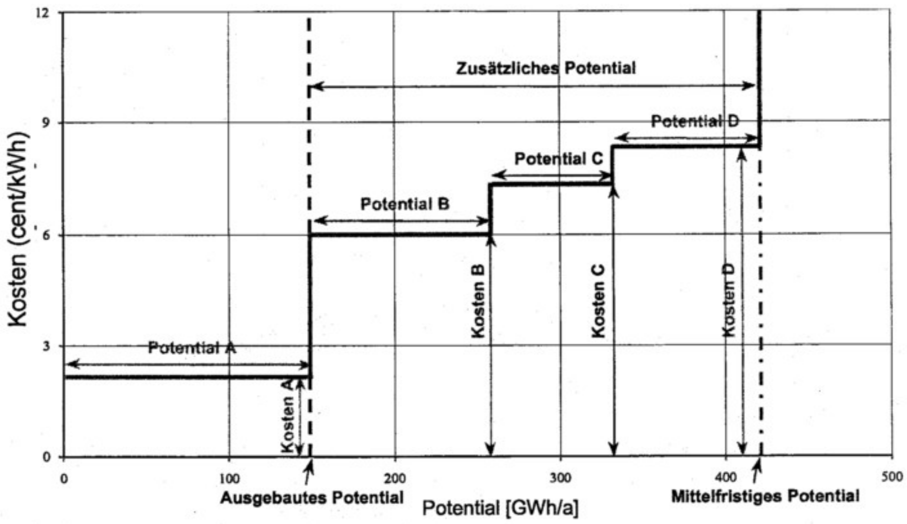
→ keine serielle Korrelation! → O.K.



→ $\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1}$ → serielle Korrelation vorhanden!

8. Erläutern Sie das Grundprinzip einer statischen Kostenkurve zur Bewertung der Potenziale erneuerbarer Energieträger. *(Energiemodelle 5-10 bis 5-13)*

a) Die statische Kostenkurve stellt den Zusammenhang der Grenzkosten der Erzeugung(cent/kWh) und der kumulierten Erzeugungsmenge eines Energieträgers pro Jahr(GWh/a) dar. Der Begriff statisch bedeutet in diesem Fall, dass die Daten auf ein bestimmtes Jahr bezogen werden(keine zeitabhängigkeit). Die Potentiale werden nach steigenden Kosten eingetragen.



Das Potential A ist gleichbedeutend mit der Erzeugung der installierten Leistung = existierende(und teilweise auch abgeschriebene) Kraftwerke, die Kosten sind hier die kurzfristigen Grenzkosten(laufenden Kosten)

Potential B-D mit Investitionskosten(da sie erst gebaut werden müssen) = langfristige Grenzkosten

Alle zusammen = Mittelfristiges Potential, alle Kosten aus derzeitiger Sicht, keine Steuern und keine Subventionen berücksichtigt

b) Unterschied zwischen statischen und dynamischen Kostenkurven: Bei dynamischen Kostenkurven wird unter anderem die Abhängigkeit der Kosten von der bereits installierten Kapazität berücksichtigt(Learning curve). Dazu wird die aktuelle statische Kostenkurve mit der Learning curve verknüpft und es resultiert ein dynamischer Verlauf der von der installierten Leistung abhängt.

9. Beschreiben Sie warum technologisches Lernen eine wichtige Rolle bei der Energieplanung spielt. *(laut Naki steht die Frage in Zusammenhang mit MESSAGE)*

Da sich mit dem Technologischen Lernen die Kosten für die einzelnen Technologien mit der installierten Leistung(und damit auch mit der Zeit) verändern, und sich so auf die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Technologien auswirkt, hat sie einen großen Einfluss auf die Energieplanung. Besonderst bei jenen Technologien die sich noch in der Anfangsphase befinden kann mit dem Wissen über die „Learning curve“ der Verlauf der Kosten der Energieerzeugung(und der installierten Leistung) abgeschätzt werden. Die daraus gewonnene Information kann dann z.B. für die folgende Fragestellung verwendet werden: „Wie lange müsste Solarenergie gefördert werden, bis die Kosten so niedrig sind, dass sie ohne Förderung eingesetzt werden?“

10. Beschreiben Sie das Grundprinzip der Annuitätenmethode. Welche quantitative Größenordnung haben Annuitätsfaktoren? *(Energieökonomie 2-11, 2-13, 2-22; Energiemodelle 5-7ff)*

a) Aus der Barwertmethode wird die Annuitätenmethode abgeleitet. Es werden dabei die durchschnittlichen Jahreskosten ermittelt, die sich für die Nutzungsdauer der Investition unter Berücksichtigung des Kalkulationszinsfusses und der jeweiligen Preissteigerungsraten ergeben.

Abschreibung und Zinsen werden Annuität genannt und als gleichbleibende Zahlungen *A* angesetzt.

$$\alpha = \frac{z \cdot (1+z)^{LD}}{(1+z)^{LD} - 1}$$

z: Zinssatz [%]
LD: Lebensdauer [a]

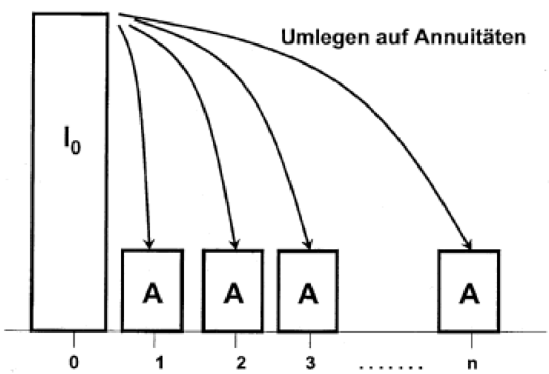
$A = \alpha * I_0$

I_0 …Investitionskosten zum Zeitpunkt 0, α = Annuitätenfaktor, A…Annuität

jährlichen Kosten $K = A + k_b + k_e$

k_b…..jährliche Betriebskosten, k_e…..jährliche Energiekosten

Die Annuitätenmethode ist für Probleme in der Energiewirtschaft bestens geeignet und hat sich vorallem dort durchgesetzt, wo größere Investitionsentscheidungen anfallen.



b) α = ca. 0,1 ….(0,08 für 20-50Jahre und 5-10Prozent) für Kraftwerke (für alles andere kann er sich natürlich schon in bisschen weitere Grenzen bewegen, siehe zb. Energiesparlampe Bsp.:13)

11.

hier: Lastfaktor = Verhältnis von Einsatzstunden des Kraftwerks pro Jahr zu 8760h

fehlende Energie = $100MWa - 120MW * 0,7a = 16MWa$

erforderliche Kapazität = $16MWa * \frac{1}{0,2a} = 80MW$

Es müssten Gasturbinen mit einer Leistung von 80MW gebaut werden, da sie ja nur $\frac{1}{5}$ der Zeit genutzt werden (lt.Angabe).

bez. Lastfaktor siehe 5-9

12.

$k = k_{fix} + k_{var}$

$$k_{fix} = \frac{I_0 * \alpha}{Volllaststunden} = \frac{600\frac{euro}{kW} * 0,1 * \frac{1}{a}}{6000\frac{h}{a}} = 0,01\frac{euro}{kWh} = 1\frac{cent}{kWh} \tag{1}$$

$$k_{var} = \frac{preis}{Heizwert * \eta} = \frac{10\frac{cent}{m^3}}{10\frac{kWh}{m^3} * 0,5} = 2\frac{cent}{kWh} \tag{2}$$

$k = 1\frac{cent}{kWh} + 2\frac{cent}{kWh} = 3\frac{cent}{kWh}$

13.

$$\alpha = \frac{r*(1+r)^{LD}}{(1+r)^{LD}-1} = \frac{0,05*(1+0,05)^{20}}{(1+0,05)^{20}-1} = 0,08 \tag{3}$$

