Kapitel 5
Erschöpfbare natürliche Ressourcen

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Kapitel im Lehrbuch / Inhalt

- Im Perman:
  - Kapitel 14: „The efficient and optimal use of natural resources“
  - Kapitel 15: „Non-renewable resources“
- Inhalt der Vorlesung:
  - Empirische Daten zu erschöpfbaren natürlichen Ressourcen
  - Optimale Preisentwicklung: Die Hotelling-Regel
  - Auswirkungen von Explorationen und Backstop-Technologien
  - Auswirkungen verschiedener Marktformen

Erschöpfbare Ressourcen

= nicht erneuerbare natürliche Ressourcen

Geformt durch geologische Prozesse, die Millionen von Jahren dauern („nicht-erneuerbar“)

- Öl
- Kohle
- Erdgas
- Mineralien (Kupfer, Nickel)

Empirie und Theorie

- Empirie
  - Entwicklung bekannter Bestände
  - Entwicklung von Ressourcenpreisen
  - Beispiel: Ölpreis
- Theorie
  - Optimale Preisentwicklung: Hotelling-Regel
  - Bedeutung von z.B.
    - Bestandsrestriktionen
    - Unsicherheit
    - Marktform

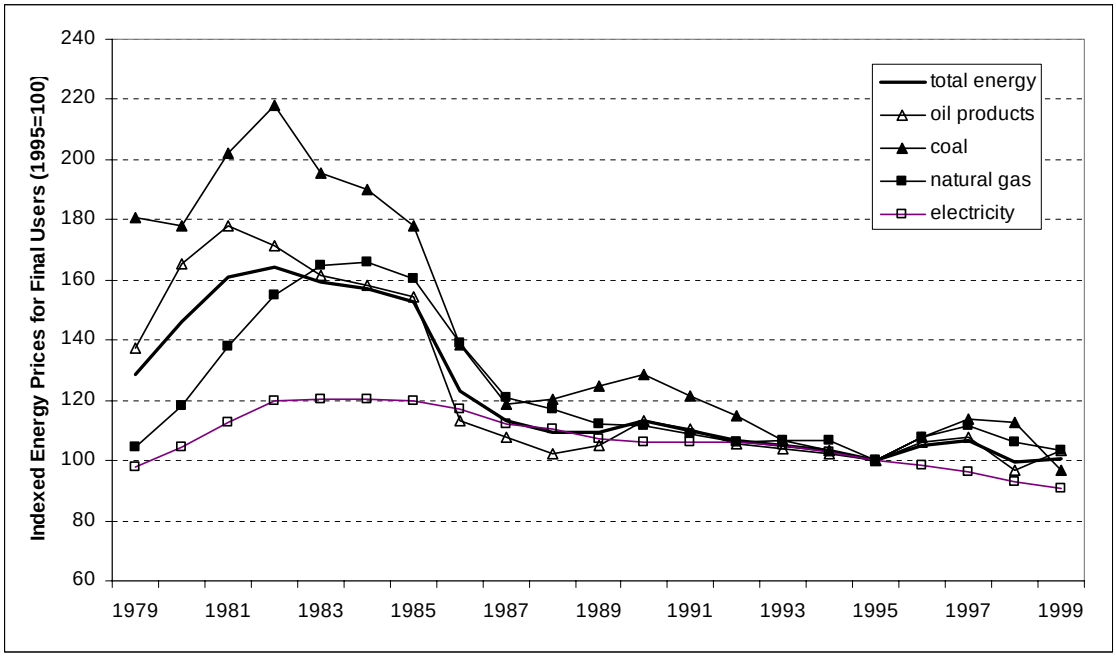
Reichweiten von Energiereserven

Statische Betrachtung!

