Wachstum und technischer Fortschritt

Wachstum und technischer Fortschritt

- Was ist Wirtschaftswachstum und warum gibt es in modernen Gesellschaften beständig Wirtschaftswachstum?
- Welche Rolle spielen Bevölkerungsentwicklung, Kapitalakkumulation und technischer Fortschritt im Wachstumsprozess?
- Was sind die Voraussetzungen für ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit des Wirtschaftswachstums?
- Brauchen wir Wachstum?

Wachstum und technischer Fortschritt

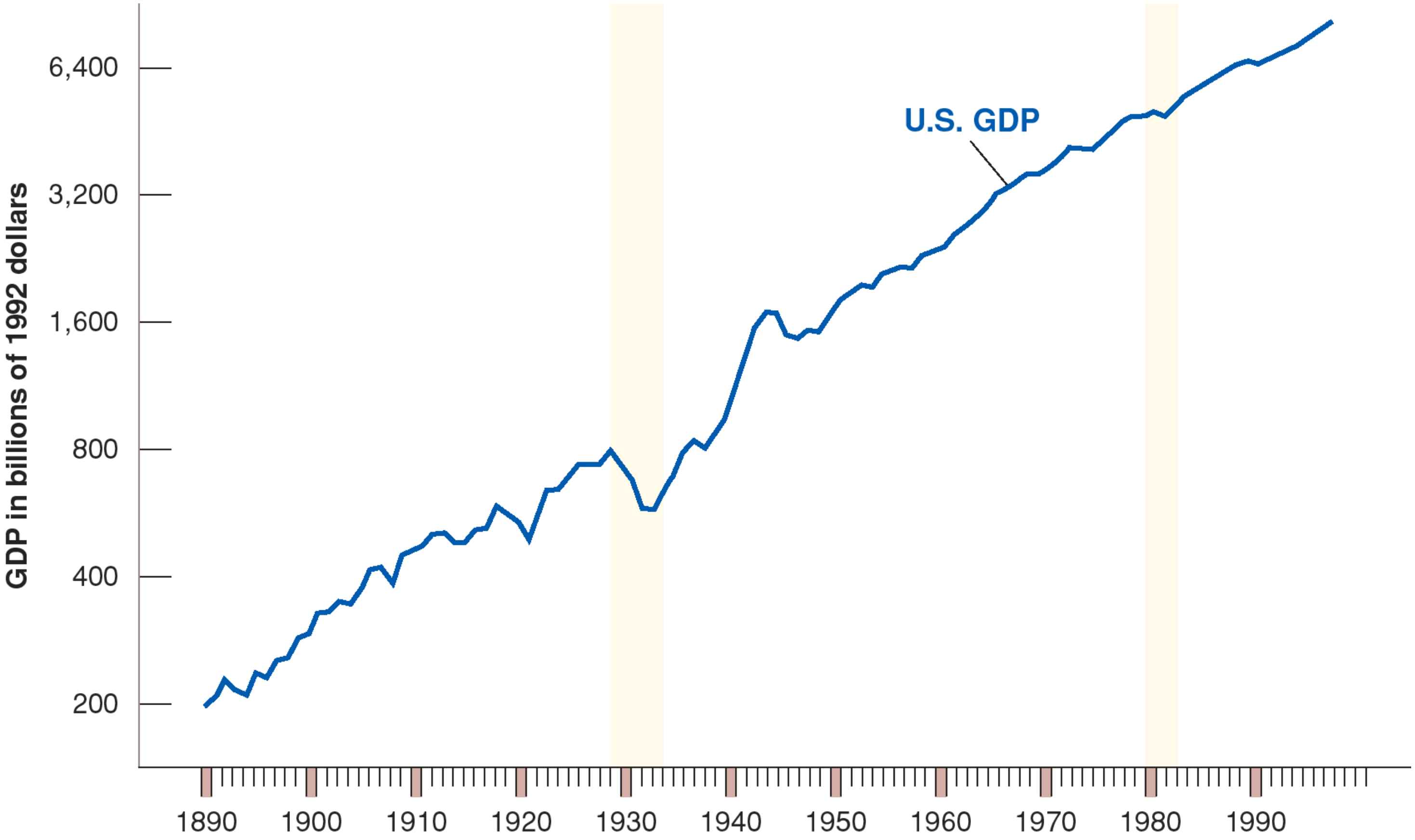
Literatur

- Blanchard / Illing: *Makroökonomie*
- Blanchard: *Macroeconomics*
- Mankiw: *Makroökonomie, Kap. 4 – 5*

Allgemeine Lehrbücher zur Wachstumstheorie:

- Robert Barro / Xavier Sala-i-Martin: *Economic Growth*
- Charles Jones: *Introduction to Economic Growth*
- Paul Romer: *Advanced Macroeconomics*

3.1 Stilisierte Fakten



3.1 Stilisierte Fakten

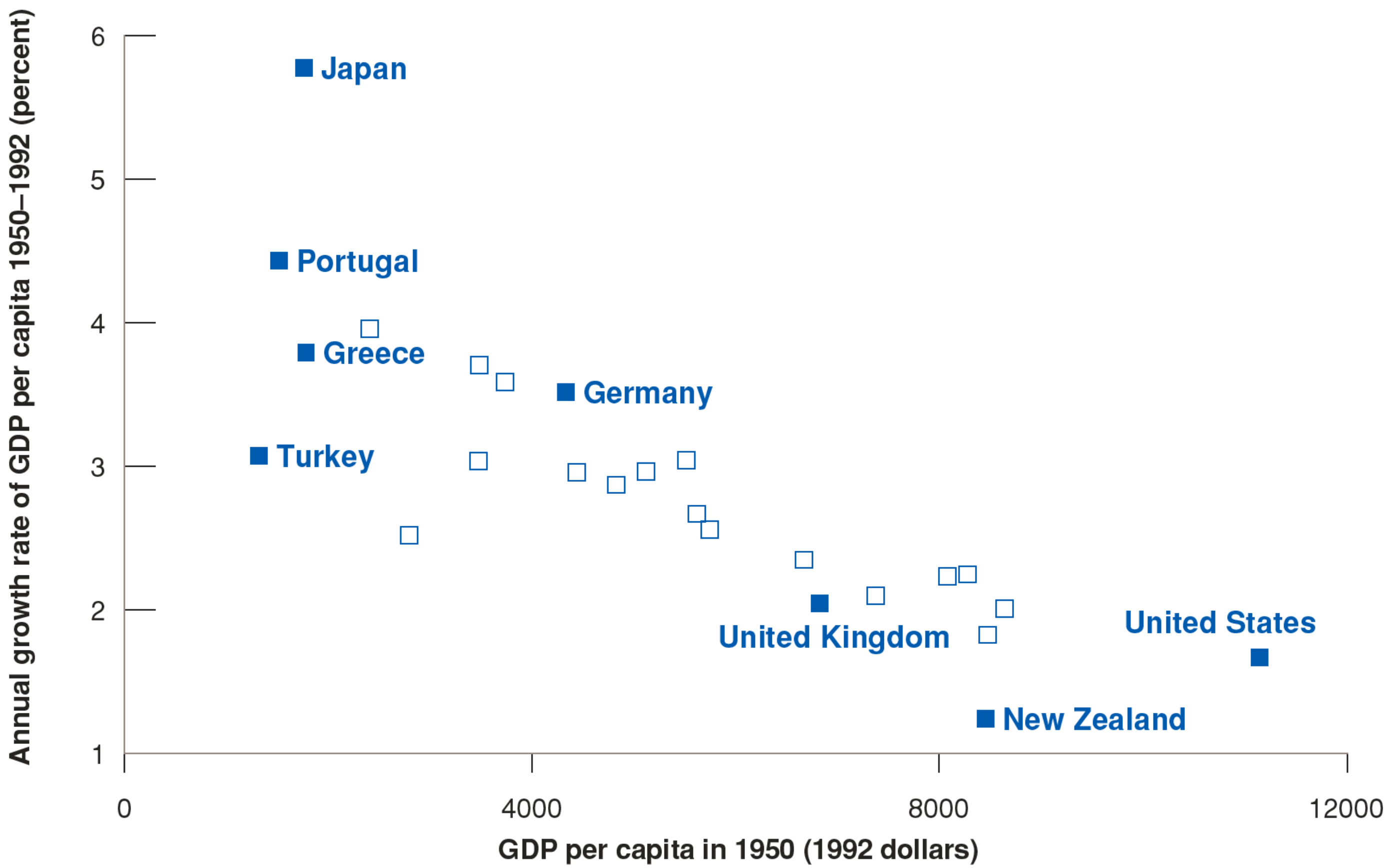
	Jährliche Wachstumsrate des realen BIP pro Kopf (%)		BIP pro Kopf (2011 dollars)		
	1950-1980	1980-2010	1950	2010	Verhältnis: reales BIP pro Kopf 2010 / 1950
France	3,8	1,4	7.813	36.123	4,6
Germany	4,7	1,6	6.458	41.659	6,5
Japan	6,5	1,8	3.110	35.121	11,3
United Kingdom	2,1	1,9	10.428	34.540	3,3
United States	2,3	1,8	14.491	49.288	3,4

3.1 Stilisierte Fakten

	Jährliche Wachstumsrate des realen BIP pro Kopf (%)		BIP pro Kopf (2011 dollars)		
	1950-1980	1980-2010	1950	2010	Verhältnis: reales BIP pro Kopf 2010 / 1950
France	3,8	1,4	7.813	36.123	4,6
Germany	4,7	1,6	6.458	41.659	6,5
Japan	6,5	1,8	3.110	35.121	11,3
United Kingdom	2,1	1,9	10.428	34.540	3,3
United States	2,3	1,8	14.491	49.288	3,4
China (ab 1952)	2,2	6,4	819	9.530	11,6