Kraftwerk:

$$k_{fix} = \frac{I_0 * \alpha}{Volllaststunden} = \frac{1400\frac{euro}{kW} * 0,08\frac{1}{a}}{7000\frac{h}{a}} = 0,016\frac{euro}{kWh} = 1,6\frac{cent}{kWh} \tag{4}$$

$$k_{var} = \frac{preis}{Heizwert * \eta} = \frac{0,1\frac{euro}{kg}}{7,6\frac{kWh}{kg} * 0,38} = 0,035\frac{euro}{kWh} = 3,5\frac{cent}{kWh} \tag{5}$$

$$k_{kraftwerk} = 1,6\frac{cent}{kWh} + 3,5\frac{cent}{kWh} = 5,1\frac{cent}{kWh} \tag{6}$$

Leitung:

$$k_{uebertragung} = 5\frac{cent}{kWh} \tag{7}$$

Lampe:

$$LD = \frac{Lebensdauer[h]}{Volllaststunden} = \frac{12000h}{2000\frac{h}{a}} = 6a \tag{8}$$

$$\alpha = \frac{r*(1+r)^{LD}}{(1+r)^{LD}-1} = \frac{0,05*(1+0,05)^{6}}{(1+0,05)^{6}-1} = 0,197 \tag{9}$$

$$I_0 = \frac{Anschaffungskosten}{Leistung} = \frac{10euro}{20W} = 0,5\frac{euro}{W} \tag{10}$$

$$k_{fix} = \frac{I_0 * \alpha}{Volllaststunden} = \frac{0,5\frac{euro}{W} * 0,197\frac{1}{a}}{2000\frac{h}{a}} = 49 * 10^{-6}\frac{euro}{Wh} = 4,9\frac{cent}{kWh} \tag{11}$$

$$k_{var} = k_{kraftwerk} + k_{leitung} = 5,1 + 5 = 10,1\frac{cent}{kWh} \tag{12}$$

$$k_{var} = k_{kraftwerk} + k_{leitung} = 5,1 + 5 = 10,1\frac{cent}{kWh} \tag{13}$$

$$k_{ges} = k_{fix} + k_{var} = 4,9 + 10,1 = 15\frac{cent}{kWh} \tag{14}$$

$$K_J = k_{ges} * Leistung * Volllaststunden = 15\frac{cent}{kWh} * 20W * 2000\frac{h}{a} = 6\frac{euro}{a} \tag{15}$$

Die Energiedienstleistung Beleuchtung kostet $6\frac{euro}{a}$.

14. Bestimme den Kohlepreis, bei welchem Solarstrom billiger ist als Kohlestrom.
(Energieökonomie 2-15)

$$\alpha=\frac{z\cdot(1+z)^{LD}}{(1+z)^{LD}-1}=\frac{0{,}05\cdot(1+0{,}05)^{20}}{(1+0{,}05)^{20}-1}=0{,}08$$

$$k_{PV}=\frac{4500\,€/kW\cdot 100\cdot 0{,}08}{3000\text{h}}=12\,cent/kWh$$

$$k_{Kohle}=k_{PV}=\frac{1400\,€/kW\cdot 100\cdot 0{,}08}{7000\text{h}}+\frac{p_B\,€/kg\cdot 100}{7{,}6\,kWh/kg\cdot 0{,}38}+5\,cent/kWh=12\,cent/kWh$$

$$1{,}6\,cent/kWh+\frac{p_B\,€/kg\cdot 100}{7{,}6\,kWh/kg\cdot 0{,}38}+5\,cent/kWh=12\,cent/kWh$$

$$\Rightarrow p_B=(12-5-1{,}6)\,cent/kWh\cdot 7{,}6\,kWh/kg\cdot\frac{0{,}38}{100}=0{,}156\,€/kg$$

15. Kosten der Energiekette für 100W Glühbirne ermitteln. *(Energiemodelle 4-4ff)*

$$\alpha_{\text{GasTurbine}}=\frac{z\cdot(1+z)^{LD}}{(1+z)^{LD}-1}=\frac{0{,}07\cdot(1+0{,}07)^{20}}{(1+0{,}07)^{20}-1}=0{,}094$$

$$\alpha_{\text{GlühBirne}}=\frac{z\cdot(1+z)^{LD}}{(1+z)^{LD}-1}=\frac{0{,}07\cdot(1+0{,}07)^{0,5}}{(1+0{,}07)^{0,5}-1}=2{,}1047$$

$$k_{\text{GT}}=\frac{550\,€/kW\cdot 100\cdot 0{,}094}{6000\text{h}}+7{,}2\,cent/kWh=8\,cent/kWh$$

$$k_{GB}=\frac{\frac{0{,}9\,€}{0{,}1\,kW}\cdot 100\cdot 2{,}1047}{2000\text{h}}=0{,}947\,cent/kWh$$

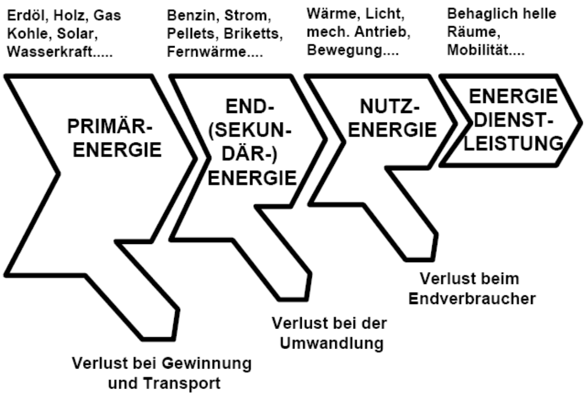
$$k_{Gesamt}=k_{\text{GT}}+k_{Netz}+k_{GB}=8\,cent/kWh+5\,cent/kWh+0{,}947\,cent/kWh=13{,}947\,cent/kWh$$

$$K_j=k_{Gesamt}*Leistung*Einsatzstunden=13{,}947\,cent/kWh\cdot 100\text{W}\cdot 2000\,€/a=27{,}894\,€/a$$

$$\eta_{Gesamt}=\eta_{\text{GT}}\cdot\eta_{Netz}\cdot\eta_{GB}=0{,}35\cdot 0{,}96\cdot 0{,}04=0{,}01344\rightarrow 1{,}344\,\%$$

16. Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen Energiebereitstellung und Energiedienstleistungen. *(Energiemodelle 4-1ff)*

Nur in seltenen Fällen steht Energie in transienter Form zur Verfügung, zB Wasserkraft (Wassermühlen), Wind (Segelschiff), sodass direkt mit einer Anwendungstechnologie eine Energiedienstleistung bereit gestellt werden kann. In den meisten Fällen kann die Primärenergie erst nach einer oder mehreren Umwandlungstechnologien genutzt werden. Dies führt zum Begriff der Energieumwandlungsketten, ausgehend von der verfügbaren Primärenergie (Öl, Gas,…) und der Nachfrage nach Endenergie, ist nun die Frage wie viel letztendlich wirklich nutzbar ist. Da in der langen Kette von der Primärenergie zur Energiedienstleistung Verluste auftreten, welche von den Effizienzen η(T) der einzelnen Umwandlungstechnologien abhängen.



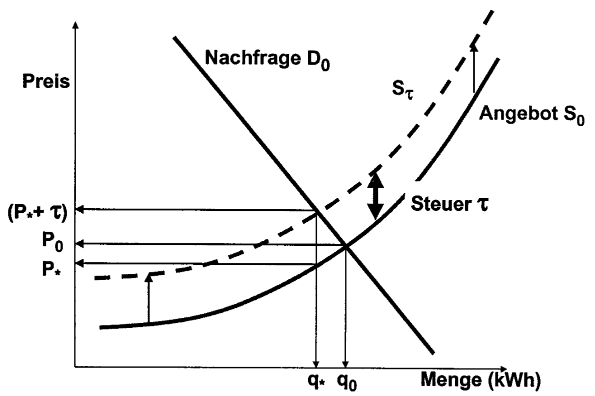
17. Welche Möglichkeiten für energiepolitische Eingriffe kennen Sie?