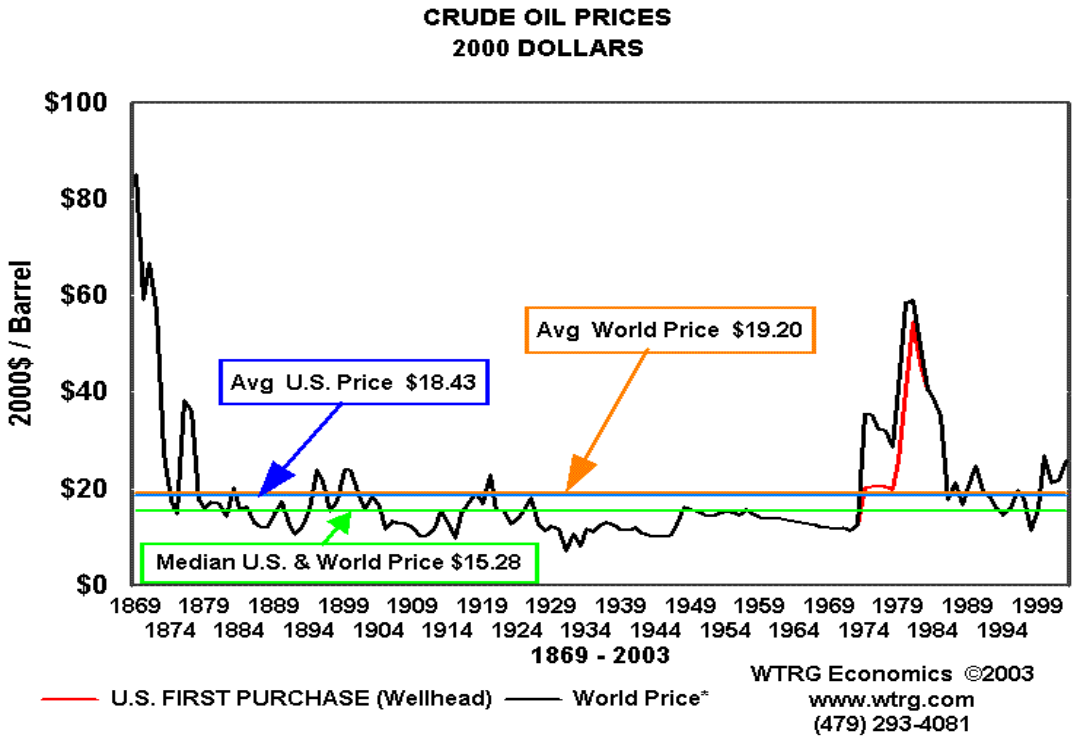
- Technisch und wirtschaftlich abbaubar:
  - Erdöl: ca. 40 – 50 Jahre
  - Erdgas: ca. 65 Jahre
  - Kohle: 170 Jahre
  - Uran:ca. 50 Jahre
- Bekannte und vermutete Reserven:
  - Erdöl: ca. 200 Jahre
  - Kohle: ca. 300 Jahre
  - Uran: ca. 200 Jahre