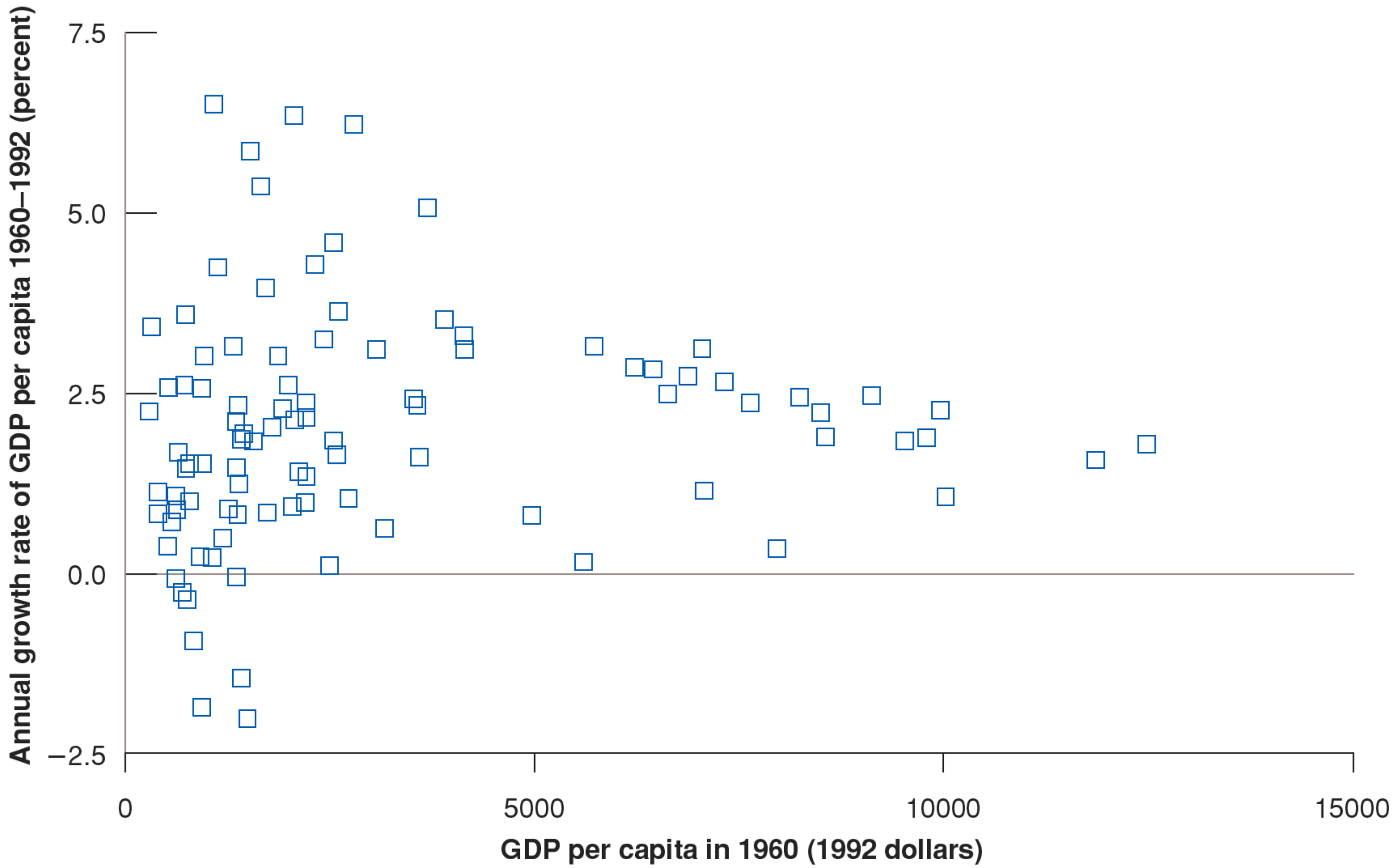
3.1 Stilisierte Fakten

Konvergenz der Pro-Kopf-Produktion, OECD-Länder



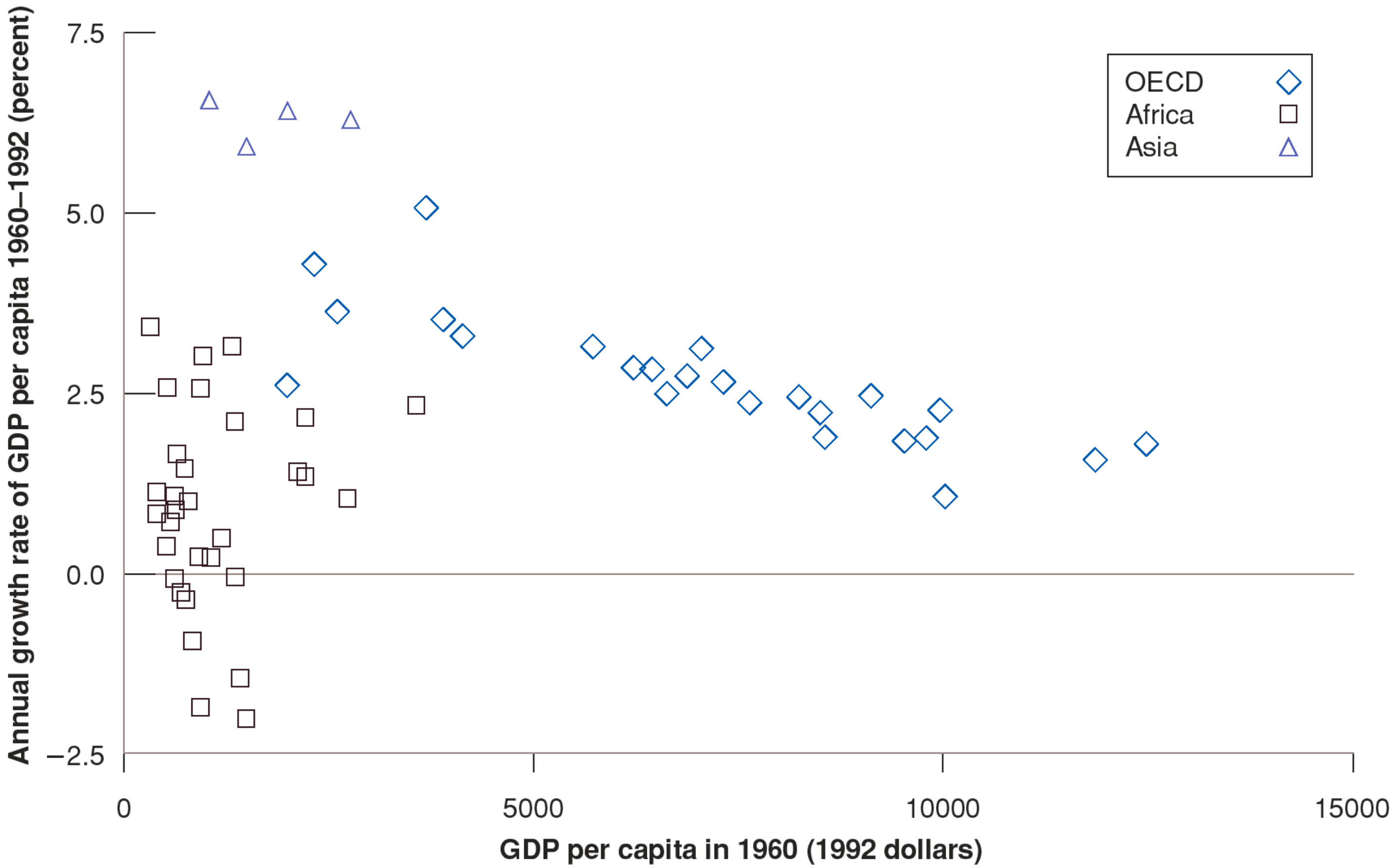
3.1 Stilisierte Fakten

Konvergenz ist keine verlässliche Regel, Länder aus allen Regionen



3.1 Stilisierte Fakten

Daten nach Ländergruppen



Gründe für hohes Volkseinkommen / Wachstum

Infrastruktur

Politische und rechtliche Stabilität

Zugang zu den internationalen Märkten

Ausbildungsniveau (Humankapital)

Effiziente Nutzung knapper Ressourcen

Kapitalbildung

Technischer Fortschritt

Aggregierte Produktionsfunktion

$$Y = F(K, N)$$

Output: Y = Aggregierte Produktion, BIP

Faktoren: K = Kapital
N = Arbeit

Wachstumsrate: $\Delta Y / Y$

3.2 Produktionsfunktion

Aggregierte Produktionsfunktion

Eigenschaften der Prod.fn. $Y = F(K, N)$

F(K,N) steigt in K und in N

Positive Grenzerträge: $dF/dK > 0$ $dF/dN > 0$

- **Grenzprodukt eines Faktors fällt mit zunehmendem Faktoreinsatz**

Fallende Grenzerträge: $d^2F/dK^2 < 0$ $d^2F/dN^2 < 0$

Warum fallen die Grenzerträge mit zunehmendem Faktoreinsatz?

3.2 Produktionsfunktion

Unternehmen führen Investitionen durch, wenn diese (i) einen positiven Beitrag zum Unternehmensgewinn erwarten lassen und (ii) finanzierbar sind.

Annahme: perfekter Kapitalmarkt, konstante Preise

Unternehmen erhält unbegrenzt Kredit zum Zinssatz r.

$\Longrightarrow$ Unternehmen führt alle Projekte durch, bei denen die Rendite größer ist als die Kapitalkosten r.

3.2 Produktionsfunktion

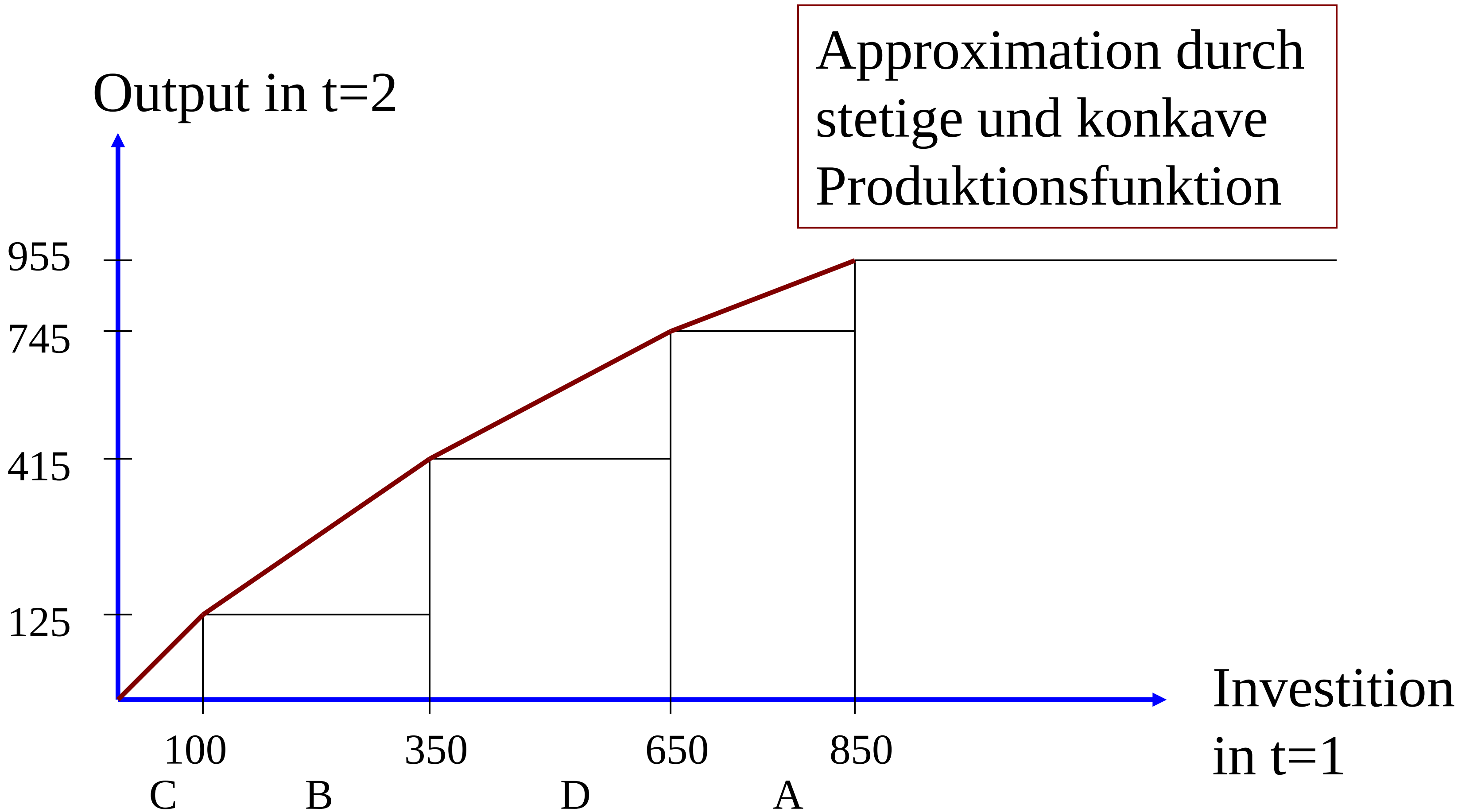
Beispiel

Projekt	Benötigtes Kapital in t=1	Auszahlung in t=2	Rendite (= Grenzprodukt des Kapitals - Abschreibung)
A	200	210	210/200 – 1 = 5%
B	250	290	290/250 – 1 = 16%
C	100	125	125/100 – 1 = 25%
D	300	330	330/300 – 1 = 10%

Kapitalgüter werden bei der Produktion in t=2 aufgebraucht (Abschreibung 100%).