(Energiemodelle 10-2ff; Energieökonomie Frage 43)

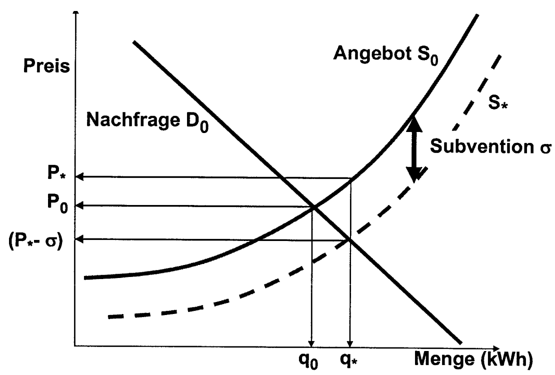
- <u>Subventionen / finanzielle Förderungen</u>
  sowohl für Investitionen als auch zur Primärenergieförderung und für energieeffiziente Technologien
- <u>Umweltsteuern</u>
  Sollen je nach Umweltbelastung die externen Kosten, die verschiedene Energieträger verursachen, in den Energiepreisen wiederspiegeln;
- <u>Standards / Normen</u>
  Sollen bestimmte technisch mögliche Effizienzen gewährleisten, die aufgrund von niedrigen Energiepreisen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht installiert würden.
- <u>Regulierung</u>
  Die historisch dominierte Form der energiepolitischen Intervention ist jene der staatlichen Regulierung.
  Das zentrale Motiv für staatliche Regulierung ist aber zumindest seit Ende des 19. Jh. Die Vermeidung von überhöhten oder anders ausgedrückt, die Gewährleistung sozial gerechter Preise.
- <u>Handelbare Emissionsrechte</u>
  Sollen dazu dienen, Schadstoff- oder Treibhausgasemissionen national oder international ökonomisch möglichst effizient zu reduzieren.
- <u>Reglementierte Einspeisetarife</u>
  Spielen vor allem zur Förderung erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung eine wichtige Rolle
- <u>Staatliche Interventionen</u>
- <u>Information / Beratung</u>
- <u>Lagerung</u>

18. Erläutern Sie graphisch den prinzipiellen Unterschied der Wirkung von Steuern und Subventionen? *(Energieökonomie Frage 44)*

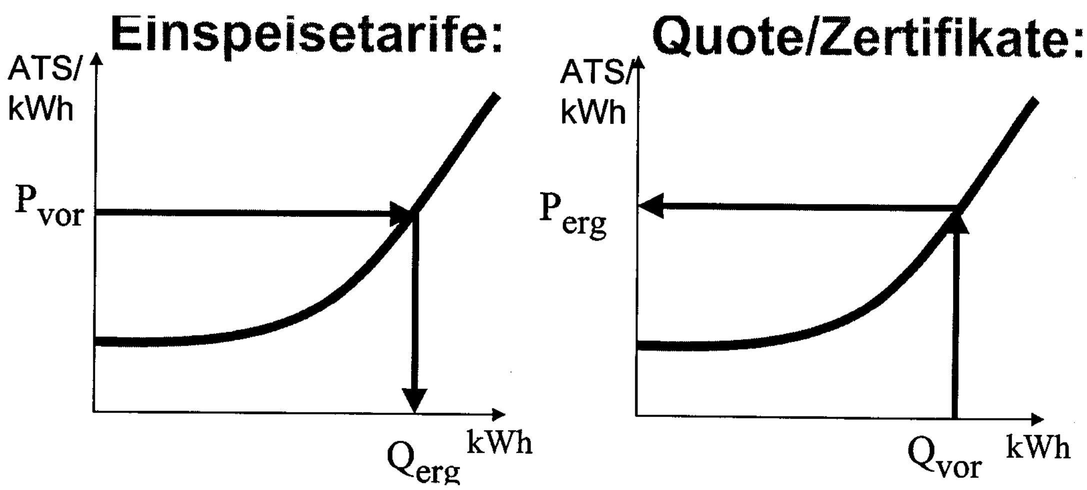
Steuern



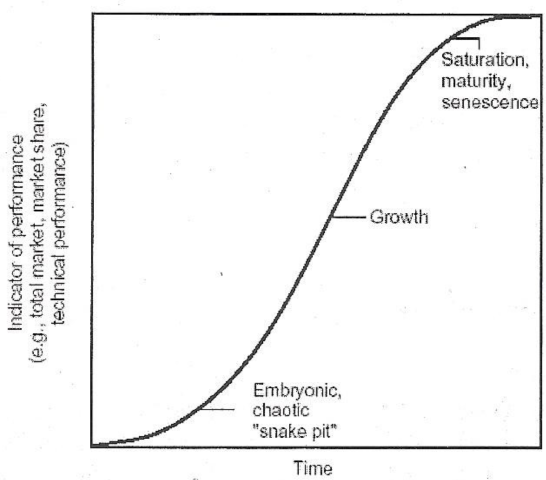
Subventionen



19. Beschreiben Sie graphisch den prinzipiellen Unterschied zwischen Einspeisetarifen und Quoten mit Handelbaren Zertifikaten zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern. *(Energieökonomie Frage 45)*



20. Beschreiben sie (zumindest) 3 Phasen der technologischen Lebenszyklen!
(Energiemodelle 6-1ff; Energieökonomie Frage 11)



Einführung: niedriges Produktionsvolumen und Marktanteil
Viele Firmen versuchen in den Markt zu kommen.
Kosten sind nebensächlich
Lerneffekte und Verbesserungen nur aus Forschung und Entwicklung (R&D)

Wachstum: Beginn der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Produktion
Reduktion des Risikos für neu Einsteiger
Fallende Kosten und Preise führen zu schnellem Marktwachstum
Anzahl der Erzeuger sinkt (kleinen Firmen gehen bankrott oder werden aufgekauft)

Sättigung: Wettbewerb reduziert sich auf Kostensenkung -> mechanisierung und Automatisierung!

21. Welche drei Wachstumsmodelle wurden in der Vorlesung vorgestellt? Beschreiben Sie ihre wesentlichen Eigenschaften, Unterscheidungsmerkmale, Anwendungsgebiete, und die dazugehörigen Gleichungen. *(Energiemodelle 6-12ff)*

1. Exponentielles Wachstum

   Sehr einfaches Modell. Die Änderung der Größe über der Zeit ist proportional zu Größe.

   $$Formulierung: \frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N \qquad Lösung: N(t) = \beta \cdot e^{\alpha \cdot t}$$

   Problem: exponentielles Wachstum setzt unbegrenzte Ressourcen voraus, kann nicht ewig andauern wenn es sich um materielle Größen handelt. Irgendwann stößt System an Wachstumsgrenze.

2. Logistisches Wachstum

   Aus exponentiellem Wachstum durch Einführung eines Feedback Terms gewonnen.

   $$Formulierung: \frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{K}\right) \qquad Lösung: N(t) = \frac{K}{1 + e^{-\alpha \cdot (t - \beta)}}$$

   Für Anfangsphase ist das exponentielle Wachstum eine brauchbare Näherung.

3. Lotka-Volterra Modell

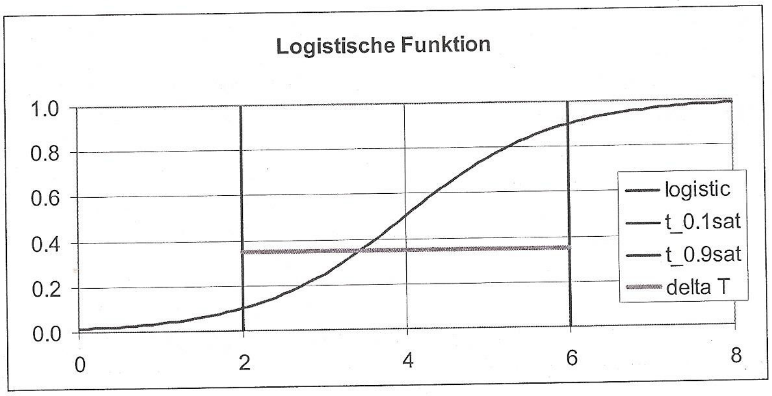
   Beispiel für komplexere Wachstumsmodelle.
   Mit solchen Modellen kann zB. Jäger-/Beute Populationen mit zyklischem Verhalten beschrieben werden (Feldhasen, Füchse).

   $$Formulierung: \frac{dN_i}{dt} = \alpha_i \cdot N_i - \frac{1}{\gamma_i} \sum_{j=1}^{n} \lambda_{ij} \cdot N_i \cdot N_j$$

