



Voraussetzung für die optimale Ressourcenallokation über den Markt

- Eigentumsrechte definiert
- Gewinnplanung über die gesamte Laufzeit der Ressourcenextraktion
- Vollständige Informationen hinsichtlich Lagerstätten und Konkurrenz
- Keine Marktmacht



Die Preisentwicklung in der kurzen bis mittleren Frist ist für zahlreiche natürliche Ressourcen geprägt von einem relativ starren Angebot und einer unelastischen Nachfrage. Aus dieser Ausgangslage können kurzfristig starke Preissprünge resultieren

Preisentwicklung bei natürlichen Ressourcen, S. 21

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01520/index.html?lang=de>

3.1.3 Preisentwicklung



Frage: Wie erfolgt die Preisbildung bei erschöpfbaren (nicht-regenerativen) Ressourcen in der langen Frist?

Effizienzbedingung bei „gewöhnlichen“ Gütern

$$\text{Preis} = \text{Grenzkosten}$$

Nun: Berücksichtigung von Opportunitätskosten
es existiert absolute Knappheit

3.1.3 Preisentwicklung



Annahmen:

- vollkommene Konkurrenz (Preisnehmerverhalten)
- Ressourcenvorrat ist für jeden Anbieter gegeben und bekannt
- Extraktionskosten sind konstant
- Preis ist für jeden Anbieter und für jeden Zeitpunkt bekannt (perfekte Zukunftsmärkte)

3.1.3 Preisentwicklung



Zwei-Perioden Fall

Anbieter ist indifferent zwischen Extraktion (Verkauf) in $t=0$ plus Verzinsung zum Marktzins r und Extraktion in $t=1$ wenn gilt: $p_1 = p_0(1+r)$

Bei $p_1 > p_0(1+r)$ führt Marktprozess (viele Anbieter) zu Gleichgewichtsprozess

3.1.3 Preisentwicklung



n- Perioden

$$p_0 = \frac{p_1}{1+r} = \frac{p_2}{(1+r)^2} = \dots = \frac{p_n}{(1+r)^n}$$

bei infinitesimal kleinen Perioden

$$p_0 = p_t \cdot e^{-rt} \quad \text{bzw.} \quad p_t = p_0 \cdot e^{rt}, \quad \forall t \geq 0$$



Herleitung des optimalen Ressourcennutzungspfades

Hotelling – Regel (1931)

ohne Extraktionskosten

$$p_t = p_0 \cdot e^{rt}$$

fixe Extraktionskosten c

$$p_t = c + (p_0 - c) \cdot e^{rt}$$

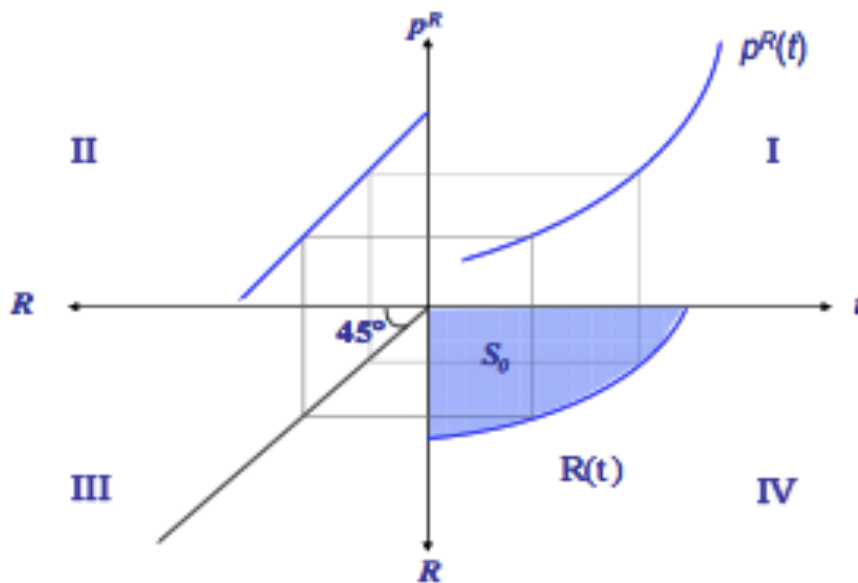
Vergleiche Wacker * Blank, Ressourcenökonomik, Band II S. 16 ff



Der zukünftige Ressourcenpreis (bei vernachlässigten Abbaukosten) gibt den Schattenpreis einer im Vorrat befindlichen Ressourcen an.

Die ist die Knappheitsrente des Nutzungsverzichts.

3.1.3 Preisentwicklung



<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01520/index.html?lang=de>

3.1.3 Preisentwicklung



„Diese sogenannte Hotelling-Regel stellt sicher, dass die relative Wertsteigerung der Ressource in situ pro Periode jener eines fest verzinsten Geldvermögens entspricht.“

Im Ergebnis folgt:

Der Marktpreis einer erschöpfbaren Ressource liegt über den Grenzkosten der Extraktion und enthält damit eine Knappheitsrente.

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Ist dauerhaftes Wachstum trotz der Erschöpfbarkeit von Ressourcen möglich?

Neoklassische Antwort auf die „Grenzen des Wachstums (1972)“

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Modell einer einfachen Volkswirtschaft:

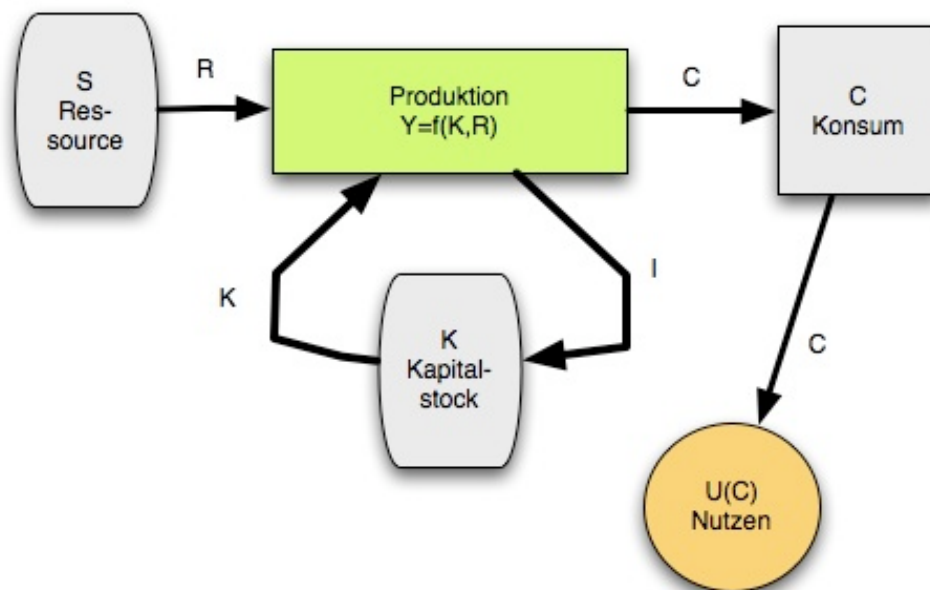
Produktion: $Y_t = f(K_t, R_t)$

Kapitalakkumulation: $\dot{K}_t = I_t = Y_t - C_t$

Sozialer Planer maximiert abdiskontierten Konsum
($t = 1, \dots, \infty$)

Ressourcenbestand S_t verringert sich um R_t
(kostenlose Extraktion)

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Wacker u. Blank, Ressourcenökonomik, Band II, S. 101

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Es existieren viele mögliche Pfade für das Allokationsproblem

Ein Pfad ist erreichbar, wenn die Nebenbedingungen erfüllt sind.