3.2 Produktionsfunktion

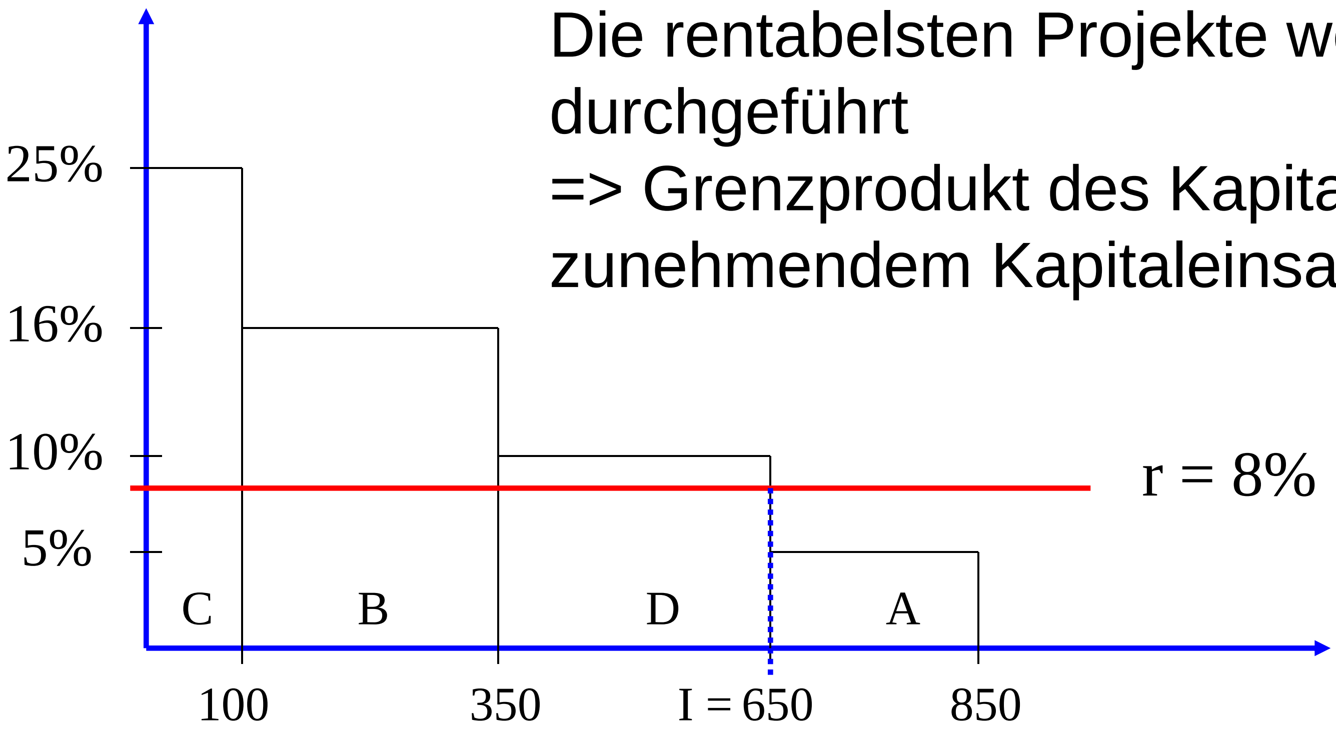
Ordne Projekte nach Rendite
C – B – D – A



3.2 Produktionsfunktion

Ein Projekt ist rentabel, wenn seine Rendite über dem Marktzins liegt.

Die rentabelsten Projekte werden zuerst durchgeführt
=> Grenzprodukt des Kapitals sinkt mit zunehmendem Kapitaleinsatz



Produktionsfaktor Kapital

Die Quellen des Wachstums

Die Sparquote (Ersparnis als Anteil am BSP) 1950-2000

U.S.A.	18,6%
BRD	24,6%
Japan	33,7%

- **Was denken Sie…**

Würde eine höhere Sparquote in Deutschland zu nachhaltig höherem Wachstum führen?

Die Quellen des Wachstums

Wie wirkt sich eine konstante Sparquote auf Kapitalakkumulation und Wachstum aus?

Gibt es eine optimale Sparquote?

Wie sollte eine Volkswirtschaft auf demografische Entwicklungen reagieren?

Welche Wirkungen hat technischer Fortschritt auf die Kapitalakkumulation?

Welche Wachstumsraten sind ökonomisch bzw. Ökologisch nachhaltig?

Produktionsfunktion

Aggregierte Produktionsfunktion $Y = F(K,N)$

- **Positive Grenzerträge:** $dF/dK > 0$ $dF/dN > 0$

Fallende Grenzerträge: $d^2F/dK^2 < 0$ $d^2F/dN^2 < 0$

- **Annahme 1: Konstante Skalenerträge**

$$F(\lambda K, \lambda N) = \lambda F(K,N) \qquad \forall \lambda > 0$$

Eine Erhöhung des Einsatzes aller Produktionsfaktoren um x% erhöht die Produktion ebenfalls um x%

3.3 Das Solow – Modell

Annahme 1: Konstante Skalenerträge

$$F(\lambda K, \lambda N) = \lambda F(K, N) \qquad \forall \lambda > 0$$

Folge 1: Pro-Kopf-Output Y/N hängt nur vom Verhältnis zwischen Kapital und Arbeit K/N ab:

- Warum ist das so? Wähle $\lambda = 1/N$

$$F(\lambda K, \lambda N) = F(K/N, 1) = \frac{1}{N} F(K, N) = \frac{Y}{N}$$

- **Sei k=K/N. F(k,1) = y=Y/N**

Annahme 1: Konstante Skalenerträge

$$F(\lambda K, \lambda N) = \lambda F(K, N) \qquad \forall \lambda > 0$$

Folge 2: Bei Entlohnung der Faktoren nach Grenzproduktivität wird der gesamte Output an die Faktorbesitzer ausgeschüttet.

Ableitung der Gleichung (1) nach λ ergibt

$$\frac{\partial F}{\partial K} K + \frac{\partial F}{\partial N} N = F(K, N) \qquad \text{Euler-Theorem}$$

3.3 Das Solow – Modell

- Wie realistisch ist die Annahme konstanter Skalenerträge?
- In vielen Branchen lassen sich große Stückzahlen günstiger produzieren als kleine Zahlen. Hier haben wir zunehmende Skalenerträge.
- Wenn wir jedoch alle Produktionsprozesse, alle Inputs einschließlich des Managements verdoppeln, dann sollte auch das doppelte herauskommen, d.h. konst. Skalenerträge.
- Können wir alle Inputs verdoppeln?

3.3 Das Solow – Modell

Sei **$y=Y/N$** **Output pro Arbeitseinheit,**

$k=K/N$ **Kapitalintensität**

Dann gilt: $y = F(k,1) = f(k)$

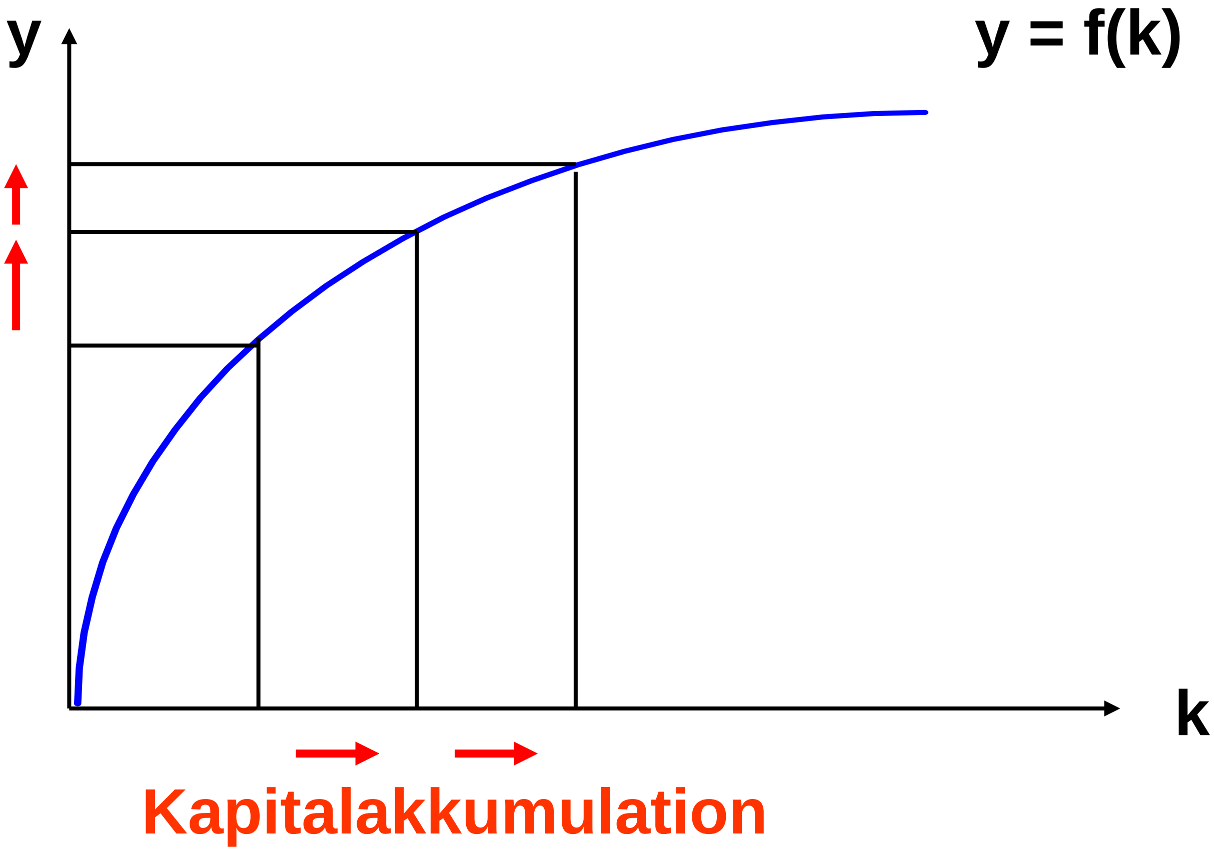
Pro-Kopf-Output als Funktion der Kapitalintensität