22. Beschreiben Sie die Parameter des logistischen Wachstumsmodells und welche Eigenschaften des Diffusionsprozesses diese bestimmen. Erstellen sie eine Skizze des Diffusionsprozesses unter der Annahme spezifischer Parameter?
(Energiemodelle 6-13ff)

$$Formulierung: \frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{K}\right) \qquad Lösung: N(t) = \frac{K}{1 + e^{-\alpha \cdot (t - \beta)}}$$

K…Sättigungswert (saturation), gibt den maximal zu erreichenden Wert an
β… Umkehrpunkt (inflection) T_m, gibt den Zeitpunkt an, bei welchem die Tangente ihre Steigung ändert, bei 4 in Abb.
α…Steilheit (steepness) bzw. charakteristische Zeit ΔT, gibt an wie lange es dauert, bis Kurve von 10% bis 90% wächst. $\Delta T = \frac{\ln(81)}{\alpha}$



23. Was versteht man unter dem logistischen Substitutionsmodell? Beschreiben Sie die wichtigsten Eigenschaften des logistischen Substitutionsmodells und die Definition des Δt (charakteristische Zeit). *(Logistisches Substitutionsmodell, Nebojsa Nakicenovic und Peter Kolp, 14 April 2008, #42-43) (Kapitel 6; 6-15)*

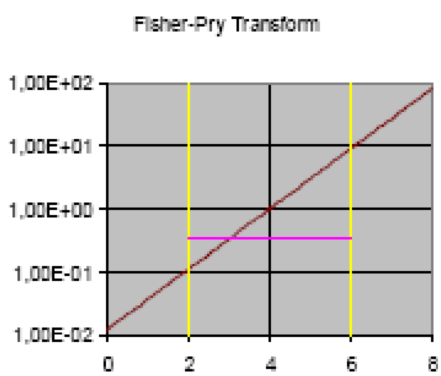
- Modell beschreibt die Marktanteile von Wettbewerbern bzw. wie sich Marktanteile bei mindestens 2 Marktteilnehmern ändern.
- Neue Technologien wachsen mit logistischer Rate; zu jedem Zeitpunkt befindet sich genau eine Technologie in der Sättigungsphase
- In der Sättigungsphase folgt eine Technologie einem nicht logistischen Pfad
- Niedergang erfolgt mit logistischer Rate ohne Einfluss neuer Technologien
- der ‚Life cycle' eines Marktteilnehmers besteht aus Wachstumsphase, Sättigungsphase und Niedergangsphase.
- Basierend auf einer Sigmoiden (S-förmigen Funktion); d.h. progressiv steigende Kurve- nach Erreichen eines Wendepunktes degressiv steigend bis Sättigung
- Das ΔT mit $\Delta T = \frac{\ln(81)}{\alpha}$ gibt an, wie lange es dauert bis die Funktion von 10% bis 90% ihres Sättigungswerts wächst.

24. Erklären Sie die Fisher-Pry Transformation und was diese im logistischen Substitutionsmodell darstellt. Warum ist sie bei der Parametersuche für das logistische Substitutionsmodell anwendbar? Skizzieren Sie eine logistische Funktion in Normaldarstellung und als Fisher-Pry Transformation. *(Kapitel 6; 6-15)*

Die logistischen Funktion *N(t)* wird in 2 Schritten transformiert:

- Normieren auf 1 (Dividieren durch Sättigungswert *K*): $F(t) = \dfrac{N(t)}{K}$
- $FP(t) = \left(\dfrac{F(t)}{1 - F(t)}\right)$
- d.h., in semi-logarithmischer Darstellung tritt logistische Funktion als Gerade auf

Weil Sättigung (K) bekannt, reduziert sich die Lösungssuche für den ‚best fit' auf eine lineare Regression. (Voraussetzung → K muss bekannt sein !)



25. Beschreiben Sie mindestens drei Anwendungsbereiche/-beispiele für die logistische Funktion (bzw. logistische Wachstumsprozesse). In welchen Wissenschaftsbereichen wurden/werden logistische Funktionen angewendet?

- ***1:*** Als Anwendungs- und Wissenschaftsbereich die Energiepolitik und Energiewirtschaft zur strategischen Entscheidungsfindung sowie zur Energiemodellierung und -analyse; zur Trendanalyse bzgl. Primärenergieträgern; zur Modellierung der Primär-, Sekundär-, End- und Energiedienstleistungsnachfrage. *(Kapitel 6)*
- ***2:*** Als Anwendungs- und Wissenschaftsbereich der Bereich des Verkehrs- und Transportwesens zur Untersuchung von z.B. Verkehrswachstum, Nutzungsverhalten, Infrastrukturveränderungen, Fahrzeugbestandsveränderungen. *(Kapitel 6)*
- ***3:*** Als Anwendungs- und Wissenschaftsbereich z.B. der Bereich Volks- und Betriebswirtschaft zur Modellierung von Produktlebenszyklen, Technologielebenszyklen und Nachfragelebenszyklen; zur Analyse von Zeitserien, Marktanteilen und Trendextrapolation. *(Kapitel 6)*

Wurde angewendet im Bereich Demographie (Bevölkerungswachstum), Biologie (Pflanzenwachstum) und Technologie. *(Kapitel 6; 6-16)*

26. Beschreiben Sie mindestens drei Anwendungsbeispiele für das logistische Substitutionsmodell.

- ***Bsp.1:*** Substitution von Segelschiffen (haben Markt ca. bis 1880 dominiert) durch Dampfschiffe (bis ca. 1920 90% der Handelsschifftonnage) und Dampfschiffe durch Motorschiffe (seit dessen Einführung um 1920 ständiges Wachstum). *(Kapitel 6; 6-9)*
- ***Bsp.2:*** Wettbewerb zwischen den 5 Primärenergieträgern; Sättigungsphase von Holz vor 1860; Sättigungsphase von Kohle ca. um 1920-1930; Nutzung von Erdöl seit ca. 1880 mit modellierter Sättigung um ca. 1975-1985; Nutzung von Erdgas seit ca. 1900 mit prognostizierter Sättigung um 2030; kontinuierlicher Anstieg der Kernenergienutzung seit ca. 1965 (bis auf ‚Anti-Atom Bewegung'). *(Kapitel 6; 6-11)*
- ***Bsp.3:*** Substitutionen in Fahrzeugbeständen: Pferde (Sättigung vor 1900) durch das Automobil mit Ablösezeitpunkt um ca. 1910; Substitution von Dampflokomotiven durch Diesel/ Elektrische Lokomotiven laut Model und Zeitreihe um ca. 1965. *(Kapitel 6; 6-8 und 6-9)*

27. Warum ist die *a priori* Bestimmung der zeitlichen Abfolge der Technologien (i.e., der einzelnen Substitutionsprozesse) bei der Anwendung der LSM-II Software wichtig? *(Logistisches Substitutionsmodell, Nebojsa Nakicenovic und Peter Kolp, 14 April 2008, #43-44)*

Die *a priori* Bestimmung bzw. ein Sortieren nach Sättigungsphase ist notwendig, da sich zu jedem Zeitpunkt genau eine Technologie in der Sättigungsphase befindet (notwendige Bedingung).