Das Pareto-Kriterium ermöglicht es, effiziente Pfade zu identifizieren

- Suche effizienter Ressourcenextraktion und Kapitalakkumulation nach Standardmodell neoklassischer Theorie erschöpfbarer Ressourcen
- Vergleiche die Grundannahmen neoklassischer Theorie!

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Optimierungsproblem des sozialen Planers

$$\max_{R_t, C_t} \int_0^{\infty} U(C_t) e^{-rt} dt$$

NB:

$$\dot{K}_t = F(K_t, R_t) - C_t$$

$$\dot{S}_t = -R_t$$

$$C_t, R_t \geq 0$$

$$K_t > 0$$

$$S_t > 0$$

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Statische Effizienz: Vollbeschäftigung des Kapitals
(effiziente Faktorallokation) und Nicht-Verschwendung
der natürlichen Ressourcen

Intertemporale (dynamische) Effizienz: fordert die
Erfüllung des Pareto-Kriteriums: Konsum einer Periode
darf nicht erhöht werden, wenn der Konsum eine anderen
Periode dabei gesenkt würde.

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Erste intertemporale Effizienzforderung:

Verbrauch der gesamten Ressource über den Planungshorizont $\int_0^{\infty} R_t dt = S_0$

Zweite intertemporale Effizienzforderung:

Hotelling-Regel

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Hamiltonfunktion: $H = U(C_t) - \lambda_t R_t + \mu_t [F(K_t, R_t) - C_t]$

⋮

$$\hat{F}_{R_t} = F_K$$

Auf einem effizienten Pfad muss die Grenzproduktivität des Kapitals gleich der Wachstumsrate der Grenzproduktivität der natürlichen Ressource sein!

Die natürliche Ressource wird durch zunehmenden Kapitaleinsatz substituiert!

Vgl hierzu Wacker, Blank Band II S. 103-104!!!

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



t	t+1	Konsum t+1
Verbrauch einer zusätzlichen Ressourceneinheit ↓ Sozialprodukt steigt um F_{R_t} ↓ zusätzliche Investitionen in Höhe von F_{R_t}	Vorverlagerung der Nutzung einer zusätzlichen Ressourceneinheit ↓ Sozialprodukt sinkt um $F_{R_{t+1}}$	
	Erhöhung des Kapitalstocks um $F_{R_{t+1}}$ ↓	Verminderung des Konsums um $F_{R_{t+1}}$
	Produktionssteigerung um $F_{R_t} \cdot F_{K_{t+1}}$	nicht erforderliche Mehrinvestitionen = mögliche Konsumsteigerung um F_{R_t}
Wacker, Blank Band II, S. 105		Konsumsteigerung um $F_{R_t} \cdot F_{K_{t+1}}$

Folie 43

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Überwiegt der positive Effekt $F_{R_{t+1}} (1 + F_{K_{t+1}})$ den negative $F_{R_{t+1}}$ einer intertemporale Umallokation, wird die Ressource in t genutzt und visa versa.

Intertemporale (dynamische) Effizienz ist gegeben, wenn Indifferenz hinsichtlich der Nutzungszeit besteht.

Positive Effekte = Negative Effekte

$$F_{R_{t+1}} (1 + F_{K_{t+1}}) = F_{R_{t+1}}$$

Umformen u. stetige Zeit: $\hat{F}_{R_t} = F_K$

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Die endliche Ressource wird im Zeitablauf durch Kapital fortlaufend substituiert.

Bei utilitaristischer Nutzenfunktion sinkt der Konsum im Zeitablauf

Kann ein bestimmtes Konsumniveau permanent gehalten werden?

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Ziel: Nutzen der aus Konsum gezogen wird, über alle Perioden konstant halten – Rawls-Kriterium

$$\max_{C_t, R_t} U(C_t) = \max \min C_t$$

$$\dot{S}_t = -R_t$$

$$C_t, R_t \geq 0$$

$$K_0, S_0 > 0$$

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Hartwick-Regel: gilt für Produktionsfunktionen mit Substitutionselastizität von 1

Cobb-Douglas PF $Y = K^{1-\beta} \cdot R^\beta$
als Ergebnis folgt: $\dot{K}_t = \beta Y_t = s Y_t$

s – Sparquote bzw. Investitionsquote

β - Produktionselastizität der Ressource

$\Rightarrow$

$$s = \beta$$

Wacker, Blank Band II, S. 110

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Hartwick-Regel:

“Eine dauerhaft konstante Konsummenge $C > 0$ ist in einer Volkswirtschaft, deren Produktionstechnologie durch eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion beschrieben wird, dann möglich, wenn der Anteil, der auf den Einsatz der natürlichen Ressource zurückzuführen ist, vollständig investiert wird”

Wacker, Blank Band II, S. 110

3.1.4 Wachstum und erschöpfbare Ressourcen



Solow-Regel → constant capital rule

Das Grenzprodukt des Kapitals, also seine reale Verzinsung, soll gleich dem relativen Zuwachs der Grenzproduktivität der Ressource sein. (vgl. Folie 43)