Quelle: Deutsche Bundesregierung

Preisentwicklung Energie 1979-1999



Rohölpreise 1867-2003



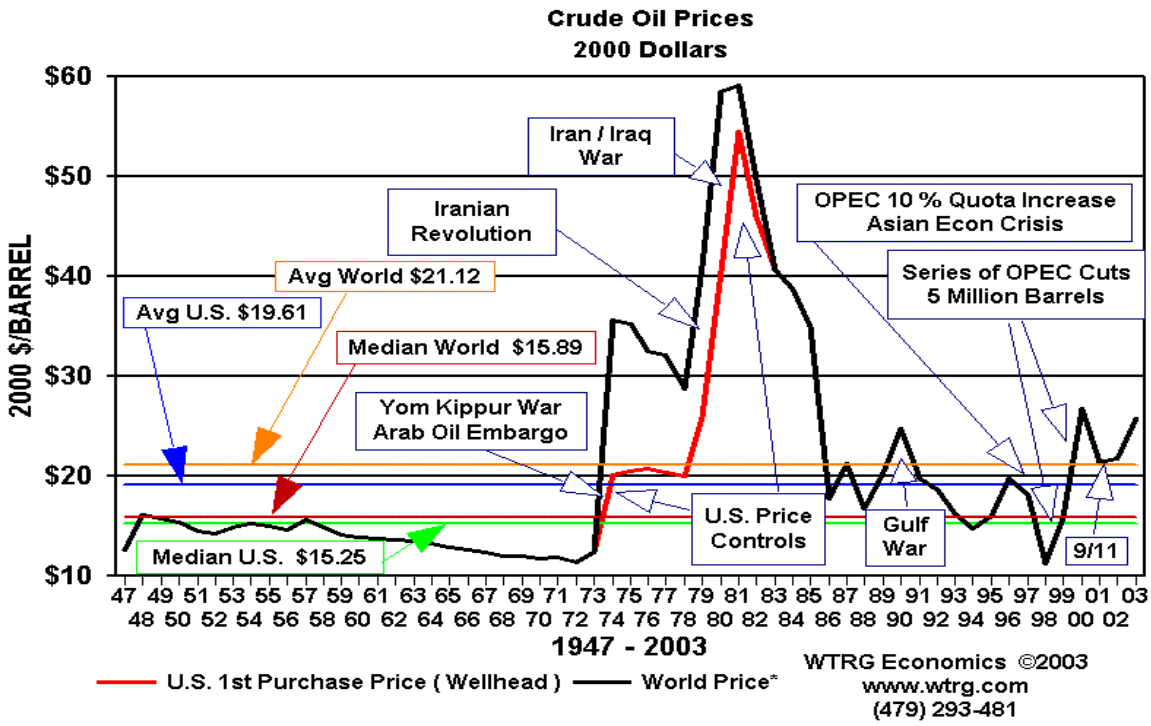
Ölmarkt: Turbulente 70er Jahre

- Streit um Abgeltung der Eigentumsrechte
- Jom-Kippur-Krieg 1973
- Zusammenbruch des alten Konzessionssystems

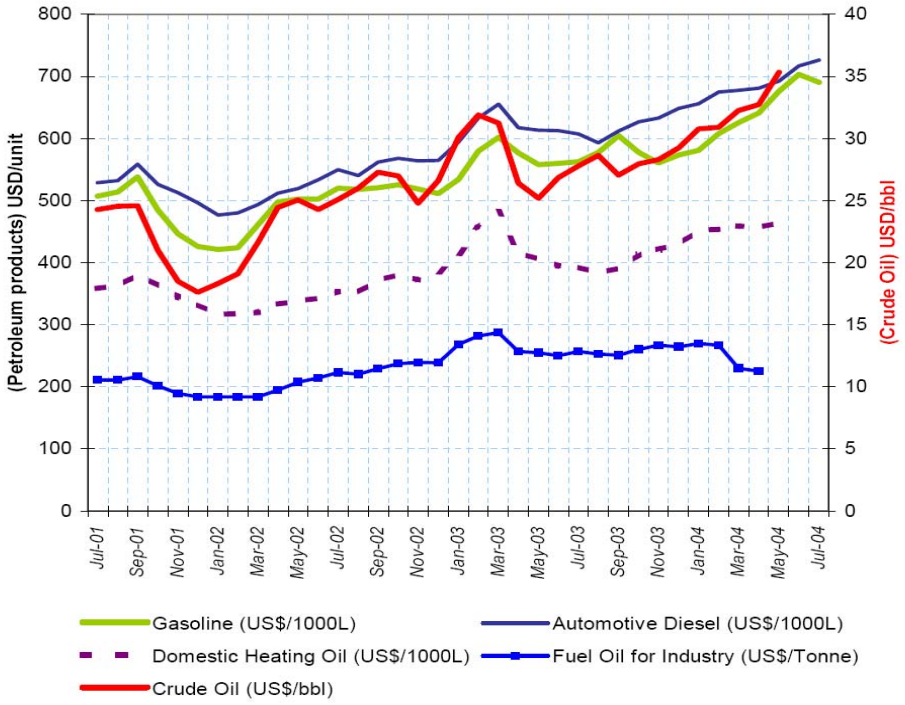
  → erster Preissprung
- Iran-Krise 1979