28. Welche Anforderungen waren Ausgangspunkt für die Entwicklung der LSM-II Software? *(Kapitel 6; 6-20)*

<u>Funktionale Anforderungen</u>

- Logistische Funktionen schätzen
- Logistische Substitutionsmodelle schätzen
- → d.h., die Analyse von Zeitreihen mit sigmoiden Trajektorien durch Parameterschätzung

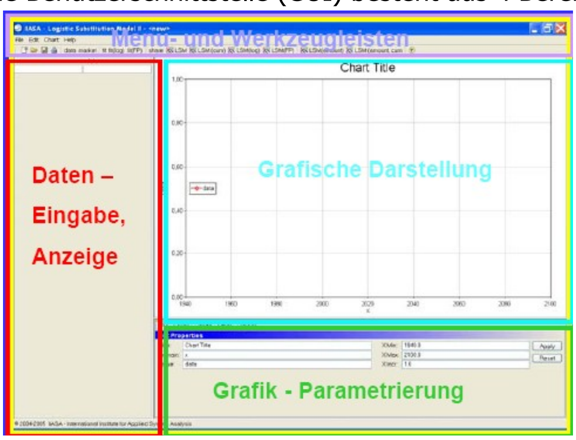
<u>Nichtfunktionale Anforderungen</u>

- Einfach zu verwenden
- Graphische Benutzeroberfläche
- Integration in (Microsoft) Desktopumgebung
- Einfach zu Portieren

+Portierung der mathematischen Methoden von Vorgängerversion

29. Beschreiben (Skizzieren) Sie die Struktur der Benutzerschnittstelle der LSM-II Software. *(Kapitel 6; 6-23)*

Die Benutzerschnittstelle (GUI) besteht aus 4 Bereichen:



- Menü und Werkzeugleiste
  a. Import mittels Copy/Paste-Menüs
  b. Auswahl der Darstellung (LSM, LSM-FP,…)
  c. Speichern (.wmf), Exportieren (Excel),…
- Dateneingabe und -anzeige
- Graphische Darstellung
- Parametrierungsbereich
  a. Reihenfolge der Serien anpassen
  b. Optional Szenarien einfügen,…

30. Beschreiben Sie die Anwendung der LSM-II Software beim erstellen eines logistischen Substitutionsmodells und der Einbindung der Grafik in beispielsweise ein Worddokument. (vgl. Übungsaufgabe zur Vorlesung: Daten als Exceldatei, Erstellen eines LSM mit Hilfe der Software, Einbinden der Ergebnisgrafik in die Ausarbeitung). ***(Energiemodelle 6-23 und Folien 6-81 bis 6-85)***

i. Datensatz in Excel öffnen, gewünschten rechteckigen Datenbereich in die Zwischenablage kopieren. Die erste Spalte wird als x-Werte interpretiert, die übrigen Spalten als y-Werte.
ii. Daten aus Zwischenablage in LSMII übernehmen (edit – paste).
iii. Anpassen des Darstellungsbereichs – Parametrierungsbereich/Plot.
iv. Titel, Achsenbeschriftungen eingeben – Parametrierungsbereich/Plot.
v. Eventuell Reihenfolge der Serien anpassen – Parametrierungsbereich/Series.
vi. Evtl. Serienbereiche für Schätzung einschränken – Parametrierungsbereich/LsmRanges.
vii. (Optional) Szenario – Serie(n) einfügen.
viii. Auswahl der Darstellung (LSM, LSM-FP,. . .) – Toolbar (oder Menü).
ix. Die Ergebnisse der Schätzung können bequem in die Zwischenablage exportiert werden (Menü – Edit – und dann copy Fitpar bzw. copy Lsmpar).
x. Grafik als WMF speichern (Menü – File – save Chart as. . .).
xi. WMF in Word importieren.

31. Beschreiben Sie die allgemeine Form eines linearen Optimierungsproblems (Maximierungsproblem, d.h. Primalproblem) und die dazu gehörigen Gleichungen. *(Energiemodelle 7-9)*

Frage bzw. Antwort ähnlich Frage 47!

Die allgemeine Form eines linearen Optimierungsproblems (für ein Maximierungsproblem) besteht aus:

- Zielfunktion: Zusammenhang für die Größe, die maximiert werden soll, z. B. Gewinn G maximieren:

$$\text{Max } G = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \cdots + p_n x_n \ ,$$

  mit Preisen p_i und (Produktions-) Mengen) x_i.

- Nebenbedingungen: Zu erfüllende Ungleichungen:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ \vdots \quad &\vdots \quad \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots a_{mn}x_n &\leq b_m \end{aligned}$$

a_{ji}, p_i, b_i reell.

- Nichtnegativitätsbedingungen: weitere, sinnvolle Einschränkung des Lösungsbereichs (es können z. B. keine negativen Mengen erzeugt werden!):

$$x_i \geq 0$$

  Das Problem kann auch in Matrixform formuliert werden:

$$\begin{aligned} \max G &= \mathbf{p}^T \mathbf{x} \ , \\ \mathbf{A}\mathbf{x} &= \mathbf{b} \ , \\ \mathbf{x} &\geq 0 \ , \end{aligned}$$

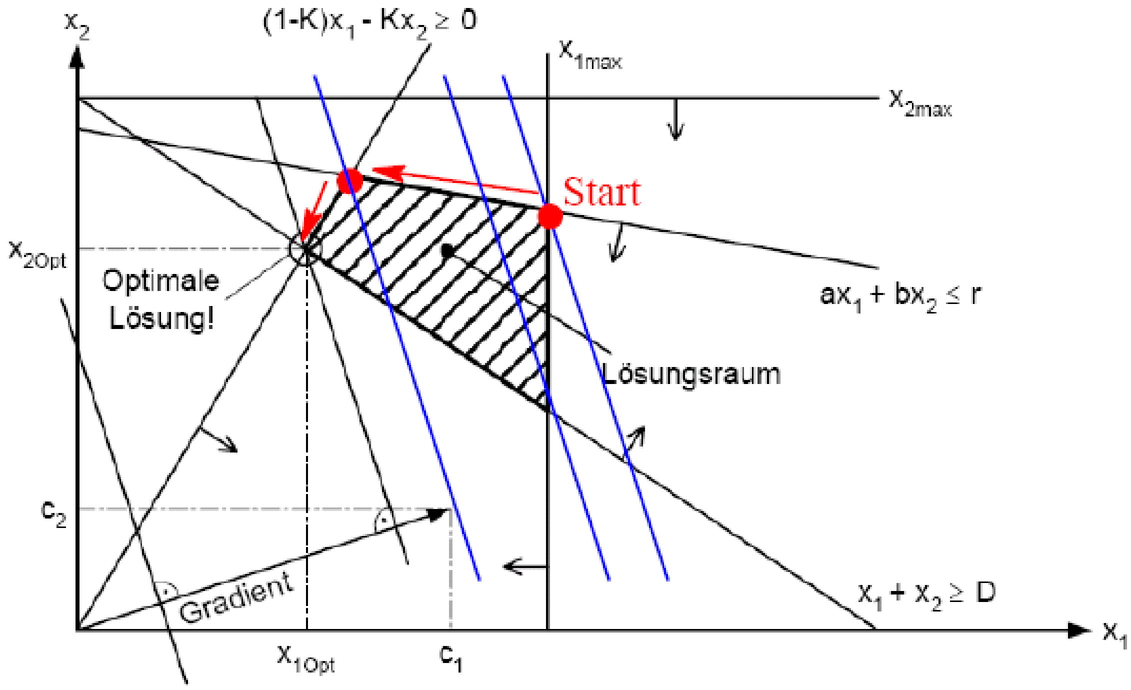
mit

$\mathbf{p}^T$	Zeilenvektor der Zielfunktionskoeffizienten
x	Vektor der Entscheidungsvariablen
A	m × n Koeffizienten- oder Technologiematrix
b	Vektor der Konstanten der rechten Seite

Ungleichungen der Form $\mathbf{A}`\mathbf{x} \leq \mathbf{b}$ können dann durch Einführung einer Schlupfvariablen **z** mittels $\mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{z} = \mathbf{b}$ eingeführt werden.