$$f_K(t) = \frac{f_R(t) - f_R(t-1)}{f_R(t-1)}$$

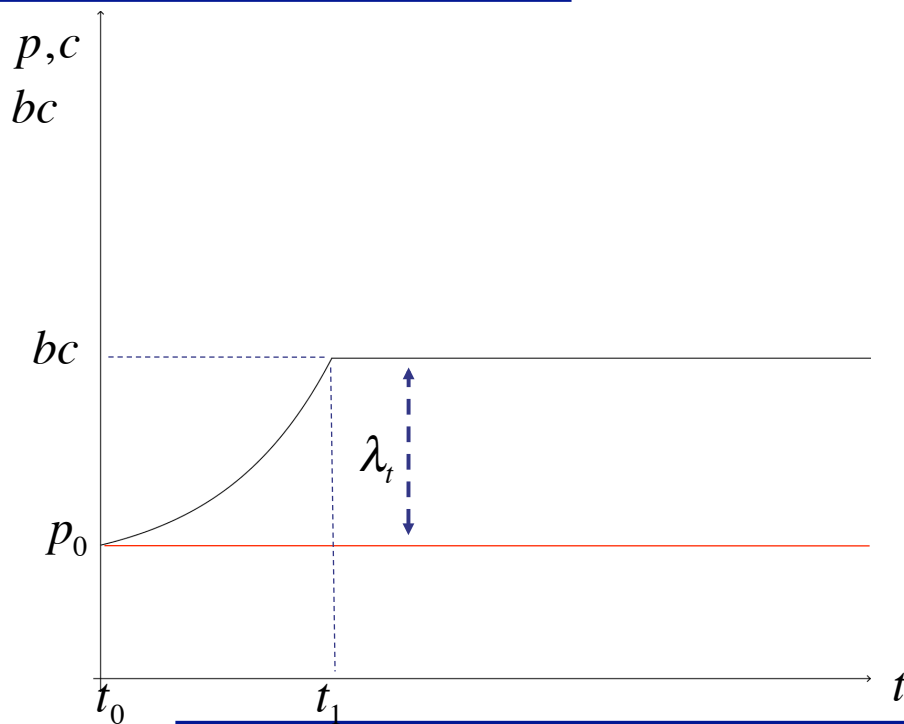
3.1.5 Schwache Nachhaltigkeit



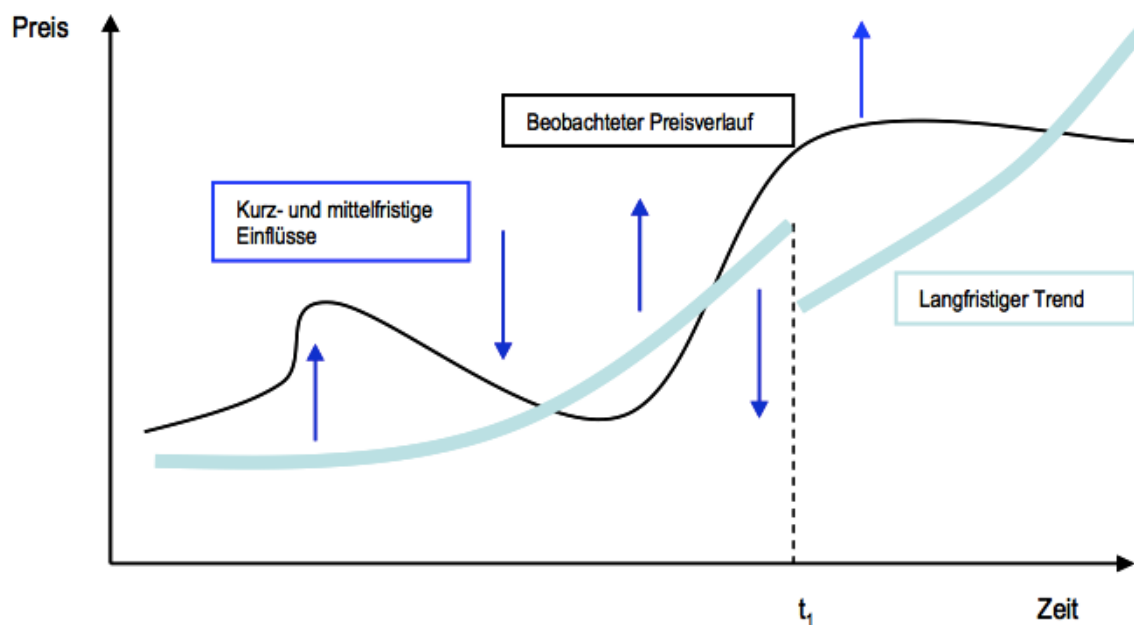
„The world can, in effect, get along without natural resources, so exhaustion is just event, not a catastrophe.“ R.Solow

Konstanz des Aggregats aus künstlichem, natürlichem und Humankapital (constant capital rule)

3.1.6 Backstop Tetchnologie



3.1.7 Empirie zur Preisentwicklung erschöpfbarer Ressourcen

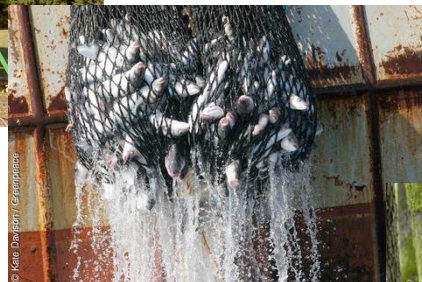


Begriffe 1



Reproduzierbarkeit	Cake-Eating Problem
Ressourcenverfügbarkeit	Hotelling – Regel
Geologische Bestandsaufnahme	Pareto-Kriterium
Reichweite	Statische Effizienz
Abbaukosten	Intertemporale (dynamische) Effizienz
Preis des Extraktionsoutputs	Rawls-Kriterium
Nutzungskosten	Hartwick-Regel
Gesamtpotenzial	Solow-Regel
Reserven	Backstop Technologie
Vorkommen	Schwache Nachhaltigkeit
Ressourcen	

3.2 Nutzung regenerativer Ressourcen



3.2.1 Schaefersche Wachstumskurve



Darstellung der Veränderung des Bestandes einer regenerativen Ressource über die Schaefersche Wachstumsfunktion (Schaefer 1957)

Bestandsveränderung ist Funktion des Bestandes

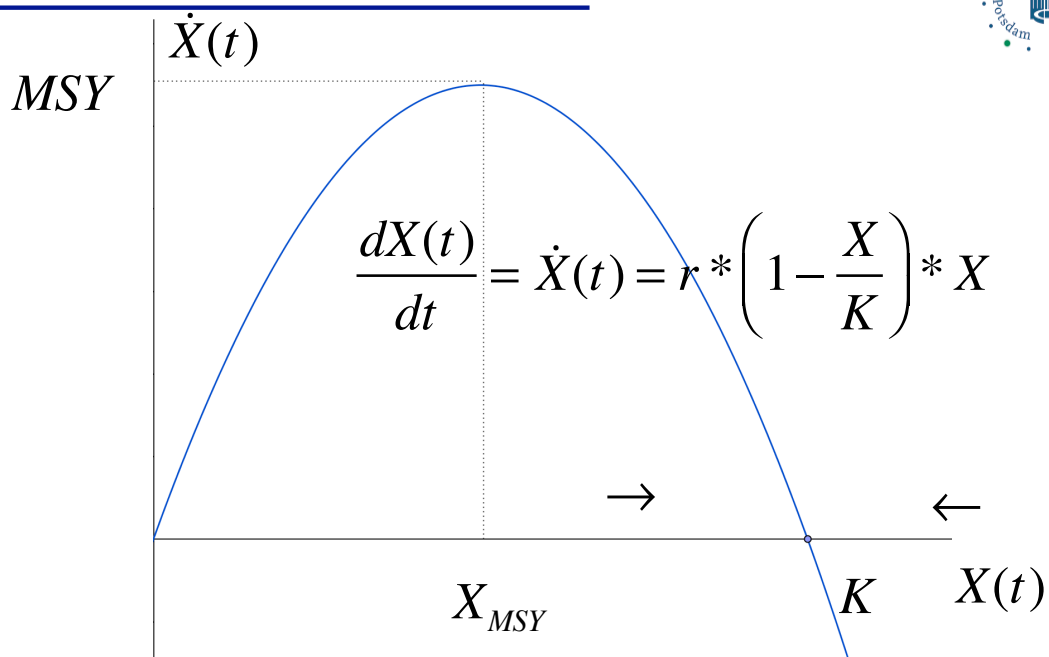
$$\frac{dX(t)}{dt} = \dot{X}(t) = r * \left(1 - \frac{X}{K}\right) * X$$