- ***Beachte: pro Kopf meint hier <u>pro Arbeitseinheit</u>***
- **Positive, aber abnehmende Grenzerträge des Kapitals:**

=> $f' = dF/dK > 0 \;,\; f'' = d^2F/dK^2 < 0$

- **Wir gehen zunächst von konstanter Erwerbsbevölkerung aus.**

Output und Kapital pro Beschäftigten



Das Solow – Modell

Die langfristige Beziehung zwischen Produktion und Kapital

- **Der Kapitalstock bestimmt, wie viel produziert wird**
- **Das Produktionsniveau bestimmt, wie viel gespart und investiert wird**

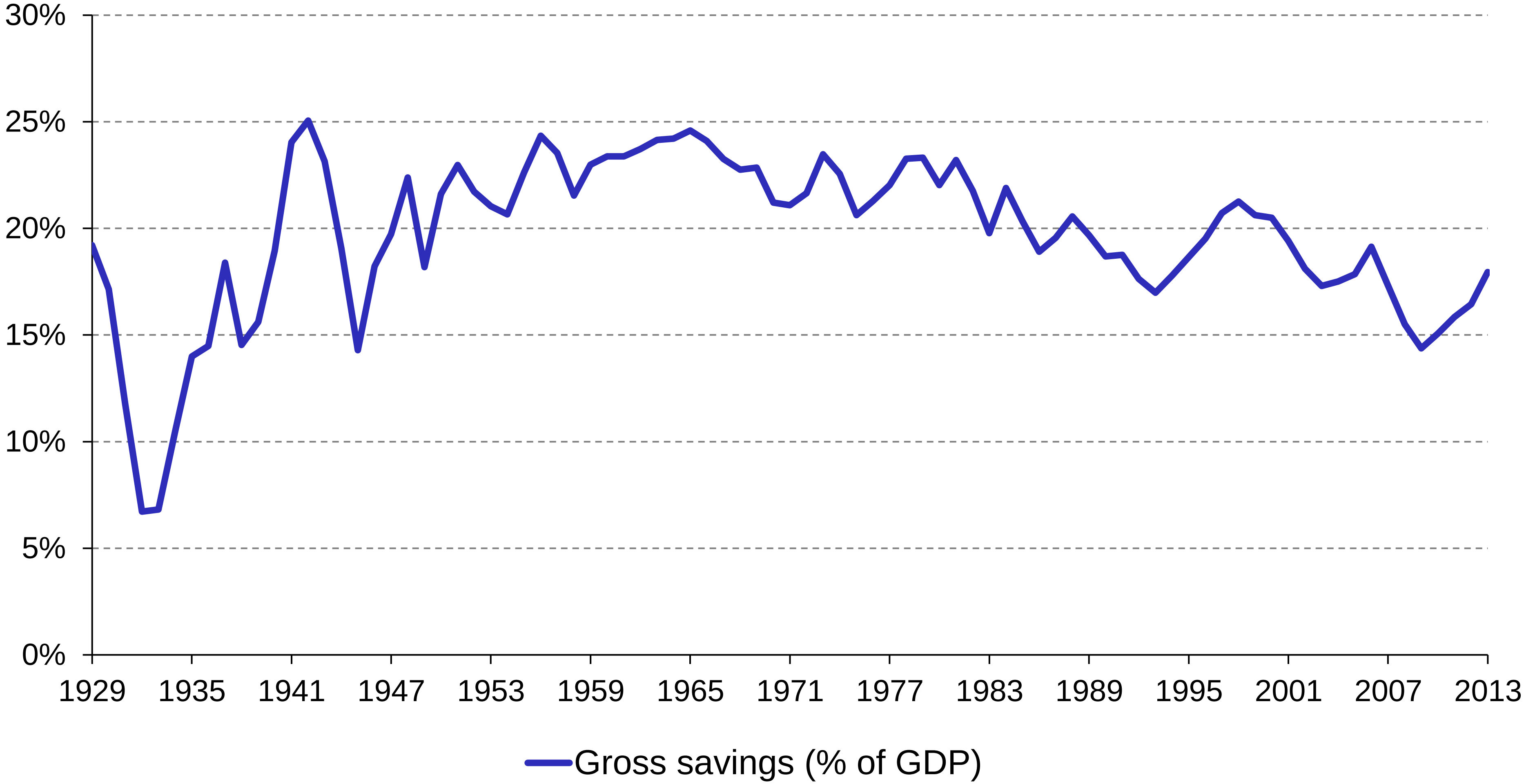
Das Solow-Modell beschreibt diese wechselseitige Abhängigkeit.

Annahme 2:	**Die Sparquote ist konstant**
Sparquote	**s = Bruttoinvestitionen / BIP**

auch „Investitionsquote“ genannt

Sparquote s = Bruttoinvestitionen / BIP

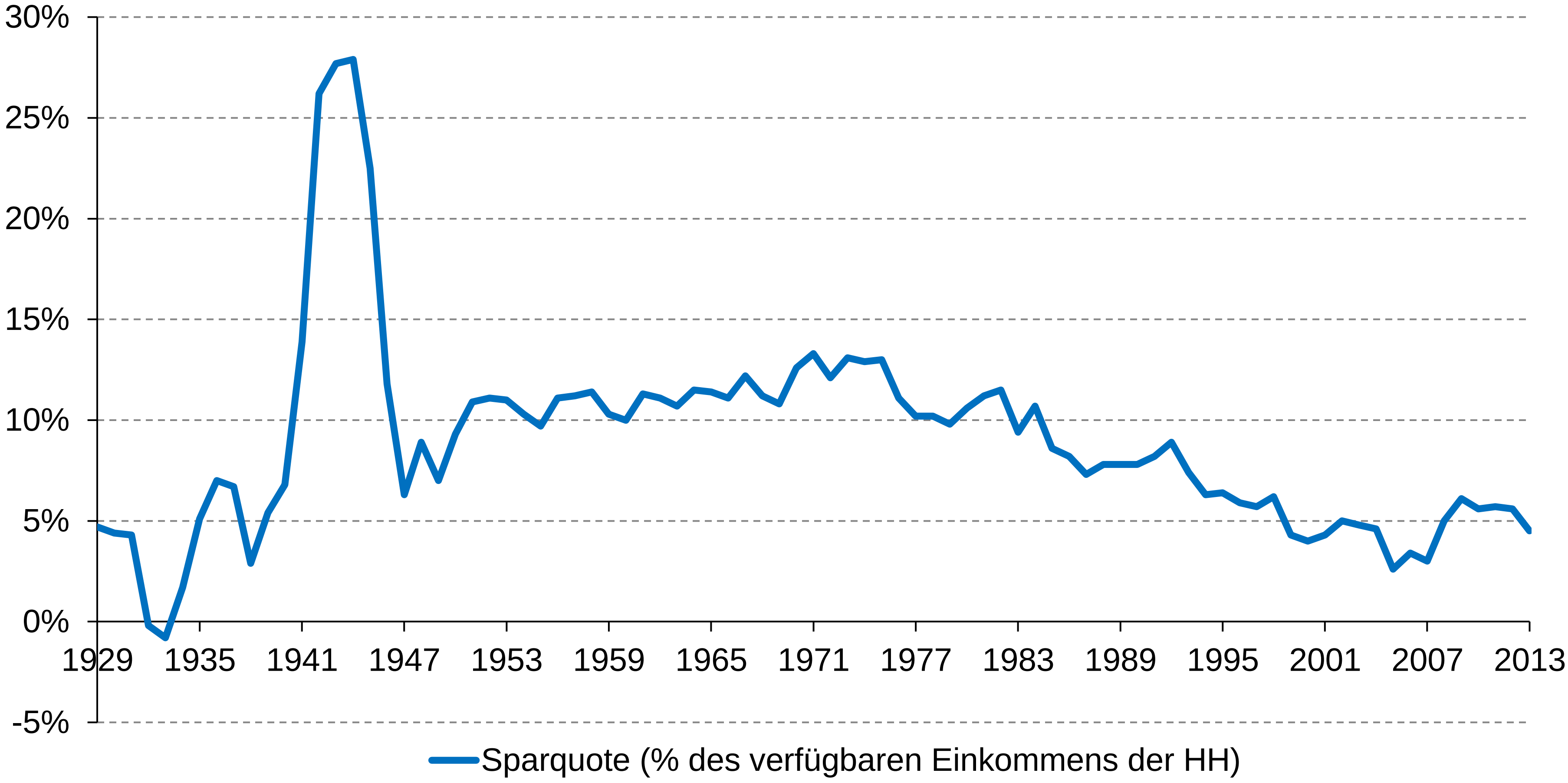
Spar- bzw. Investitionsquote der USA



Quelle: Federal Reserve Bank of St. Louis (April 2014)

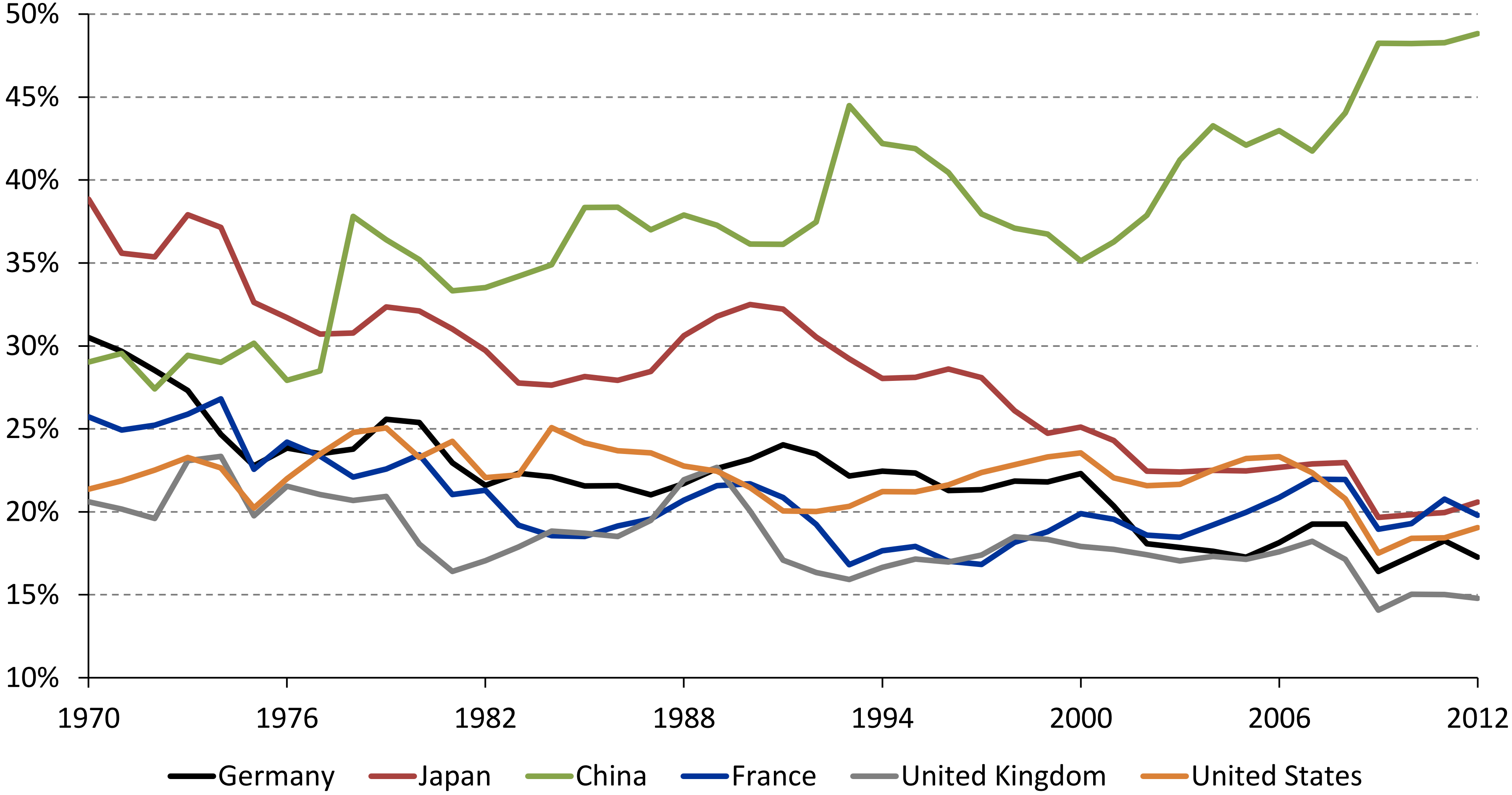
Volkswirtschaftliche Ersparnis als Anteil am verfügbaren Einkommen der Haushalte