  → zweiter Preissprung

Rohölpreise 1947-2003

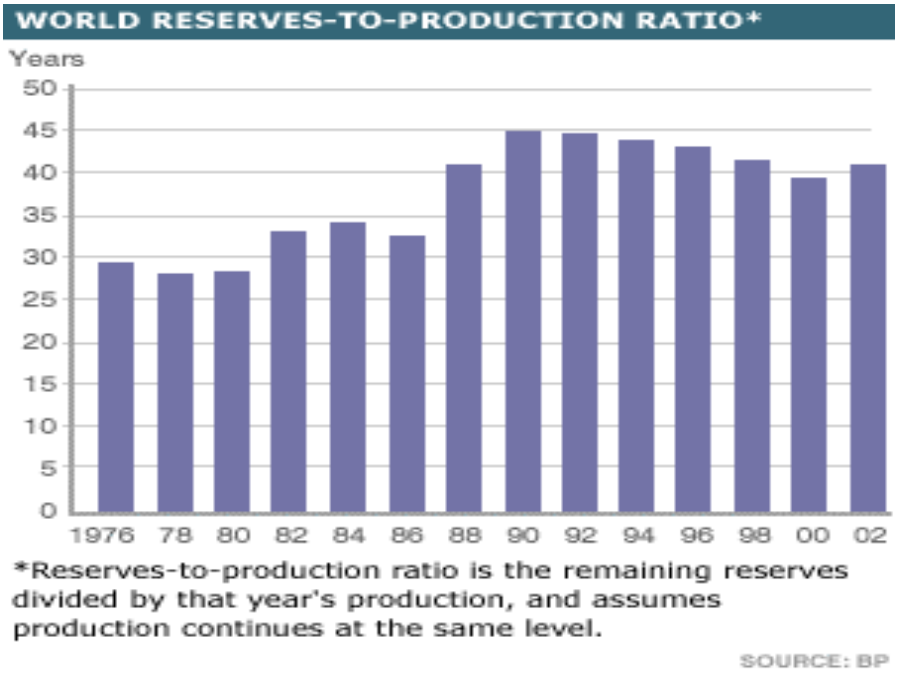


Aktuelle Preisentwicklung Erdöl



Quelle: International Energy Agency

Erdölverbrauch: Wie lange reicht‘s noch?



Politische Phasen

- 70er Jahre: Synchrones Eintreffen von schweren Rezessionen und Erdölknappheit „Grenzen des Wachstums“
- Energie- und Umweltmassnahmen, Förderung von Kohle und Atomkraft
- Technische Neuerungen in der Energienutzung
- Klimaproblematik und Kooperation
- Erdgipfel in Rio 1992 und Nachhaltigkeitsdiskussion

Harold Hotelling 1931:

„Contemplation of the world‘s disappearing supplies of minerals, forests, and other exhaustible assets has led to demands for regulation of their exploitation. The feeling that these products are now too cheap for the good future generations, that they are being selfishly exploited at too rapid a rate, and that in consequence of their excessive cheapness they are being produced and consumed wastefully has given rise to the conservation movement.“

Hotelling-Regel

Variablen:

- R erschöpfbare Ressource
- π^R Gewinn aus dem Verkauf der Ressource
- c^R Extraktionskosten
- W Vermögensaktivum
- r Marktzinssatz
- S_0 Ressourcenbestand