$X(t)$ - Bestand an Biomasse zu Zeitpunkt t

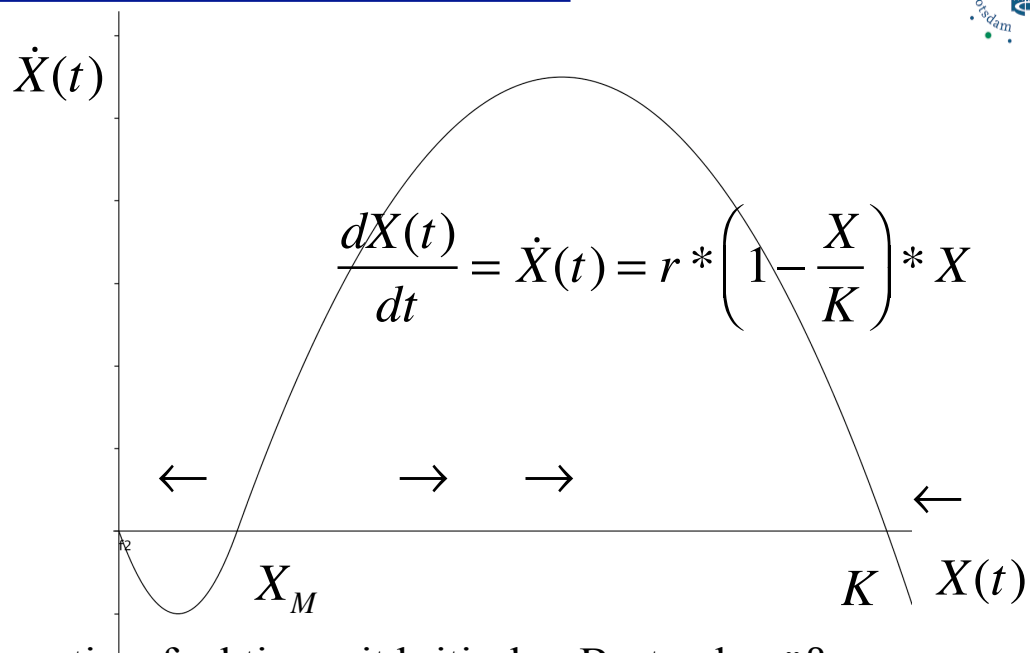
r - intrinsische Wachstumsrate

K - ökologische Tragfähigkeit

3.2.1 Schaefersche Wachstumskurve



3.2.1 Schaefer'sche Wachstumskurve



Regenerationsfunktion mit kritischer Bestandsgröße

3.2.1 Schaefer'sche Wachstumskurve



- $X(t)$ - Bestand an Biomasse zum Zeitpunkt t
- r - intrinsische Wachstumsrate
- K - ökologische Tragfähigkeit

$$\frac{dX(t)}{dt} = \dot{X}(t) = r * \left(1 - \frac{X}{K}\right) * X$$

3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



Einbeziehung wirtschaftlicher Aspekte in die
Ressourcennutzung

Aufwand – bzgl. Der Ausbeutung der Ressource
Ertrag – Nutzung der Ressource

3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



Produktionsaufwand E

Ressourcenbestand X

Fangertrag $Y = G(E, X)$ (G1)

Fangertragsfunktion $Y = \rho * E^\alpha * X^\beta$ (G2)

Vereinfachung $Y = E * X$ (G3)

Einsetzen in das Schaefer'sche Wachstumsmodell mit
Befischung: $\dot{X} = F(X) - Y(T)$

$$\Rightarrow \dot{X} = rX * \left(1 - \frac{X}{K}\right) - E * X \quad (G4)$$

3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



Für einen dauerhaften Fangertag muss $\dot{X} = 0$ gelten

aus (G5) folgt
$$rX \left(1 - \frac{X}{K} \right) = E * X \quad (G6)$$

Existenzbedingung für ein bio-ökonomisches Gleichgewicht

$$\Rightarrow E \leq r \left(1 - \frac{X}{K} \right)$$

3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



(G6) nach X auflösen in (G3) einsetzen

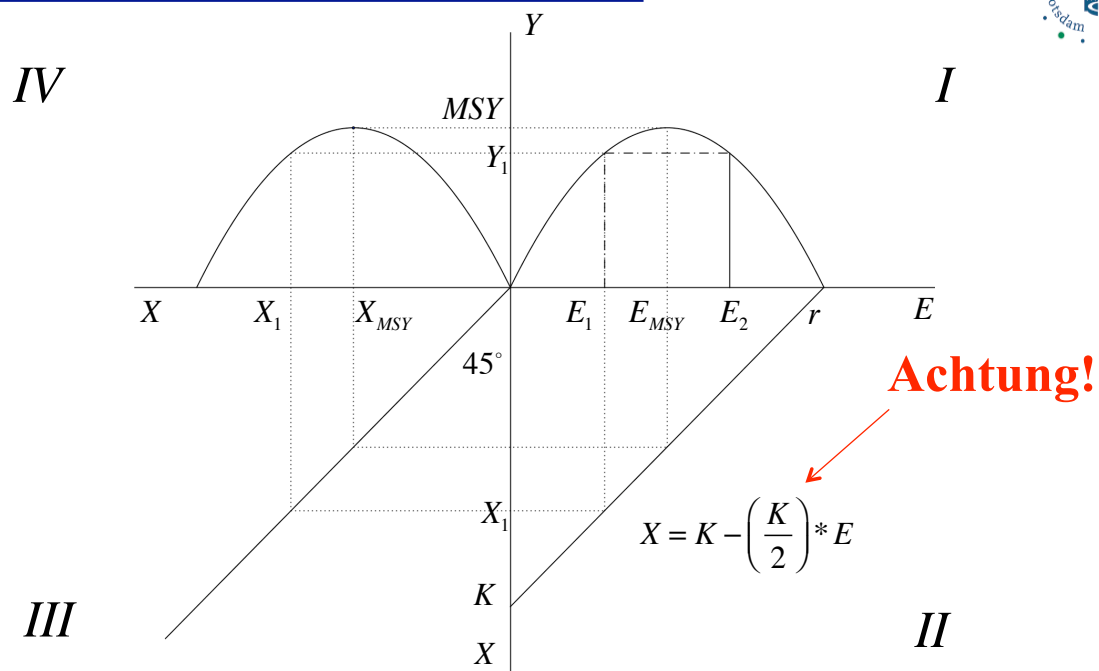
$$Y = E \left(K - \frac{K * E}{r} \right) = E * K - \frac{K * E^2}{r} \quad (G7)$$