gesamtw. Ersparnis = LB-überschuss + Nettoinvestitionen



Quelle: U.S. Bureau of Economic Analysis (April 2014)

Bruttoinvestitionen als Anteil am BIP



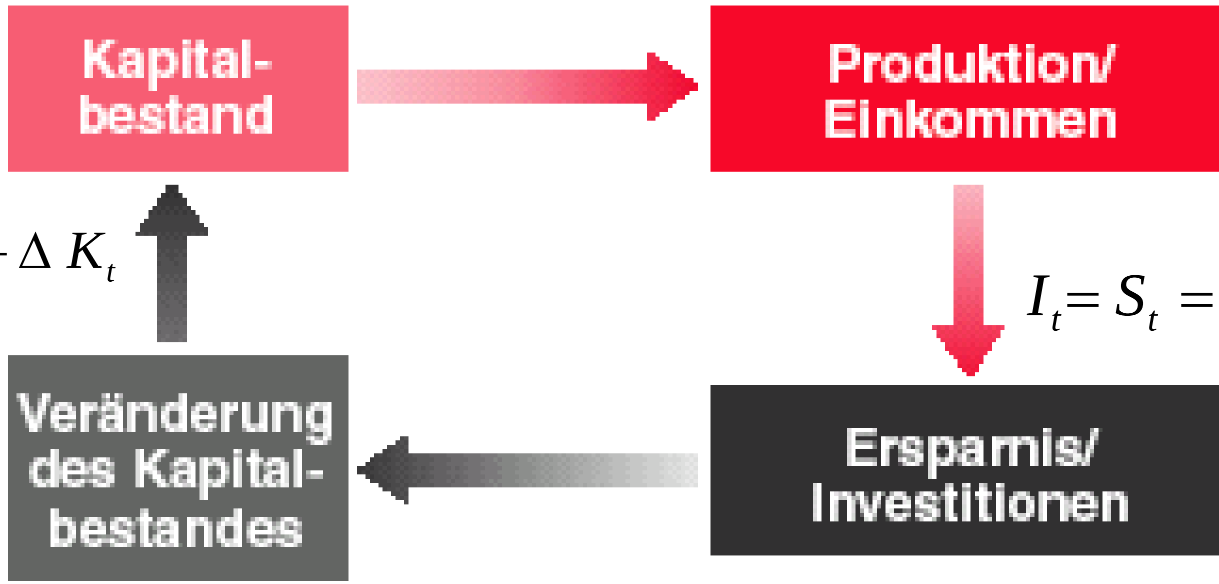
Quelle: The World Bank (April 2014)

3.3 Das Solow – Modell

Kapital, Produktion und Sparen/Investitionen

$$Y_{t+1} = F(K_{t+1}, N) \qquad Wachstum = Y_{t+1} - Y_t$$

$$Y_t = F(K_t, N)$$



$$K_{t+1} = K_t + \Delta K_t$$

$$I_t = S_t = s\,Y_t$$

$$\Delta K_t = I_t - Abschreibungen_t$$

Das Solow – Modell

- **BIP** $Y_t = F(K_t, N)$
- **Ersparnis = Investitionen** $I_t = s\, Y_t$
- **Konsum** $C_t = (1 - s)\, Y_t$
- **Abschreibungen** $\delta\, K_t$
- **Sparquote s und Abschreibungsrate δ sind konstant und zwischen 0 und 1.**
- **<u>Annahme 3</u>: Geschlossene Volkswirtschaft mit ausge-glichenem Staatsbudget $\Rightarrow$ BIP = BSP, I = S.**
- **Veränderung des Kapitalstocks im Zeitablauf:**

$$K_{t+1} - K_t = s\, Y_t - \delta\, K_t$$

Das Solow – Modell

In pro-Kopf-Größen:

BIP	$Y_t / N = F(K_t / N, 1)$
Bruttoinvestitionen	$s\, Y_t / N$
Konsum	$C_t / N = (1 - s)\, Y_t / N$
Abschreibungen	$\delta\, K_t / N$

- **Veränderung des Kapitalstocks im Zeitablauf:**

$$\frac{K_{t+1}}{N} - \frac{K_t}{N} = \frac{sY_t}{N} - \frac{\delta K_t}{N}$$

Das Solow – Modell

Sei $y_t = Y_t / N$, $k_t = K_t / N$, $c_t = C_t / N$

- BIP $y_t = f(k_t)$

Bruttoinvestition = Ersparnis $i_t = s\, y_t$

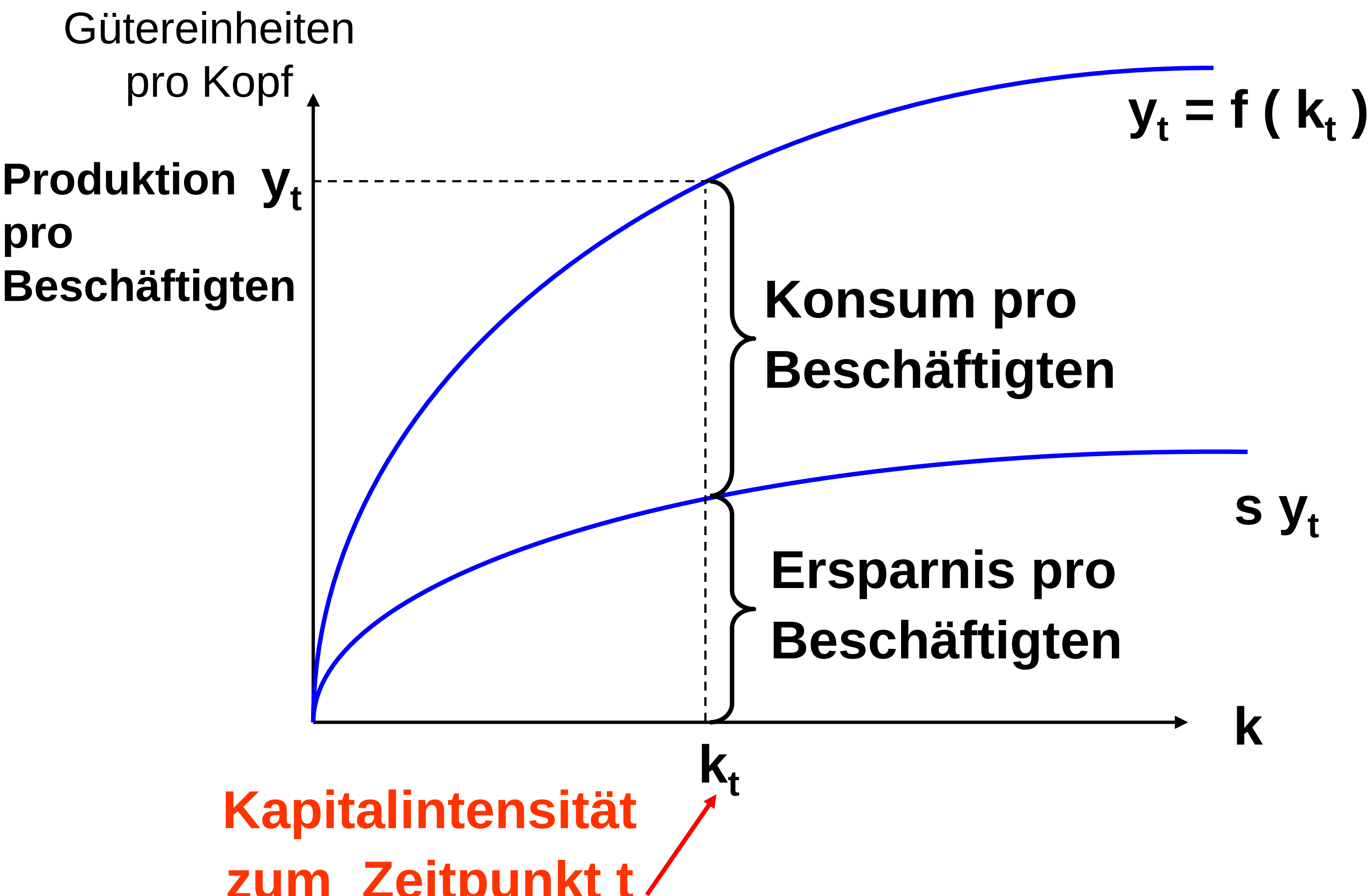
Konsum $c_t = (1 - s)\, y_t$

Abschreibungen $\delta\, k_t$

Veränderung der Kapitalintensität im Zeitablauf:

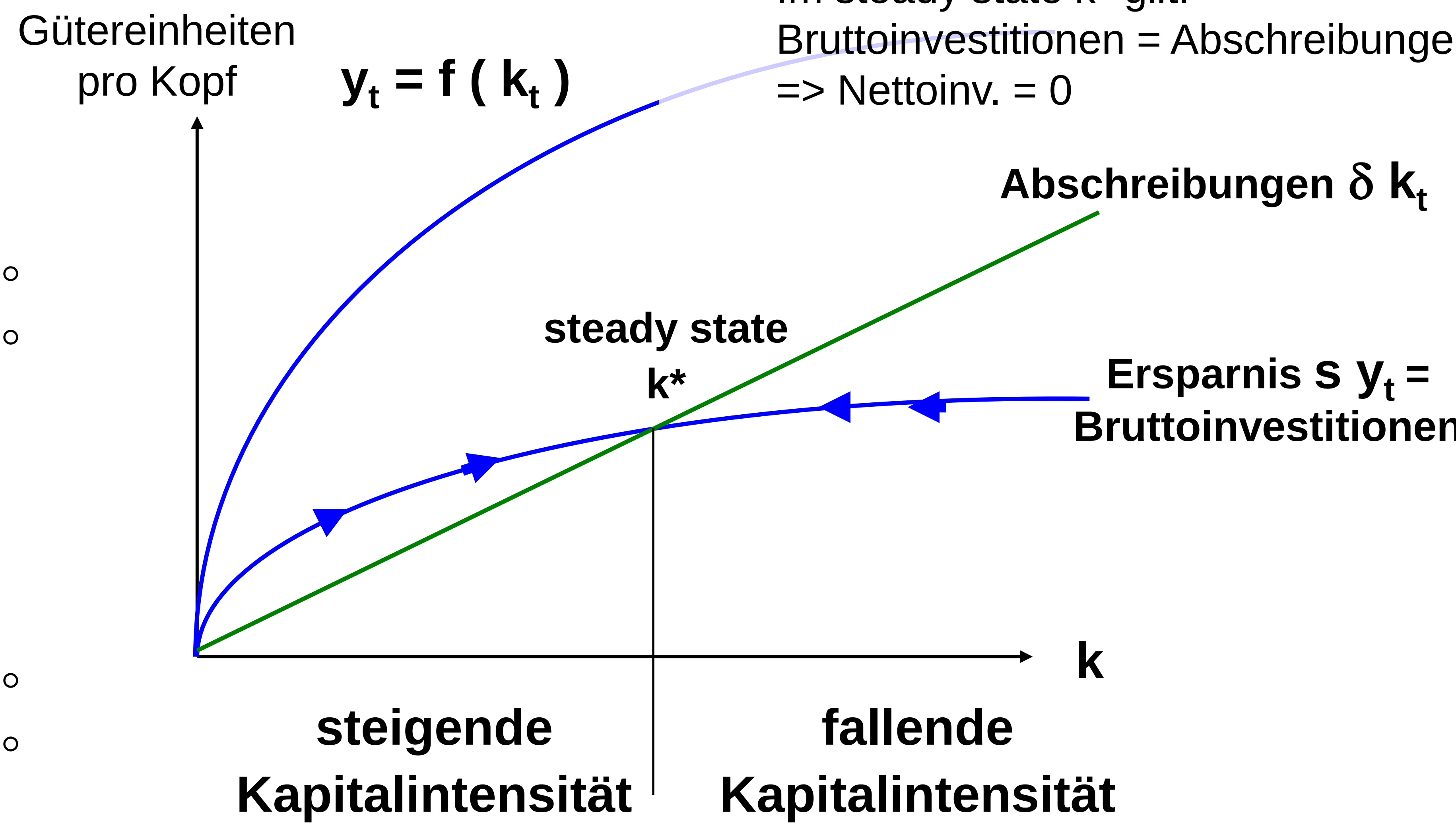
$$k_{t+1} - k_t = s\, f(k_t) - \delta\, k_t$$

Das Solow – Modell



Das Solow – Modell

Im steady state k* gilt:
Bruttoinvestitionen = Abschreibungen
=> Nettoinv. = 0



Das Solow – Modell

Berechnung des steady state k^*:
Veränderung der Kapitalintensität im Zeitablauf:

$$k_{t+1} - k_t = s\,f(k_t) - \delta\,k_t = 0$$

$$\Leftrightarrow \quad s\,f(k^*) = \delta\,k^*$$

Auflösen dieser Gleichung nach k^* ergibt den steady state (= langfristiges Wachstumsgleichgewicht).

- **Produktionsniveau im steady state** $y^* = f(k^*)$

  Konsum im steady state $c^* = (1-s)\,y^*$

Das Solow – Modell

Komparative Statik:

Wie reagiert der steady state auf die Sparquote?

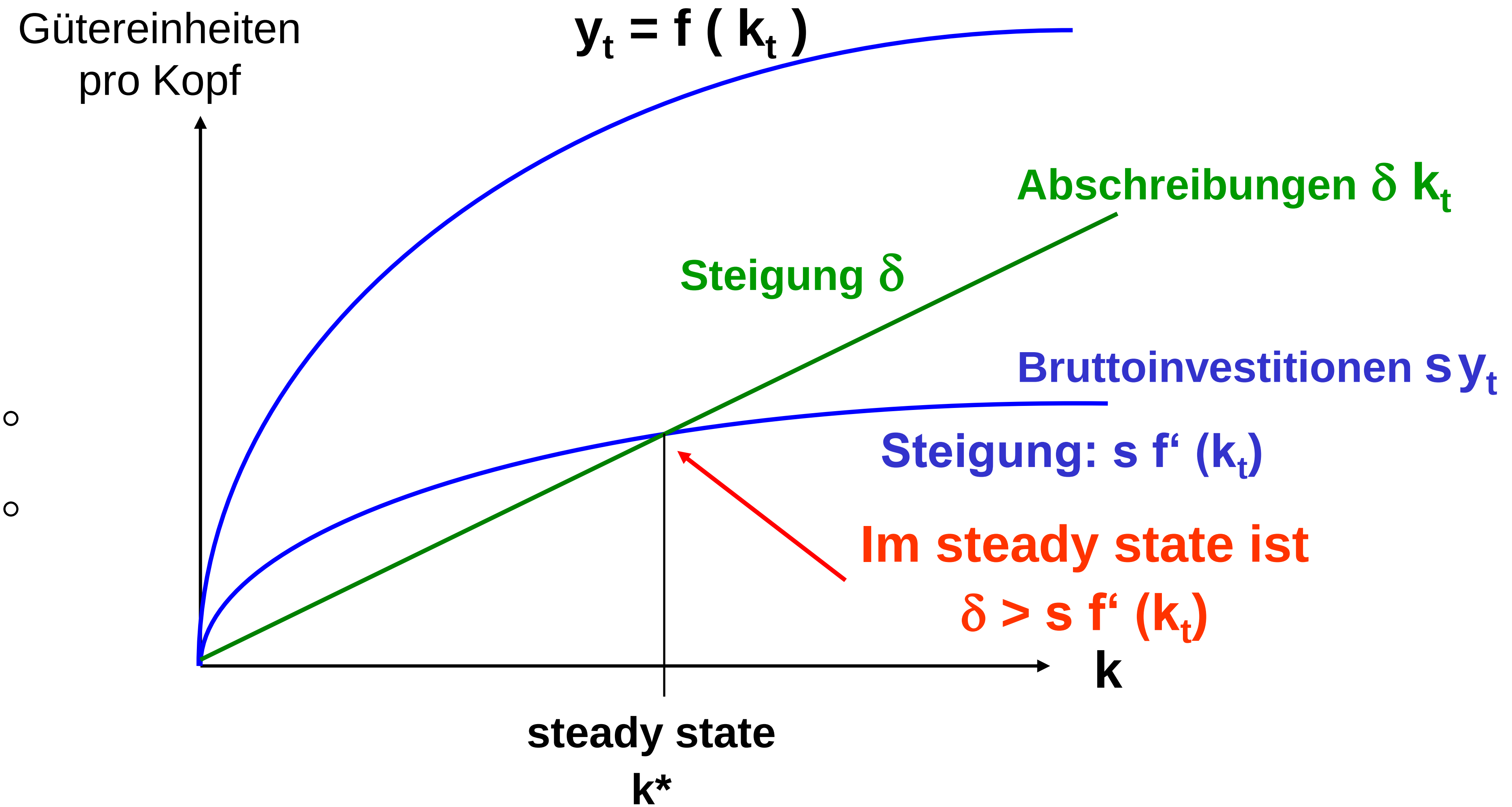
Totales Differential der Gleichung $s\ f(k^*) = \delta\, k^*$ **ergibt:**

$$f(k^*)\,ds + s\ f\,'(k^*)\,dk^* = \delta\, dk^*$$

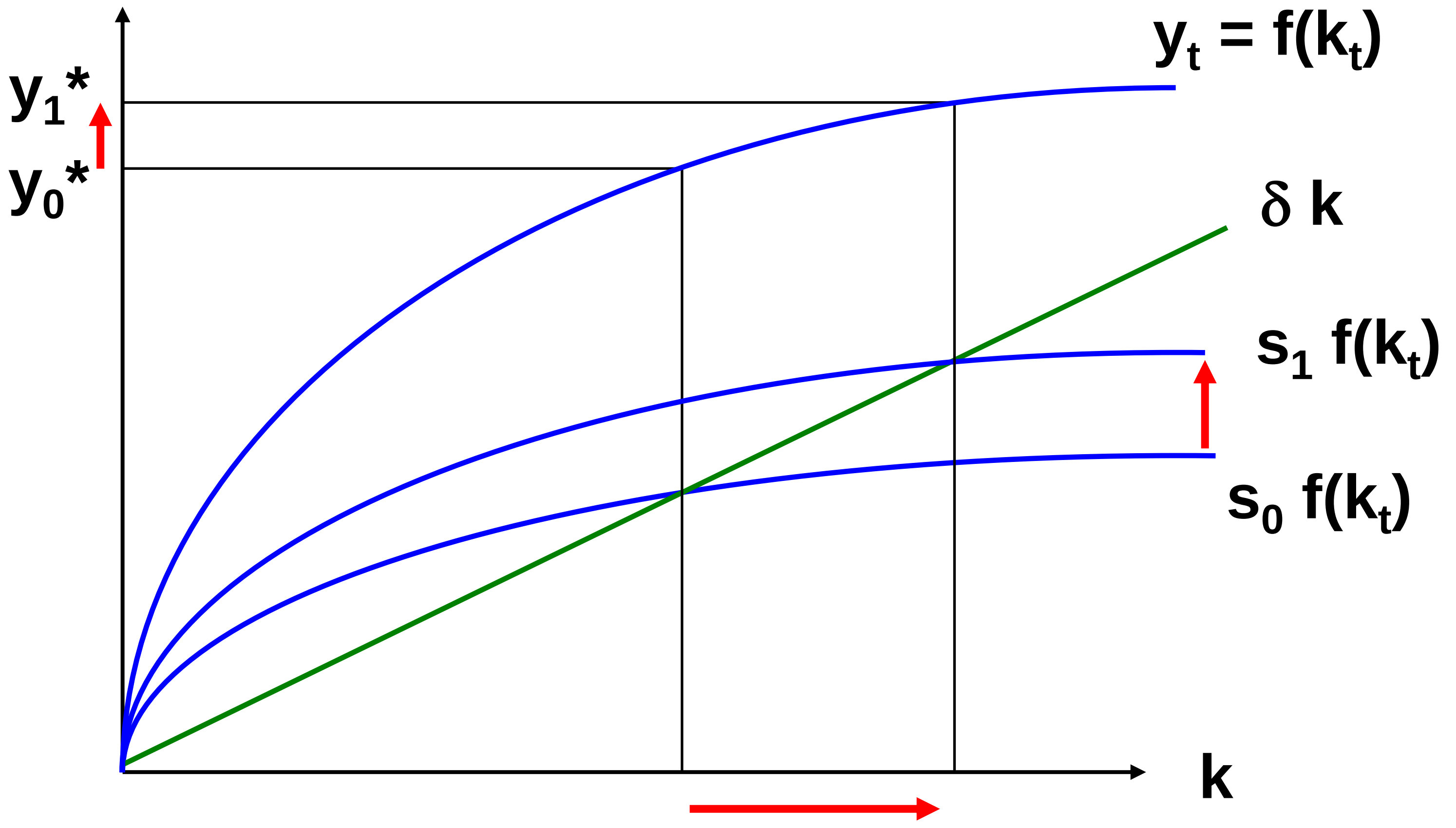
$$\Leftrightarrow \quad \frac{dk^*}{ds} = \frac{f(k^*)}{\delta - sf\,'(k^*)} > 0$$