Hotelling-Regel (2)

$$\pi^R_1 = p^R_1 - c^R_1$$

$$\pi^R_1(1+r) = \pi^R_2 \quad \longleftrightarrow \quad W_1(1+r) = W_2$$

$$\frac{\pi^R_2}{\pi^R_1} = 1 + r = \frac{p^R_2 - c^R_2}{p^R_1 - c^R_1} \qquad r = \frac{dp^R - dc^R}{p^R_1 - c^R_1}$$

Hotelling-Regel (3)

$$g_{pR} = \frac{dp^R}{p^R_1} = r + \left(\frac{c^R_1}{p^R_1}\right)\left(g_{cR} - r\right)$$

$c^R = 0$: prozentuale Preisänderung der Ressource = Zinssatz

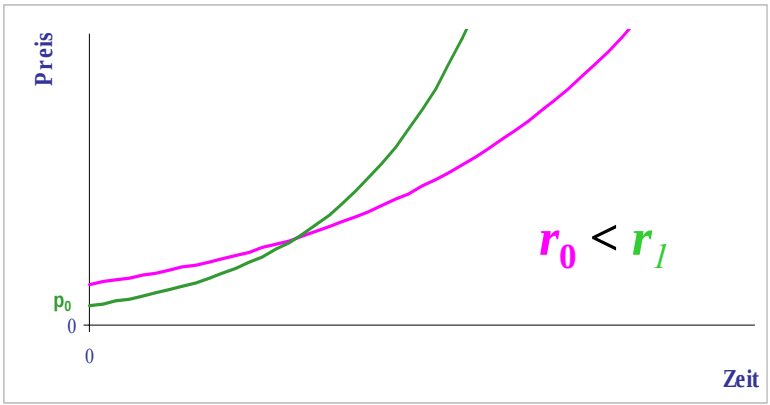
$c^R > 0$: prozentuale Änderung der Ressourcenrente = Zinssatz
(Preis-Extraktionskosten)

Unvollständige Konkurrenz:
prozentuale Änderung des Grenzgewinns = Zinssatz
(Grenzertrag – Grenzkosten)

Zinssatz: für Anlage mit demselben Risiko

Hotelling-Regel (4): Preispfad ohne Extraktionskosten

Preisentwicklung: $p^R = p_0{}^R e^{rt}$ $g_{pR} = r$



$p_0{}^R$ wird aus der Erschöpfungs-bedingung hergeleitet

$(\Sigma R_t = S_0)$

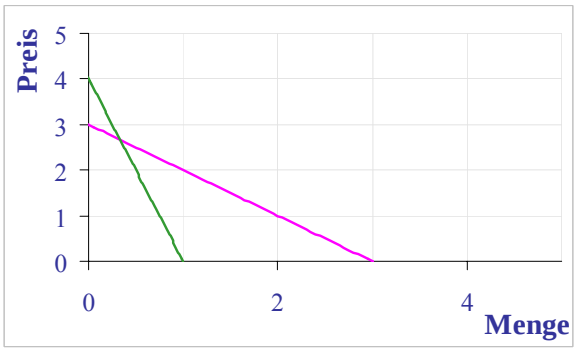
Nachfrage nach *R*

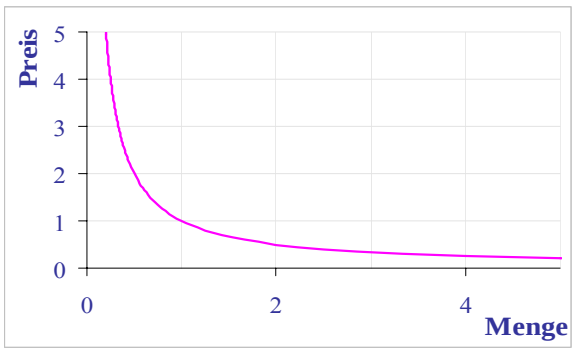
Lineare Nachfrage:

$p^R = a - (1/\gamma)R$

Isoelastische Nachfrage:

$p^R = R^{-(1/\gamma)}$





$a = 3$, $\gamma = 1$

$a = 4$, $\gamma = .25$

Isoelastische Nachfrage

Konstante Preiselastizität der Nachfrage

Preis steigt mit Rate $r \rightarrow$ Nachfrage sinkt mit Rate η

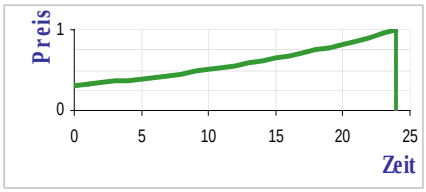
Bestand nimmt mit Rate $\eta \cdot r$ ab

$$S_t = S_0 \cdot e^{-\eta \cdot r \cdot t}$$

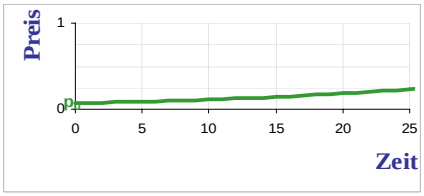
$$R_t = -\Delta S_t / \Delta t = \eta \cdot r \cdot S_0 \cdot e^{-\eta \cdot r \cdot t}$$

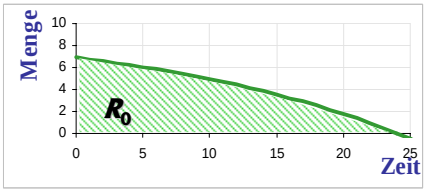
Zeitpfade...

Lineare Nachfrage: Isoelastische Nachfrage:

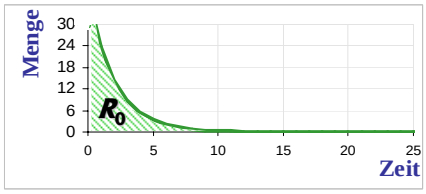


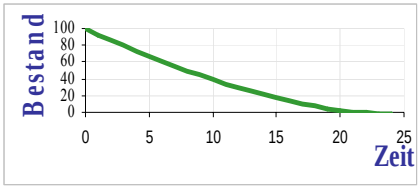
Ressourcen-preis



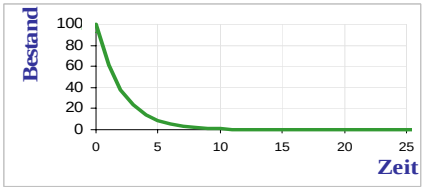


Ressourcen-verbrauch

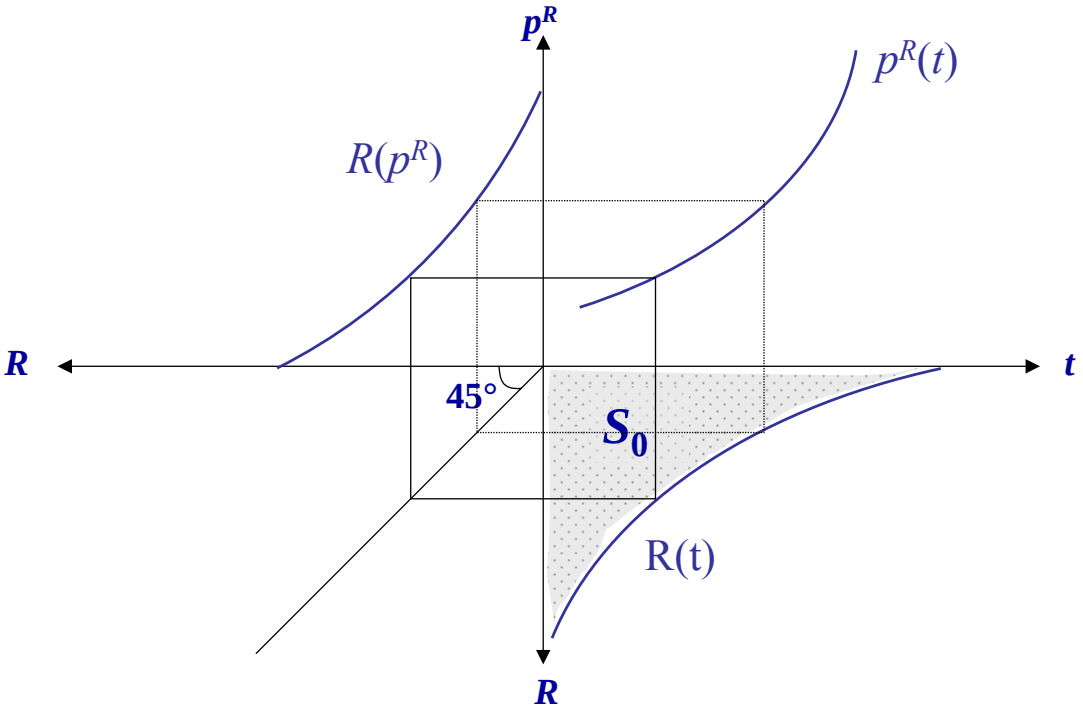




Ressourcen-bestand



4-Quadranten-Darstellung



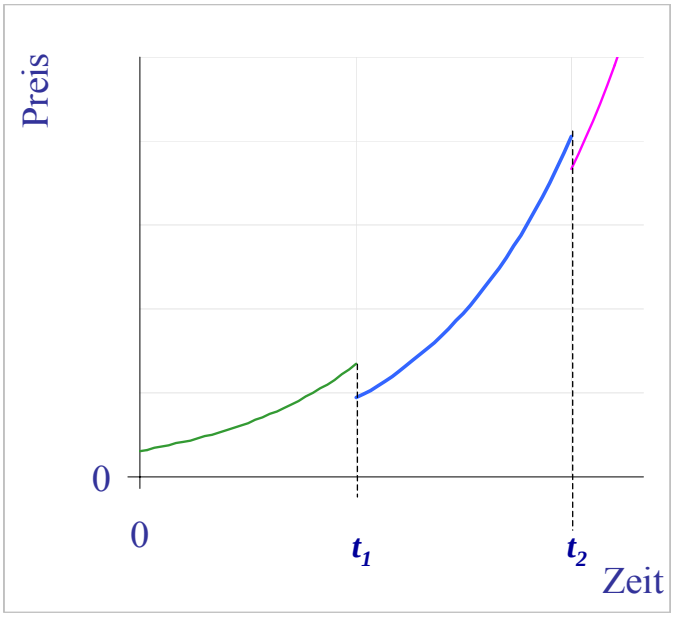
Neue Explorationen

Bestandsveränderungen:

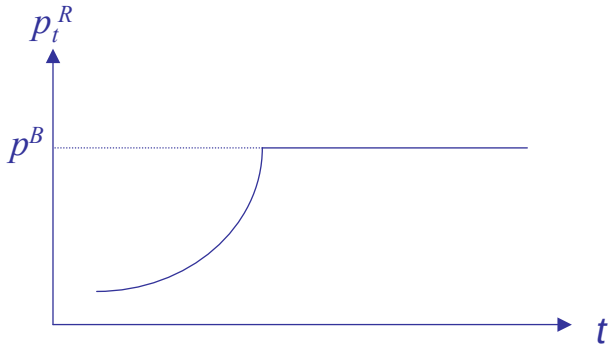
Neue Explorationen in t_1 und t_2 führen zu Erhöhung von S_0

Preispfad verschiebt sich nach unten

$$P_0 = \left(\frac{1}{S_0 \cdot \eta \cdot r} \right)^{\frac{1}{\eta}}$$



Backstop-Technologie



Preisobergrenze =

Grenzkosten der Backstop-Technologie

(p^B: Preis der Backstoptechnologie)

Unsicherheit

Wann ist Backstop-Technologie bereit?