Zur Erinnerung: r intrinsische Wachstumsrate

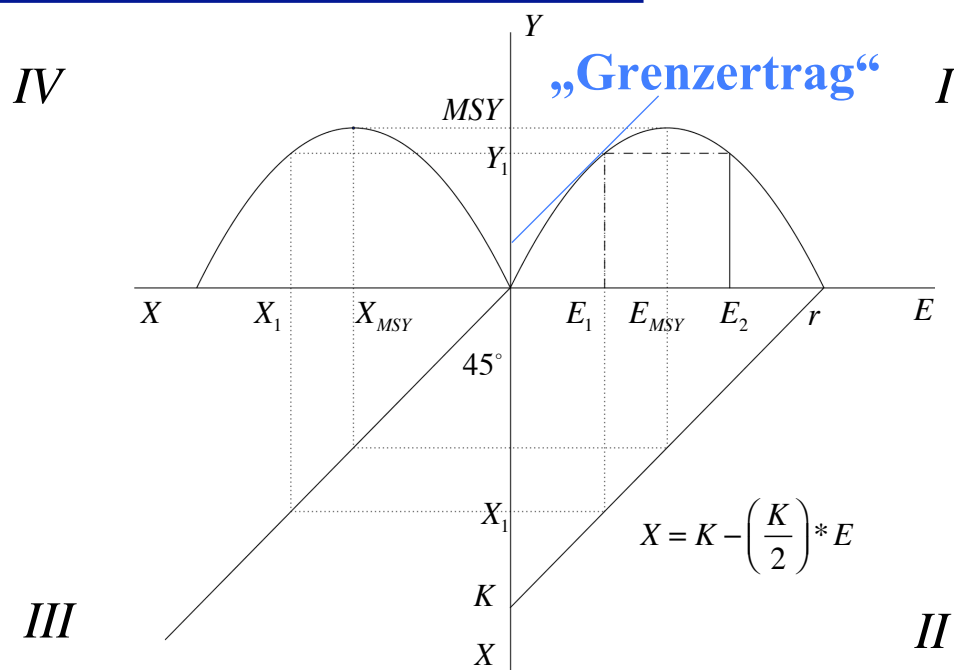
Vergleiche !!! zur gesamten Herleitung:

Wacker, Blank, Ressourcenökonomik Band I, 1998 Oldenbourg
Verlag

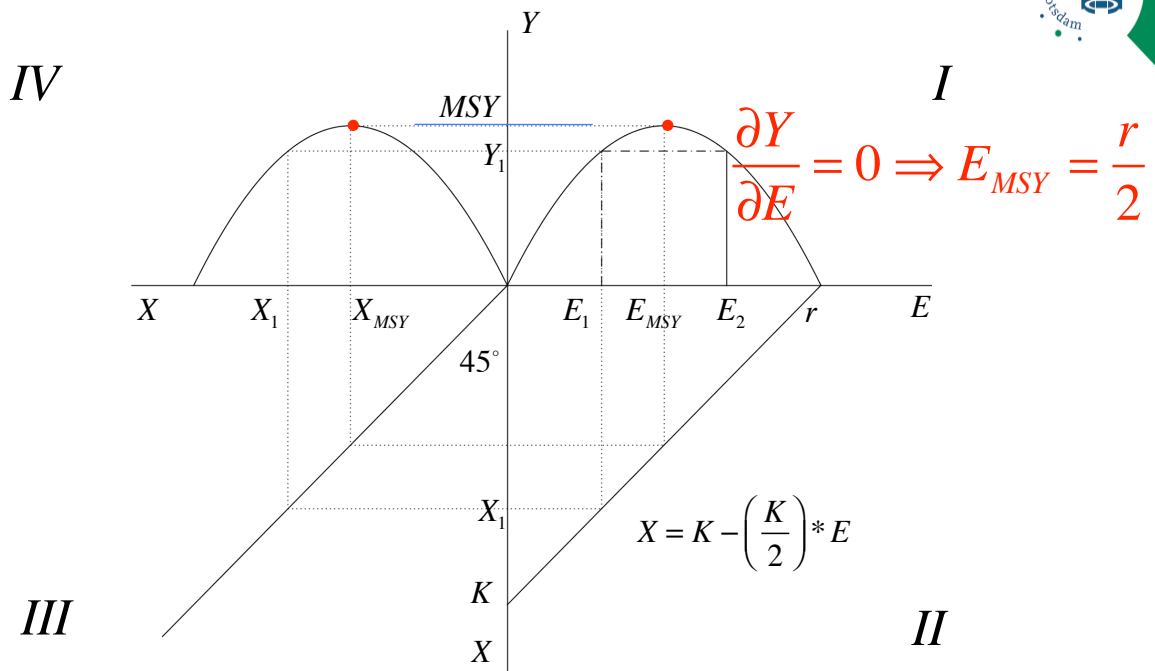
3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



3.2.2 Aufwands-Ertrags Funktion



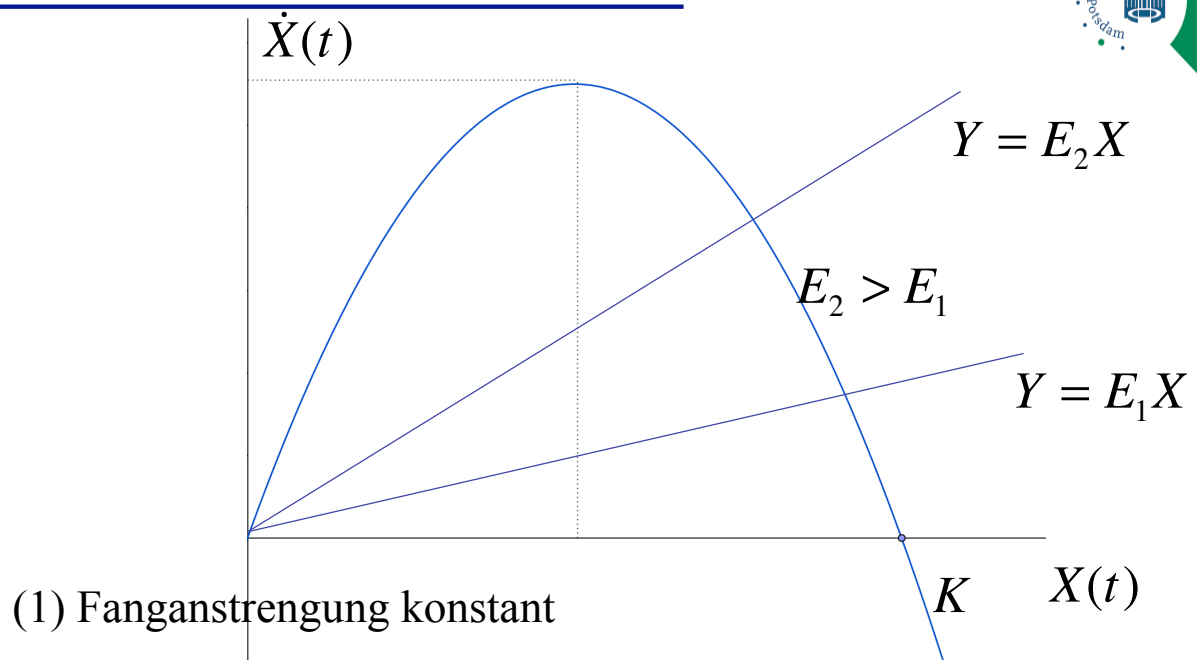
3.2.3 Statisches bio-ökonomisches Gleichgewicht