weil im steady state δ > s f ‘

Das Solow – Modell



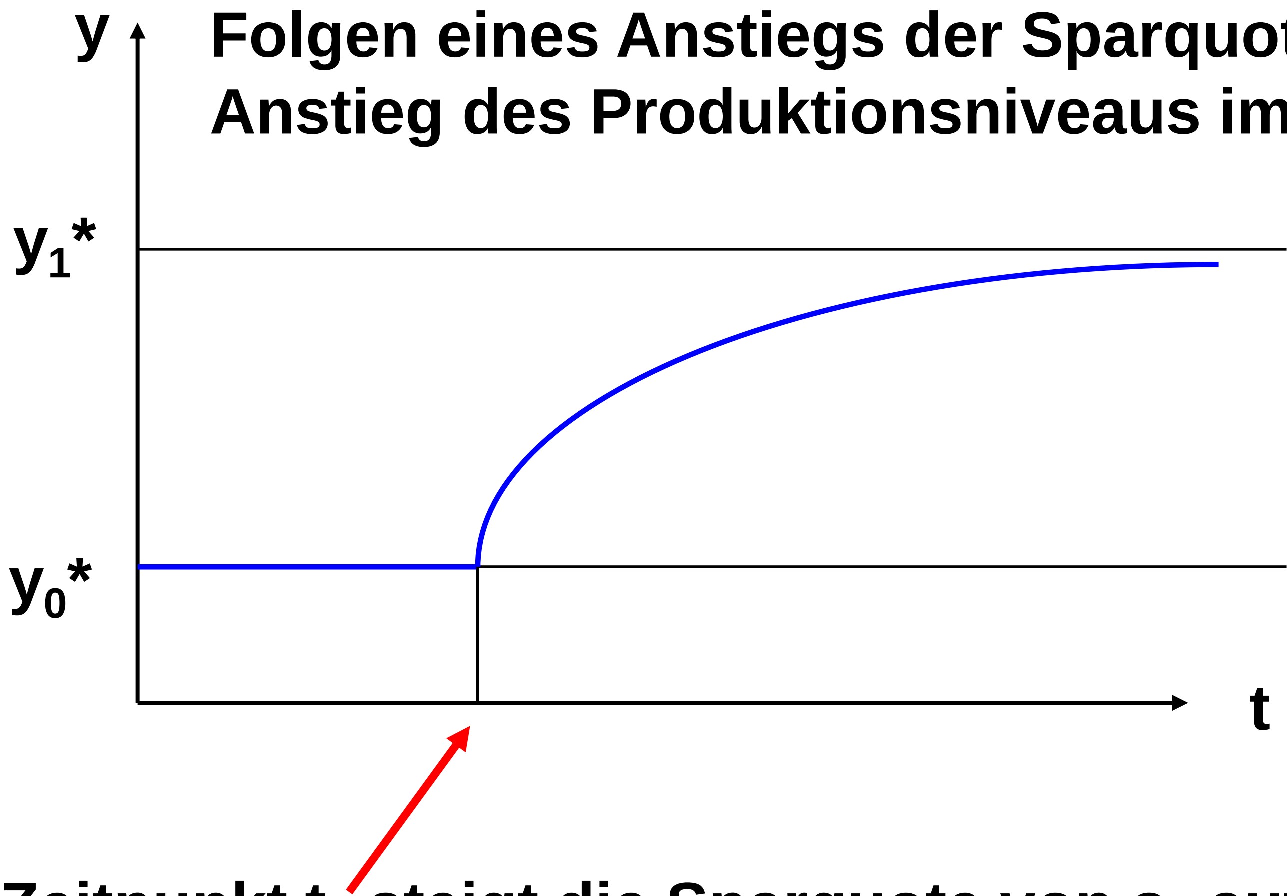
Das Solow – Modell



- Ein Anstieg der Sparquote von s_0 auf s_1 erhöht den steady state und führt vorübergehend zu Wachstum

Das Solow – Modell

Folgen eines Anstiegs der Sparquote:
Anstieg des Produktionsniveaus im Zeitverlauf



Im Zeitpunkt t_0 steigt die Sparquote von s_0 auf s_1 an.

Das Solow – Modell

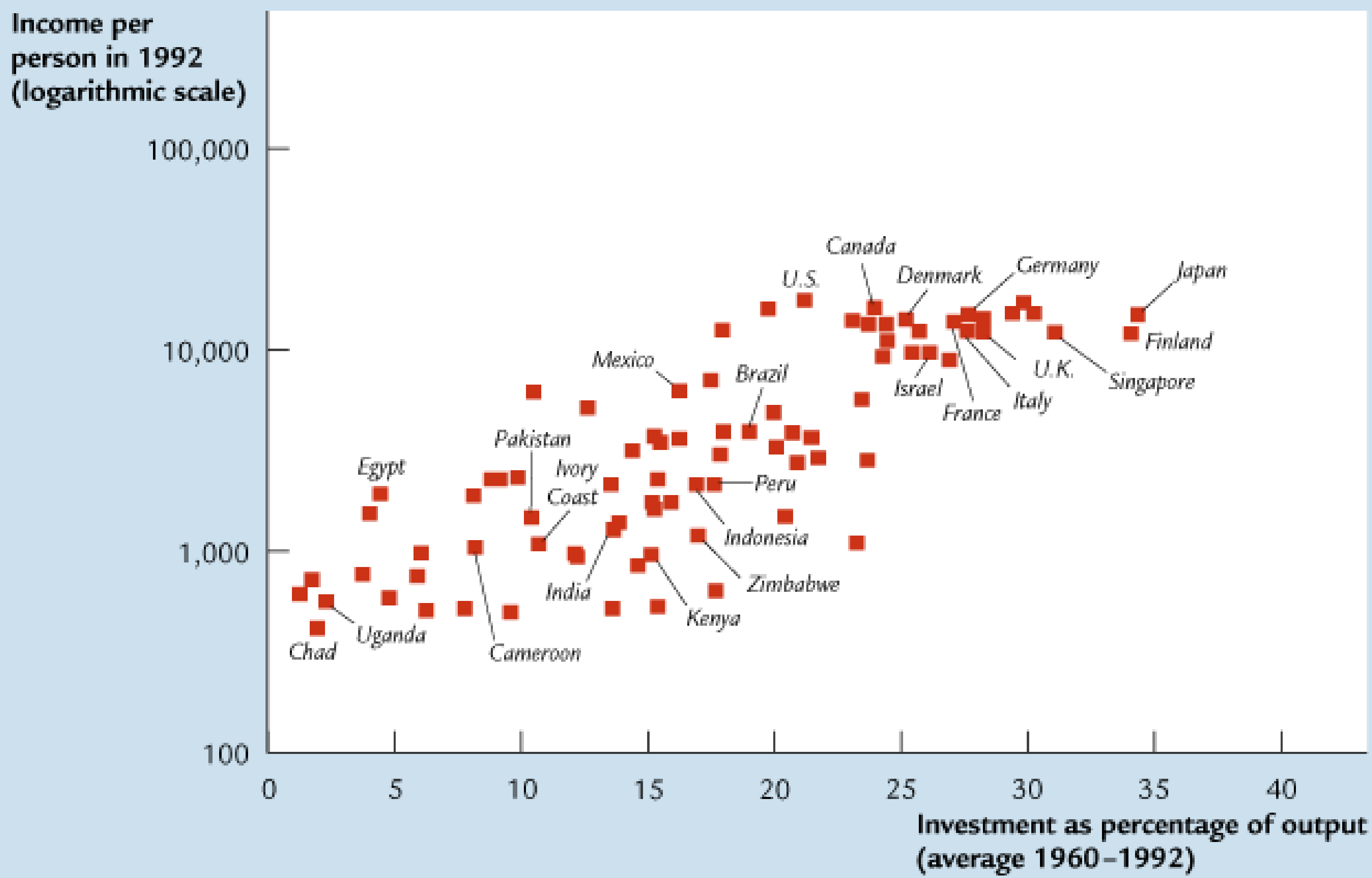
Zwischenfazit:

- “Welchen Einfluss hat die Spar- bzw. Investitionsquote auf die Wachstumsrate der Produktion?”

  Die bisherige Analyse liefert uns drei Antworten auf diese Frage:

  1. Eine höhere Sparquote lässt für einige Zeit die Produktion stärker wachsen bis der neue steady state erreicht ist.
  2. Die Sparquote beeinflusst die langfristige Wachstumsrate der Produktion je Beschäftigten <u>nicht</u>. Diese liegt bei Null.
  3. Die Sparquote bestimmt aber die Höhe des langfristigen Produktionsniveaus je Beschäftigten. Ceteris paribus erreichen Länder mit einer höheren Sparquote also ein höheres Produktionsniveau.