32. Professor George Bernard Dantzig verstarb am 13.Mai 2005. Als weltweit anerkannter Mathematiker entdeckte Prof. Dantzig zwei fundamentale statistische Theorien die heute sowohl in wirtschaftlichen als auch technischen Bereichen weit verbreitet sind. Weiters entwickelte er einen Algorithmus zur Lösung von Linearen Programmen. Wie wird dieser Algorithmus genant? Beschreiben Sie dessen grundlegende Eigenschaften und die prinzipielle Methodik der Lösungssuche. Wie findet der Algorithmus die optimale Lösung im theoretisch unendlichen Lösungsraum von Linearen Programmen. Skizzieren Sie den Algorithmus anhand eines simplen Beispiels mit 2 Variablen. *(Energiemodelle 7-12)*

Es handelt sich um den Simplex-Algorithmus. Jede der Restriktionen (= Nebenbedingungen und Nichtnegativitätsbedingungen) stellt eine n − 1-dimesionale Hyperebene dar und teilt den n-dimensionalen Lösungsraum des linearen Optimierungsproblems in Halbräume, wodurch als Lösungsraum schließlich ein Polyeder (= Vieleck) entsteht, dessen Ecken mögliche optimale Lösungen darstellen. Der Simplex-Algorithmus geht nun von einer (beliebigen) möglichen Lösung (= Ecke) aus und vergleicht die Zielfunktionswerte (= z. B. Kosten) der angrenzenden Ecken mit der aktuellen Lösung. Es wird zur Ecke mit dem niedrigsten Wert gewechselt und dort wieder mit den angrenzenden Ecken verglichen. Dies wird solange wiederholt, bis keine angrenzende Ecke einen niedrigeren Zielfunktionswert mehr aufweist, und somit die Lösung des Problems gefunden ist. Die folgende Abbildung zeigt graphisch den Ablauf: Es wird bei einem beliebigen Punkt gestartet. Die Werte der Zielfunktion in den einzelnen Ecken sind durch die Isoquanten (blaue, parallele Linien) gegeben. Je weiter die Isoquante vom Ursprung entfernt ist, desto höher ist der Wert. Die erste Iteration führt daher zur linken der beiden benachbarten 2 Ecken des Startpunkts. Nach der zweiten Iteration ist die optimale Lösung gefunden: Die Isoquante durch den Lösungspunkt liegt am nächsten zum Ursprung.



Ein Nachteil des Verfahrens ist allerdings, dass die Anzahl der Eckpunkte des Polyeders exponentiell mit der Anzahl der Entscheidungsvariablen wächst. Im ungünstigsten Fall steigt also die Zahl der durchzuführenden Iterationen ebenso exponentiell an.

33. Lösen Sie das folgende Lineare Programm graphisch. (*Energiemodelle 7-11)*

$$\begin{aligned}
&\text{Max } G = 2{,}5x_1 + 2x_2 \\
&x_1 + 2x_2 \leq 8000 \\
&3x_1 + 2x_2 \leq 9000 \\
&x_1 \geq 0,\ \ x_2 \geq 0
\end{aligned}$$

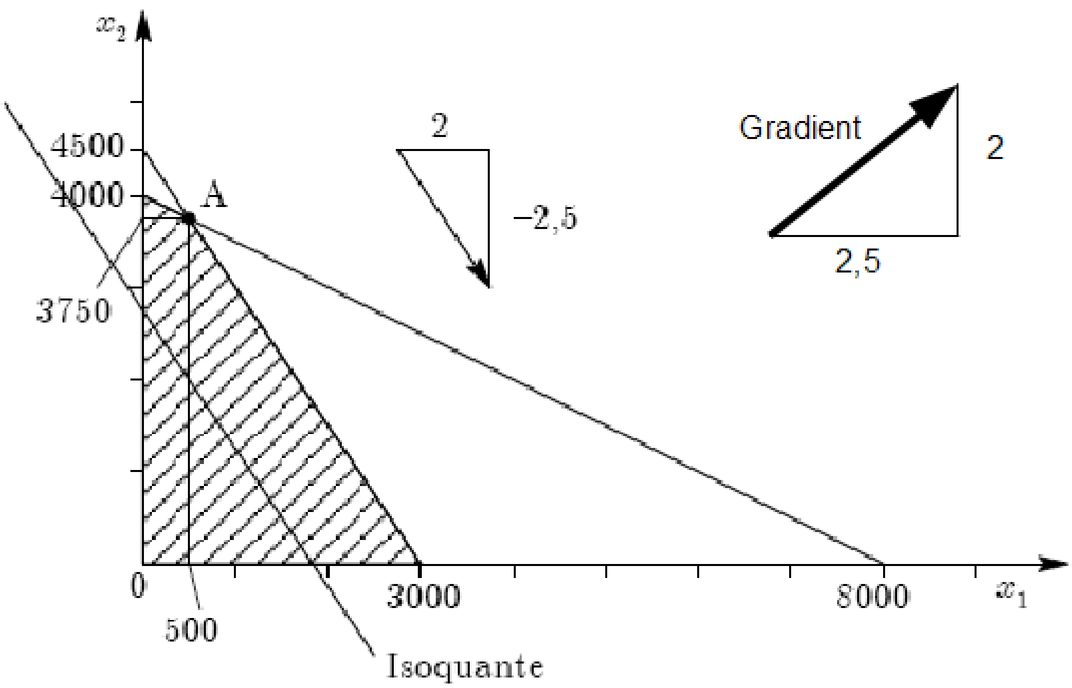
1. Die Nichtnegativitätsbedingungen ($x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$) schränken den Lösungsbereich auf den 1. Quadranten ein.
2. Weitere Einschränkung durch die zweite Gleichung. $x_{1,max}$ erhält man durch Setzen von $x_2 = 0$ zu $x_{1,max} = 8000$. Analog erhält man $x_{2,max} = 8000/2 = 4000$. Gerade durch diese Punkte ergibt die Schranke für den Lösungsraum.
3. Analoges Vorgehen für die dritte Gleichung führt auf $x_{1,max} = 9000/3 = 3000$ und $x_{2,max} = 9000/2 = 4500$. Gerade wieder einzeichnen.
4. Damit ist der Lösungsraum (schraffiert) festgelegt.
5. Die Isoquanten erhält man aus der ersten Gleichung über

$$x_2 = \frac{-2{,}5}{2} x_1 + const.\ ,$$

die Isoquanten haben also eine Steigung von $\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{-2{,}5}{2}$.

Einfacher: Gradient direkt aus Gewinnfunktion ablesen, alle Isoquanten (Isogewinnlinien) liegen normal auf den Gradienten.

6. Die optimale Lösung erhält man für diese Maximierungsproblem durch parallelverschieben der Isoquante in den vom Ursprung am weitesten entfernten Eckpunkt des Lösungsraum-Polygons. Dies ist der Punkt A mit den ablesbaren Lösungskoordinaten $x_1 = 500$ und $x_2 = 3750$. Der Gewinn ergibt sich damit zu $G = 2{,}5 \cdot 500 + 2 \cdot 3750 = 8750$.



34. Ein Energiesystem, welches aus Kohlekraftwerken (K), Gaskraftwerken (G) und Biomassekraftwerken (B) besteht. Formulieren Sie für ein LP-Problem eine Gleichung die einen Mindestanteil von 20% Erzeugung aus Biomassekraftwerken erzwingt. *(Energiemodelle Kapitel 7.5.10)*

Mit den Stromerzeugungsmengen x_K, x_G und x_B der einzelnen Kraftwerke erhält man:

$$\frac{x_\mathrm{B}}{x_\mathrm{ges}} = \frac{x_\mathrm{B}}{x_\mathrm{B} + x_\mathrm{K} + x_\mathrm{G}} \geq p = 0{,}2 \ .$$

Durch Umformen erhält man sofort die Nebenbedingung

$$(1-p)x_\mathrm{B} - p x_\mathrm{K} - p x_\mathrm{G} \geq 0 \ ,$$

bzw. mit Zahlenwerten

$$0{,}8 \cdot x_\mathrm{B} - 0{,}2 \cdot x_\mathrm{K} - 0{,}2 \cdot x_\mathrm{G} \geq 0 \ .$$

35. Beschreibe an Hand eines praktischen Beispiels warum es notwendig ist, Lastkurven in Energiemodellen zu verwenden.

z.B. Elektrizitätserzeugung Tag/Nacht bzw. Sommer/Winter: sowohl Verbrauch als auch Erzeugung sind hier unterschiedlich! Durch das Einbinden von Lastkurven wird die Darstellung von Energieverbrauch & Ausnutzung der Kraftwerke im Modell verbessert.

36. Beschreiben Sie was man unter dem Begriff Backstop-Technologie versteht.
(laut Google...)

Unter Backstop-Technologien versteht man Technologien die ab einem gewissen Preisniveau für Energierohstoffe zur Verfügung stehen und Technologien zur Nutzung erschöpfbarer Ressourcen vollkommen ersetzen können. Dabei wird angenommen das die Backstop-Technologie unerschöpflich ist und unbegrenzt zur Verfügung steht.