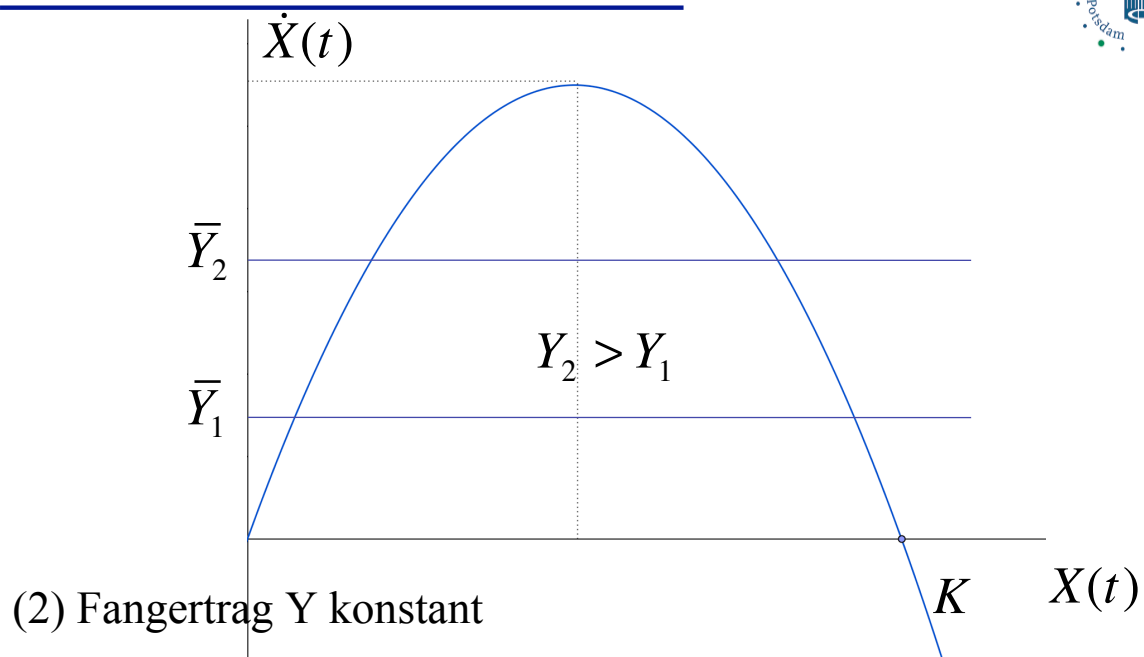
Zwei mögliche Strategien:

- (1) Konstante Fanganstrengungsrate (E)
- (2) Konstanter Fangertrag (Y)

3.2.3 Statisches bio-ökonomisches Gleichgewicht



3.2.3 Statisches bio-ökonomisches Gleichgewicht



3.2.3 Statisches bio-ökonomisches Gleichgewicht



Problem: Stabilitätsverhalten

Wird maximale dauerhafte Nutzungsmenge Y_{MSY} genutzt besteht bei Strategie (2) – konstante Y – die Gefahr, dass kleine Störung des Systems zum Zusammenbruch des Bestandes führt. Daher hier hohe Kontrollkosten.

Bei Strategie (1) – konstante Nutzungsrate E – kann flexibler reagiert werden und die Nutzungsmenge an den Bestand angepasst werden.

3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



Erweiterung des Fischereimodells von Schaefer um ökonomische Fragen

Fischereiindustrie mit freiem Zugang (open access)