- Früher als erwartet: Preissprung nach unten, dann neuer Hotelling-Pfad
- Später als erwartet: Preissprung nach oben, dann neuer Hotelling-Pfad, der zeitweise über den Preis der Backstop-Technologie führt

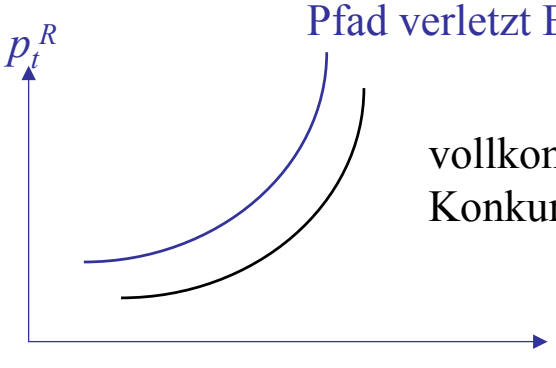
Monopolistisches Ressourcenangebot

Statik:

Preis des Monopols > Preis bei vollständiger Konkurrenz
(Gewinnaufschlag)

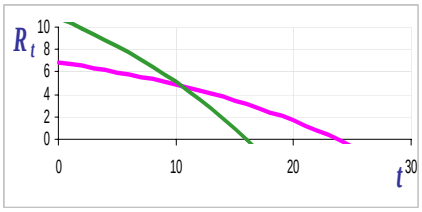
Dynamik: ?

Pfad verletzt Erschöpfungsbedingungen

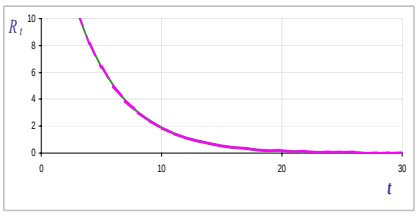


Monopolistisches Ressourcenangebot (2)

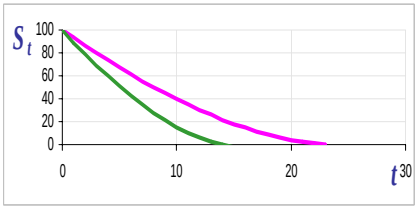
Lineare Nachfrage:



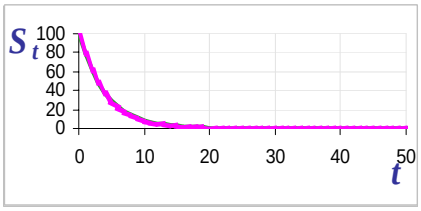
Isoelastische Nachfrage:



Ressourcen-
extraktion

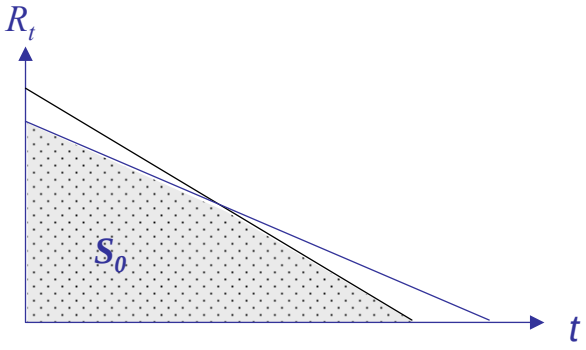


Bestands-
abbau



Vollkommene Konkurrenz vs Monopol

Mengenpfade



Mengenpfade bei verschiedenen Marktformen müssen sich entweder kreuzen oder von Beginn weg identisch sein

- Lineare Nachfrage: kreuzen
- Konstante Elastizitäten: identische Mengen-Preispfade!

(Der Monopolist ist hier kein „Freund des Naturschützers“)

Hotelling-Regel: Kritik/Erweiterung

- Keine langfristige Garantie des Eigentums
- Veränderungen des Monopolgrades
- Variable Extraktionskosten
- Polit-ökonomische Rahmenbedingungen in Entwicklungsländern
- Zins als Kostenfaktor bei Explorationen
- Stabilität des Modells
- Konkrete Backstop-Technologie