37. Für welche Art von Untersuchungen sind LP Modelle geeignet? Beschreiben Sie die typische Rolle einer Backstop-Technologie innerhalb eines LP Modells.

LP Modelle lassen sich häufig zur Lösung von Problemen einsetzen für die keine speziell entwickelten Lösungsverfahren bekannt sind. Beispielsweise bei der Planung von Verkehrs- oder Telekommunikationsnetzen oder in der Produktionsplanung.

Die Backstop-Technologie kann in einem LP Modell entweder als Platzhalter für eine nicht genau vorhersehbare technologische Revolution dienen (z.B. Durchbruch bei Fusionskraftwerken) oder als „obere Schranke“ für die Kosten des Modells. Wenn dann zum Beispiel gewisse Ressourcen zu teuer werden, ersetzt sie das Modell durch die Backstop-Technologie.

38. Wie kann man eine Technologie im GAMS-Energiemodell beschränken? Beschreiben Sie mindestens drei verschiedene Möglichkeiten.

Die 3 wichtigsten Arten der Beschränkung im GAMS-Energiemodell lauten:

- Vorgabe von Produktionsmengen als Schranken für eine Technologie, dabei sind Minimum und Maximum möglich, z.B „X.LO" – untere Grenze oder „X.UP" – obere Grenze. Es wird die produzierte Menge an Energie, die verbrauchten Ressourcen und dergleichen festgelegt.
- Durch Kosten sind weite Eingriffe zur Beschränkung möglich, auch können hier energiepolitische Maßnahmen wie Steuern oder Subventionen implementiert werden. (Einführung durch Kostenfunktion)
- Technologien können durch ein Limit für die Emissionen beschränkt werden, z.B. durch eine maximale Menge an CO_2-Emissionen. In abgewandelter Form können auch Zertifikatspreise festgelegt werden und bestimmte Technologien dadurch beeinflusst werden.

39. Beschreiben Sie die Haupt-Inputparameter zur Definition eines GAMS-Energiemodells, z.B. Österreichmodell

Das Modell besteht aus folgenden Teilen:

- Technologien (definiert durch installierte Leistung, Wirkungsgrad, Investitionskosten, fixe und variable Kosten, Verfügbarkeitsfaktor, Lebensdauer)
- Beschränkungen (obere/untere Schranken, Zusatzkosten)
- Nachfragen (jährliche Menge)
- Festlegung der Startwerte für die oben genannten Punkte (mittels X.FX(tech, year) =?)
- Kostenfunktion (TOTAL_COST) und dazugehöriges solver-Statement
(SOLVE <Modell> using LP minimize TOTAL_COST)

40. Welche Haupt-Fragestellungen können mit einem LP-Energiesystemmodell beantwortet werden?

Gleich wie 41?

LP gut weil:

(mathematisch) optimale Lösung (Vorsicht vor „Penny Switching" → instabile Lösung gegenüber minimalen Änderungen der Ausgangsannahmen)

Effiziente Algorithmen ermöglichen Lösbarkeit auch bei sehr vielen Variablen und Gleichungen, sprich komplex werdenden Modellen mit vielen Technologien

41. Was sind Energiesystemmodelle? Welche Haupt-Fragestellungen können durch sie beantwortet werden?

Die Energiesystemanalyse unterstützt öffentliche Entscheidungsträger und Manager bei der Auswahl der geeigneten Technologien zur Bereitstellung des zukünftigen Energiebedarfs unter Berücksichtigung von Umweltbeschränkungen und politischen Vorgaben.
Die Analyse soll helfen, die geforderten Ziele mit minimalen Kosten zu erreichen, also volkswirtschaftlich sinnvolle Entscheidungen zu treffen, somit können Profite maximiert und Konsumausgaben minimiert werden. Dabei verlangt der Energiesektor aufgrund der langfristigen Auswirkungen (z.B. Lebensdauer von Kraftwerken) und der unvermeidbaren Unsicherheiten (z.B. Ölpreis, Nachfrage, Importverfügbarkeit) besonders genaue Analysen.

42. Was unterscheidet die optimale Lösung im Simplexraum von anderen zulässigen Lösungen? *(Skriptum Energiemodelle 7-12)*

Der Simplex Algorithmus ist ein bekanntes Verfahren der linearen Programmierung. Das Optimierungsproblem wird durch eine Zielfunktion, sowie durch Restriktionen in Form von Nebenbedingungen und Nichtnegativitätsbedingungen beschrieben.
Beim Simplex Algorithmus stellt jede Restriktion/Bedingung einer Problemstellung eine Hyperebene dar und teilt den Lösungsraum in Halbräume, wodurch ein Polyeder entsteht, dessen Ecken die möglichen optimalen Lösungen sind.
-> In Frage 33 ist die Lösung für ein zweidimensionales Problem dargestellt.
Ausgehend von einer allgemeinen zulässigen Lösung vergleicht der Algorithmus jeweils die Zielfunktionswerte der nächstliegenden Ecken mit der aktuellen Lösung und wechselt zur Ecke mit dem niedrigeren Zielfunktionswert, die Ecke mit dem niedrigsten Wert ist dann die Lösung des Minimierungsproblems.
Ein Nachteil des Verfahrens ist der exponentielle Anstieg der Polyederecken und damit des Rechenaufwandes mit der Anzahl der Entscheidungsvariablen, große Problemstellungen (viele Variablen) können somit die praktische Unlösbarkeit durch dieses Verfahren zur Folge haben.

43. Beschreiben Sie verschiedene Arten von Kosten, welche bei der Modellierung in betracht gezogen werden sollten (auch jene zuzüglich zu den physischen Kosten von Kraftwerken). *(Skriptum Energieökonomie, Kapitel 2)*

Um eine Technologie zu beschreiben werden typischerweise fixe und variable Kosten betrachtet, im Detail sind dies:

- Investitionskosten (im Wesentlichen die Kapitalkosten für Bau, Inbetriebnahme und Stilllegung)
- Fixe Betriebskosten: leistungsabhängig, d.h. Kosten pro kW installierter Leistung pro Jahr (betriebsbedingt Festkosten, Reparaturkosten, Personal, Versicherungen)
- Variable Betriebskosten: arbeitsabhängig, d.h. Kosten pro erzeugter kWh (Brennstoffkosten, Betriebsmittel)

Weiters müssen bei der Modellierung eines Energiesystems auch Aspekte berücksichtigt werden, welche von außen auf die Technologie einwirken, etwa durch politische oder umweltpolitische Voraussetzungen:

- Kosten für Zertifikate, z.B. für CO_2 – Emissionen, auch im Zusammenhang mit dem Emissionshandel
- Energiepolitische Instrumente wie Steuern beziehungsweise Subventionen

44. Beschreiben Sie die Bedeutung der Diskontrate für Investitionsentscheidungen und Ihren Einfluss auf Modelllösungen. *(Skriptum Energiemodelle 5-7ff sowie MESSAGE)*

Die Diskontrate ist einer der wichtigsten Parameter für die Wirtschaftlichkeitsrechnung, da alle Investitionsentscheidungen unter der Annahme eines bestimmten Zinssatzes getroffen werden müssen.
Für die Beurteilung von Investitionen wird häufig die Annuitätsmethode angewendet. Um die durchschnittlichen Jahreskosten (Annuitäten) zu ermitteln, wird ein Annuitätenfaktor aus der Nutzungsdauer der Investition und des Diskontsatzes berechnet.
Eine hohe Diskontrate ergibt einen großen Annuitätenfaktor und somit hohe Annuitäten (jährliche Kosten) aufgrund der Kapitalkosten. Es werden bei einer hohen Diskontrate Technologien mit geringen Investitionskosten bevorzugt, da die jährlichen Kosten von kapitalintensiven Technologien überproportional steigen.
Auf ein Modell umgelegt bedeutet das, dass aufgrund der Kostenminimierungsfunktion abhängig vom Diskontsatz jeweils andere Technologien, welche sich durch ihre Kostenstruktur unterscheiden, eingesetzt werden, wenn dies nicht durch andere Beschränkungen oder Vorgaben verhindert wird.