kein Ausschluss der Nutzung

Verkaufspreis: $p=1$

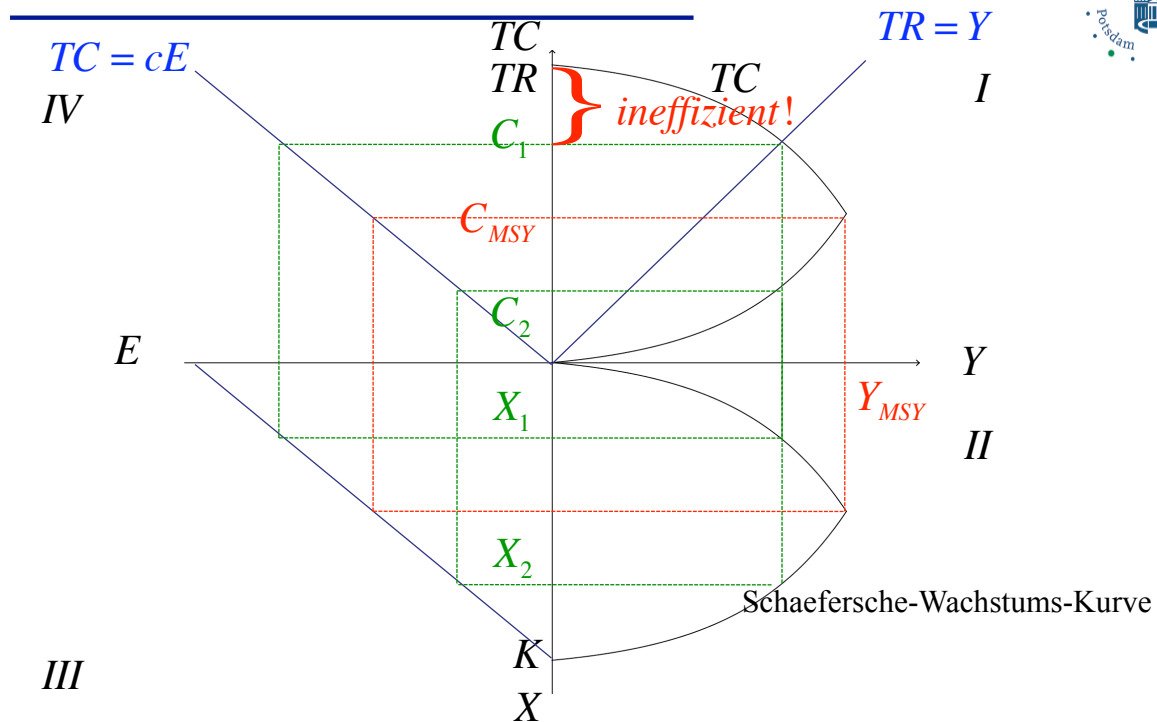
→ Gesamterlös $TR = Y$

Jede Einheit Fangaufwand E verursacht gleiche Kosten i.H.v. c

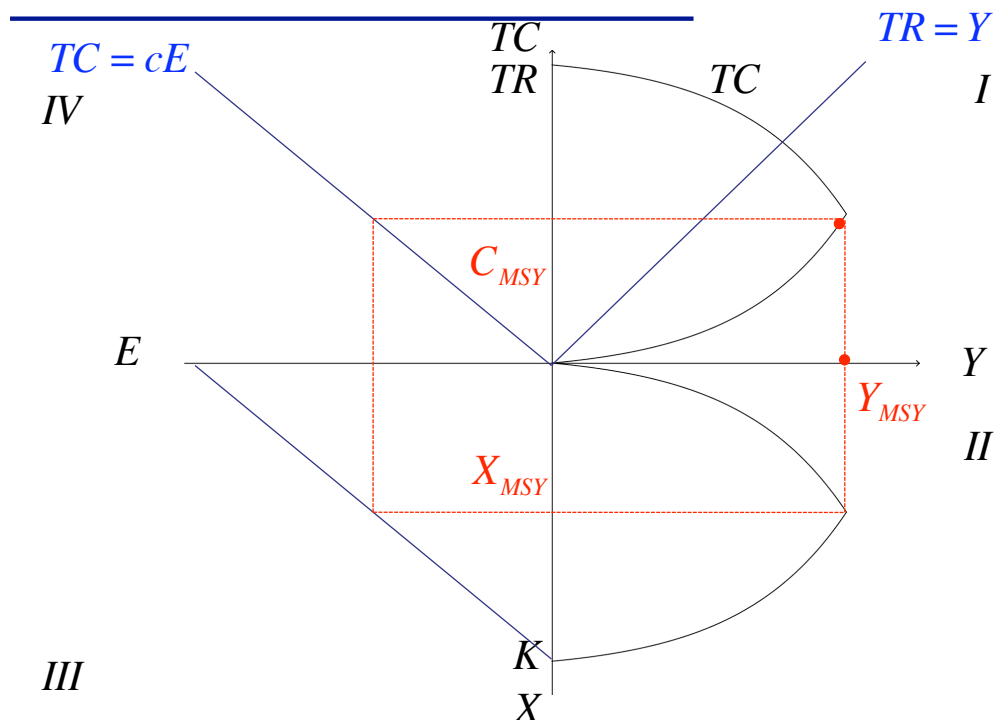
→ Gesamtkosten $TC = cE$

→ Gewinn $\pi = TR - TC = Y - cE$

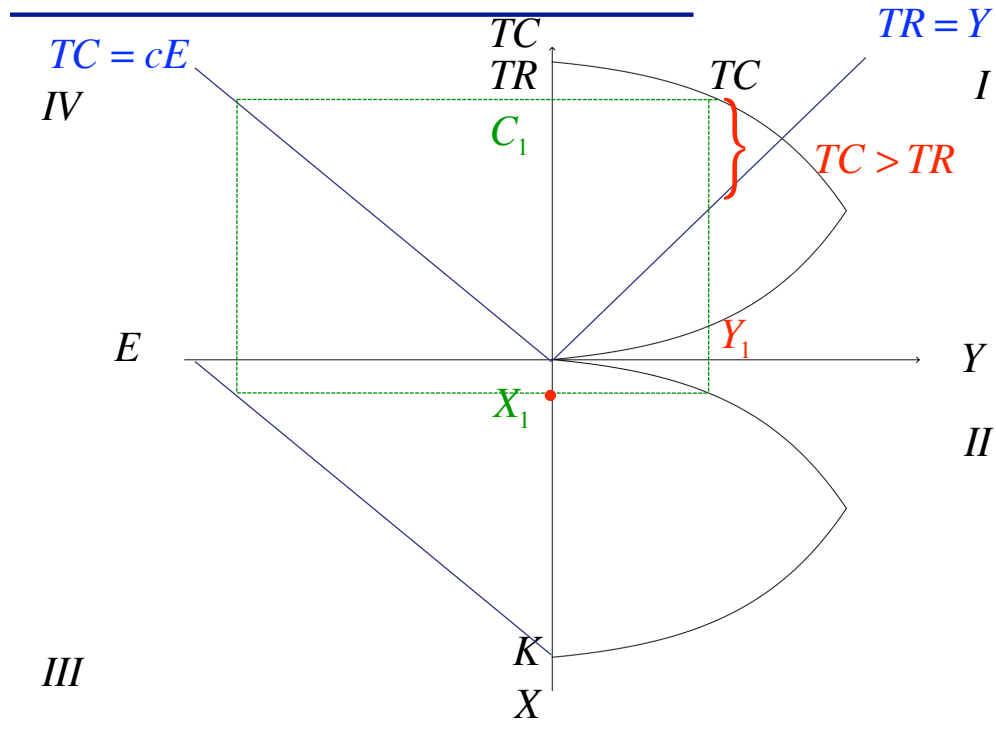
3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



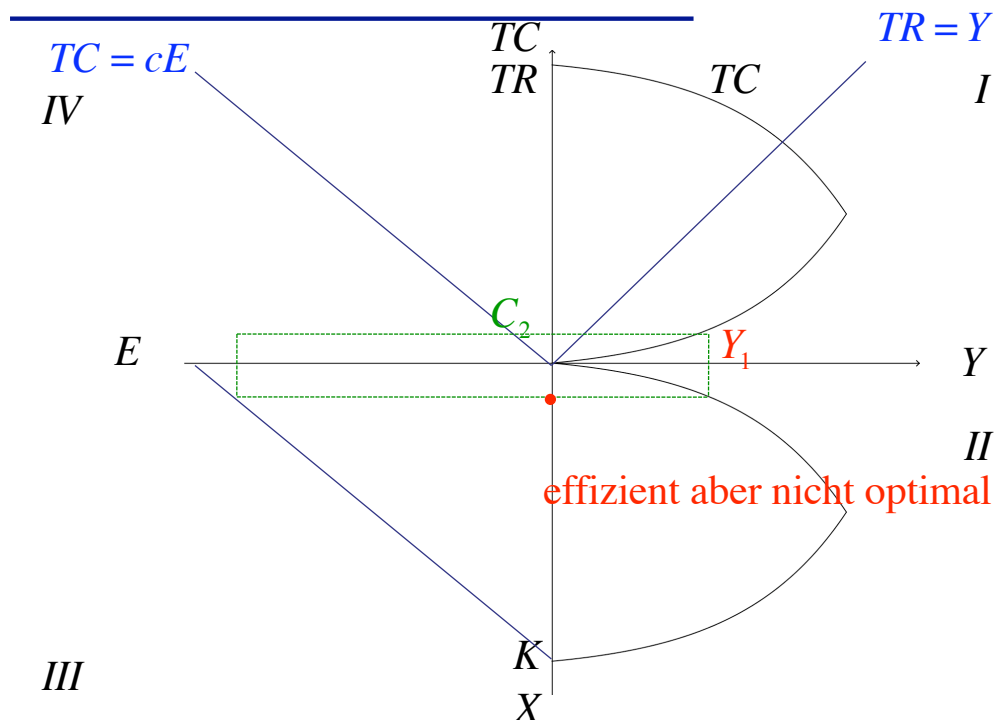
3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



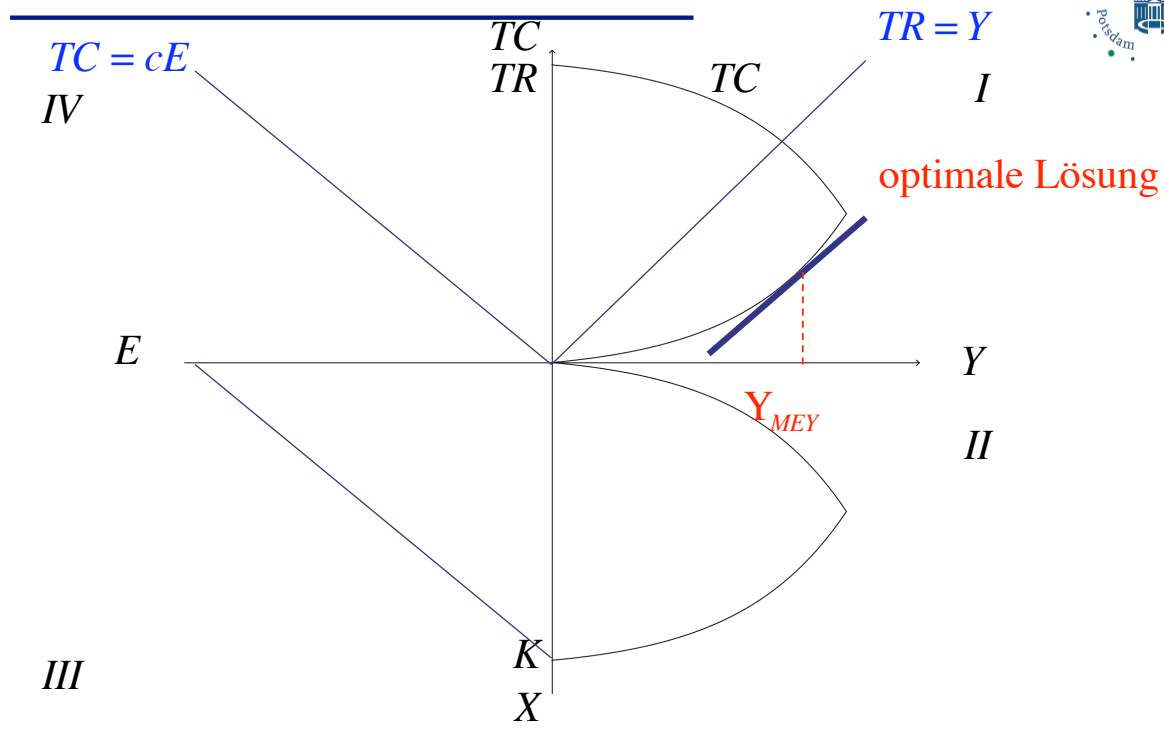
3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



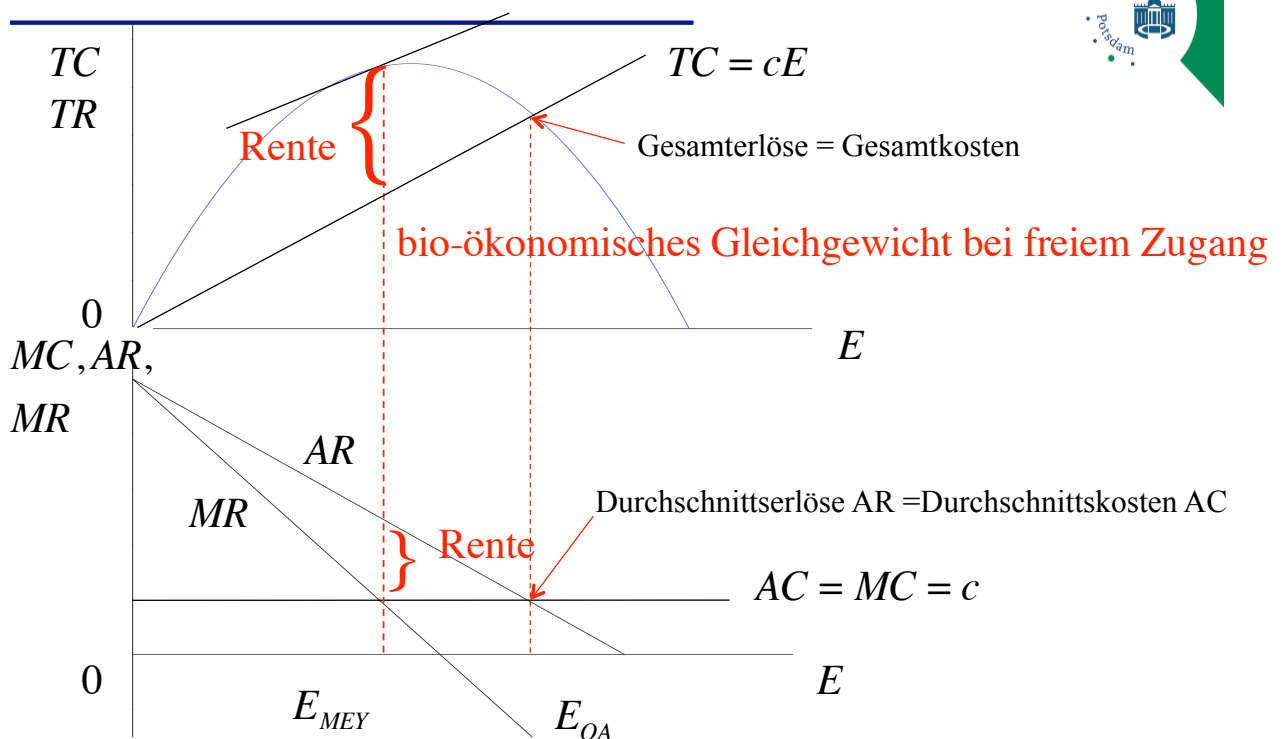
3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



TC – Gesamtkosten

TR – Gesamterlös

E – Aufwand

AR – Durchschnittserlöse

AC – Durchschnittskosten

MR – Grenzerlöse

MC – Grenzkosten

3.2.3 Schaefer-Gordon-Fischereimodell



Wacker, Blank, Ressourcenökonomik Band I, 1998
Oldenborg Verlag

Seite 18. ff