45. Bevorzugt eine höhere Diskontrate die Investitionsentscheidung in Richtung Technologien mit höheren oder niedrigen Kapitalkosten (begründe die Antwort)? *(Skriptum Energiemodelle 5-7ff sowie MESSAGE)*

Eine hohe Diskontrate ergibt einen großen Annuitätenfaktor und somit hohe Annuitäten (jährliche Kosten) aufgrund der Kapitalkosten. Es werden bei einer hohen Diskontrate Technologien mit geringen Investitionskosten bevorzugt, da die jährlichen Kosten von kapitalintensiven Technologien überproportional steigen.

46. Womit beschäftigt sich die lineare Optimierung als eines der Hauptverfahren des Operations Research? *(Energiemodelle Kapitel 7.1)*

Sie beschäftigt sich mit der Optimierung linearer Zielfunktionen über einer Menge, die durch lineare Gleichungen und Ungleichungen eingeschränkt ist. Häufig lassen sich lineare Programme (LPs) zur Lösung von Problemen einsetzen, für die keine speziell entwickelten Lösungsverfahren bekannt sind.

47. Formulieren Sie die Zielfunktion, die Nebenbedingungen (als Gleichungen oder Ungleichungen), und die Nichtnegativitaetsbedingungen der allgemeinen Form eines Linearen Optimierungsproblems. *(Energiemodelle Kapitel 7.5.1)*

Zielfunktion: Max. $G = p_1x_1 + p_2x_2 + ... + p_nx_n$
Nebenbedingung:
$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n \leq b_1$
$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2n}x_n \leq b_2$
:
$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mn}x_n \leq b_m$

Nichtnegativitätsbedingungen: $x_i \geq 0$
a_{ij} , p_j , b_j ... Reelle Zahlen

48. Wird in der primalen, allgemeinen Form eines linearen Optimierunsproblems (Standard Form) die Zielfunktion maximiert oder minimiert? *(Energiemodelle Kapitel 7.5.1)*

Die Zielfunktion wird maximiert!

49. Wie nennt man das bekannteste Verfahren zur Lösung von linearen Programmen? *(Energiemodelle Kapitel 7.5.6)*

Simplex Algorithmus

50. Erläutern Sie das Grundprinzip von Bellmann zur Lösung dynamischer Optimierungsprobleme. *(Energiemodelle Kapitel 9.2)*

Ein dynamisches Optimierungsproblem beschreibt grundsätzlich einen steuerbaren wirtschaftlichen, technischen oder anderen in der Zeit ablaufenden Prozeß.
Praktisch genügt die Interpretierbarkeit als zeitlicher Prozeß.

x ... Zustand eines Systems (Lagerstand, Inhalt eines Wasserspeichers, Ressourcen, ...)
U ... Steuervariable, Entscheidung

Neuer Zustand $x_j = f(x_{j-1}, U_j)$ ist mit Kosten $g_j(x_{j-1}, U_j)$ verbunden
Optimierungsziel ist die Minimierung der Kosten Min $J = \sum g_j$, mit den Nebenbedingungen $x_j = f(x_{j-1}, U_j)$
Optimalitätsprinzip von Bellmann: Es gibt eine optimale Politik (Entscheidungen $U_j...U_n$) eines auf der Stufe j eines n – stufigen Prozesses beginnenden Teilprozesses P_j, die nur vom Wert x_{j-1} zu Beginn der Stufe j und nicht explizit von den vorherigen Entscheidungen abhängig ist.

51. Lösen Sie das Problem der „Speicheroptimierung“ mit Hilfe des „Dynamic Programming“- Prinzips von Bellmann (Beispiel: Siehe Vorlesung, Kap. 6)

(Kapitel. 9.3 auf Seite 9-5)

Angabe:

Füllstand in %	November		Dezember		Jänner		Februar	
	Φ0	Erlös	Φ1	Erlös	Φ2	Erlös	Φ3	Erlös
0		0		0		0		0
20		35		25		30		20
40		65		45		60		40
60		90		65		85		60
80		110		80		105		80
100		125		90		120		95

Vorgangsweise ist von rechts nach links! Für das aktuelle Φ_n werden immer nur der Erlös im selben Monat und das Φ_{n+1} betrachtet.

Im Februar muss der gesamte Speicher gelehrt werden, darum gibt es keine alternativen Entleerungsstrategien und alles was noch übrig ist muss weg.

Füllstand in %	November		Dezember		Jänner		Februar	
	Φ0	Erlös	Φ1	Erlös	Φ2	Erlös	Φ3	Erlös
0		0		0		0	*0*	0
20		35		25		30	*20*	20
40		65		45		60	*40*	40
60		90		65		85	*60*	60
80		110		80		105	*80*	80
100		125		90		120	*95*	95

Im Jänner gibt es verschiedene Möglichkeiten den Tank zu leeren. Bei einem Füllstand von z.B. 100% kann man z.B. 60% jetzt und 40% im Februar leeren. Mit den unterschiedlichen Entleerungsstrategie ergeben sich auch die unterschiedliche Erlöse. Der optimale Erlös für 100% ergibt sich z.B. zu 105+20=125 (80% im Jänner und 20% im Februar) usw

Füllstand in %	November		Dezember		Jänner		Februar	
	Φ0	Erlös	Φ1	Erlös	Φ2	Erlös	Φ3	Erlös
0		0		0	*max(**0;0**)=0*	0	*0*	0
20		35		25	*max(**30+0**;0+20)=30*	30	*20*	20
40		65		45	*max(**60+0**;30+20;0+40)=60*	60	*40*	40
60		90		65	*max(**85+0**;60+20;30+40;0+60)=85*	85	*60*	60
80		110		80	*max(105+0;**85+20**;60+40;30+60;0+80)=105*	105	*80*	80
100		125		90	*max(120+0;**105+20**;85+40;60+60;30+80;0+95)=125*	120	*95*	95

Füllstand in %	November		Dezember		Jänner		Februar	
	Φ0	Erlös	Φ1	Erlös	Φ2	Erlös	Φ3	Erlös
0		0	*max(**0;0**)=0*	0	*0*	0	*0*	0
20		35	*max(25+0;**0+30**)=30*	25	*30*	30	*20*	20
40		65	*max(45+0;25+30;**0+60**)=60*	45	*60*	60	*40*	40
60		90	*max(65+0;45+30;**25+60**;0+85)=85*	65	*85*	85	*60*	60
80		110	*max(80+0;65+30;45+60;**25+85**;0+105)=110*	80	*105*	105	*80*	80
100		125	*max(90+0;80+30;65+60;45+85;**25+105**;0+125)=130*	90	*125*	120	*95*	95

Im November ist der Tank voll:

Füllstand in %	November		Dezember		Jänner		Februar	
	Φ0	Erlös	Φ1	Erlös	Φ2	Erlös	Φ3	Erlös
0	/	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**
20	/	**35**	*30*	**25**	*30*	**30**	*20*	**20**
40	/	**65**	*60*	**45**	*60*	**60**	*40*	**40**
60	/	**90**	*85*	**65**	*85*	**85**	*60*	**60**
80	/	**110**	*110*	**80**	*105*	**105**	*80*	**80**
100	*max(125+0;110+30;90+60;**65+85**;35+110;0+130)=150*	**125**	*130*	**90**	*125*	**120**	*95*	**95**

Ergebnis:

Füllstand in %	November		Dezember		Jänner		Februar	
	Φ0	Erlös	Φ1	Erlös	Φ2	Erlös	Φ3	Erlös
0	/	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**
20	/	**35**	*30*	**25**	*30*	**30**	*20*	**20**
40	/	**65**	*60*	**45**	*60*	**60**	*40*	**40**
60	/	**90**	*85*	**65**	*85*	**85**	*60*	**60**
80	/	**110**	*110*	**80**	*105*	**105**	*80*	**80**
100	*150*	**125**	*130*	**90**	*125*	**120**	*95*	**95**

Erlös = 150 = 65 + 25 + 60
Füllstand im November: 100% und Entleerung um 40%
Füllstand im Dezember: 60% und Entleerung um 20%
Füllstand im Jänner: 40% und Entleerung um 40%
Füllstand im Februar: 0% und Entleerung um 0%