figure 4-6 **page 88**



International Evidence on Investment Rates and Income per Person

Beispiel für Solow-Modell

Die Produktionsfunktion sei $F(K,N) = 15\,K^{2/3}\,N^{1/3}$,

Sparquote $s = 20\%$, Abschreibungsrate $\delta = 10\%$

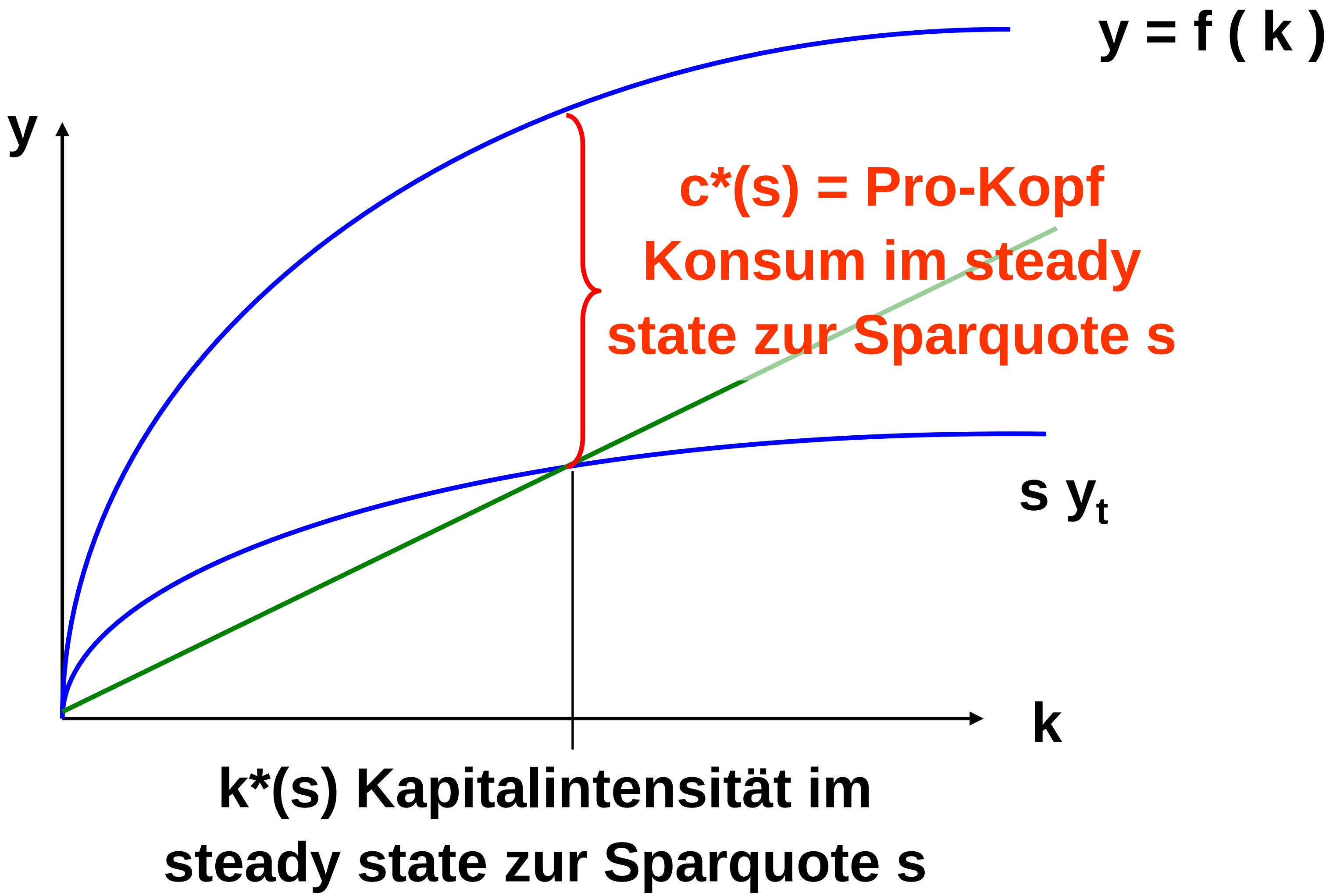
a) Intensitätsform der Produktionsfunktion:

Beispiel für Solow-Modell

c) Wie lange dauert es, bis der steady state erreicht wird?

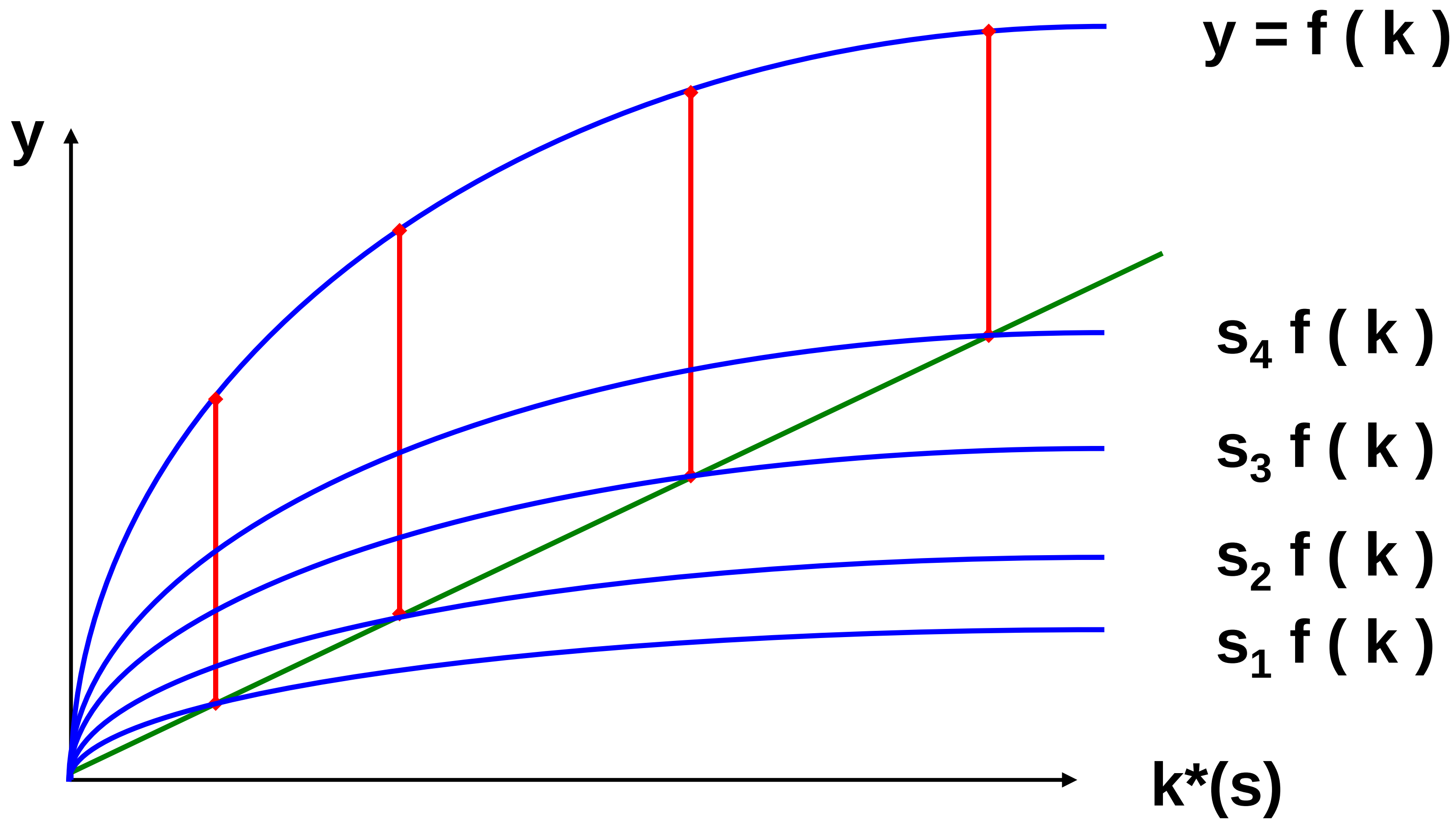
d) Pro-Kopf-Konsum im steady state:

Das Solow – Modell

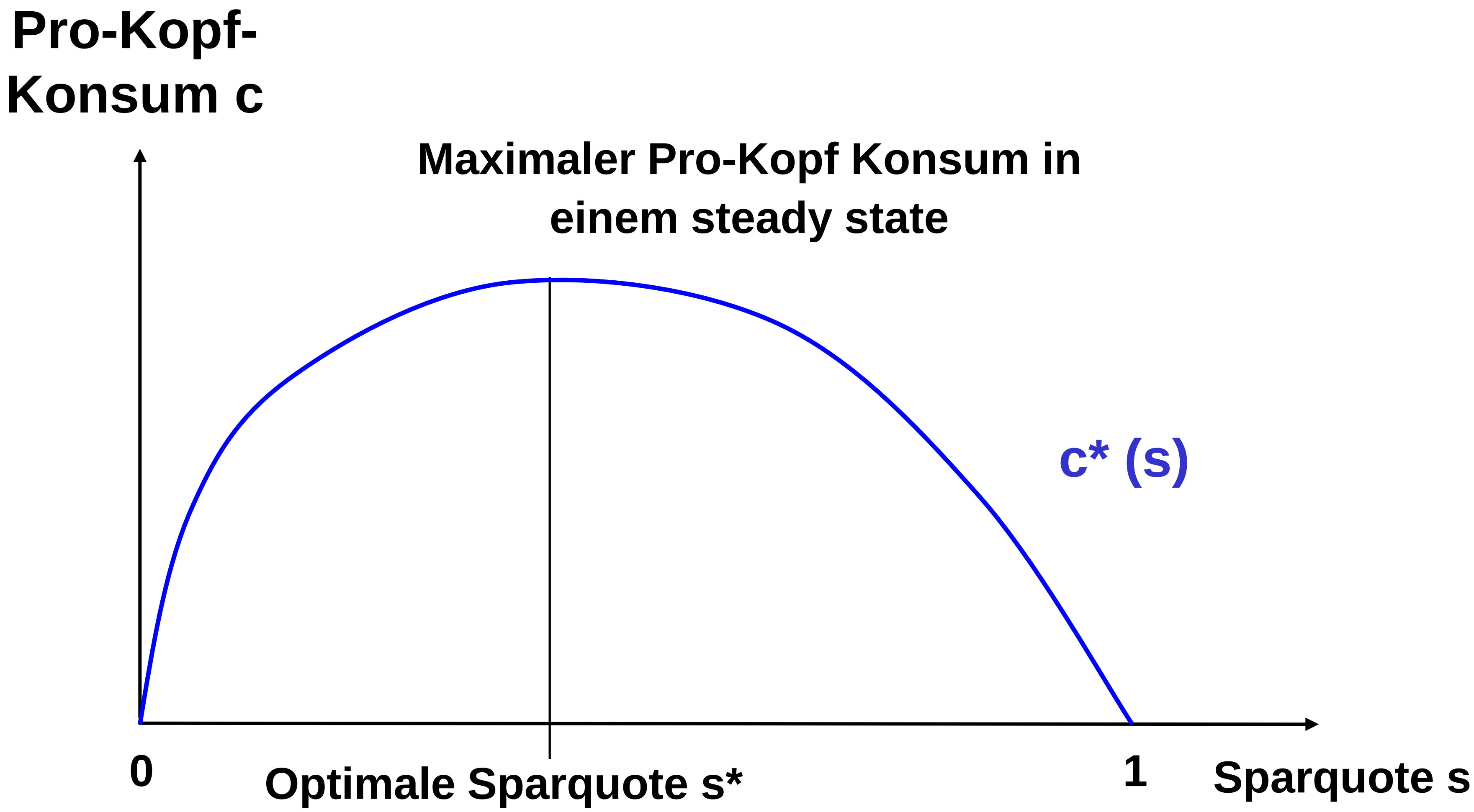


Das Solow – Modell

Pro-Kopf Konsum in den steady states zu verschiedenen Sparquoten (s_1 bis s_4)



Das Solow – Modell



Das Solow – Modell

Der steady state der *Golden Rule* ermöglicht einen höheren Pro-Kopf-Konsum als jeder andere steady state. [Edmund Phelps, Nobelpreis 2006]

Lit: Phelps (1961) The Golden Rule of Accumulation: A Fable for Growthman, AER 51, 638-643.

Konsum im steady state $= f(k) - \delta\, k$

Die Kapitalintensität im steady state der *Golden Rule* ergibt sich aus $\max_k \; f(k) - \delta k$

Optimalitätsbedingung $f'(k) = \delta$

Auflösen dieser Gleichung nach k ergibt $k^{**} = f'^{-1}(\delta)$

Das Solow – Modell

Wie kommt man zum steady state der Golden Rule?
Mit der optimalen Sparquote *s, bei der die Ökonomie von allein gegen den steady state der Golden Rule konvergiert.**

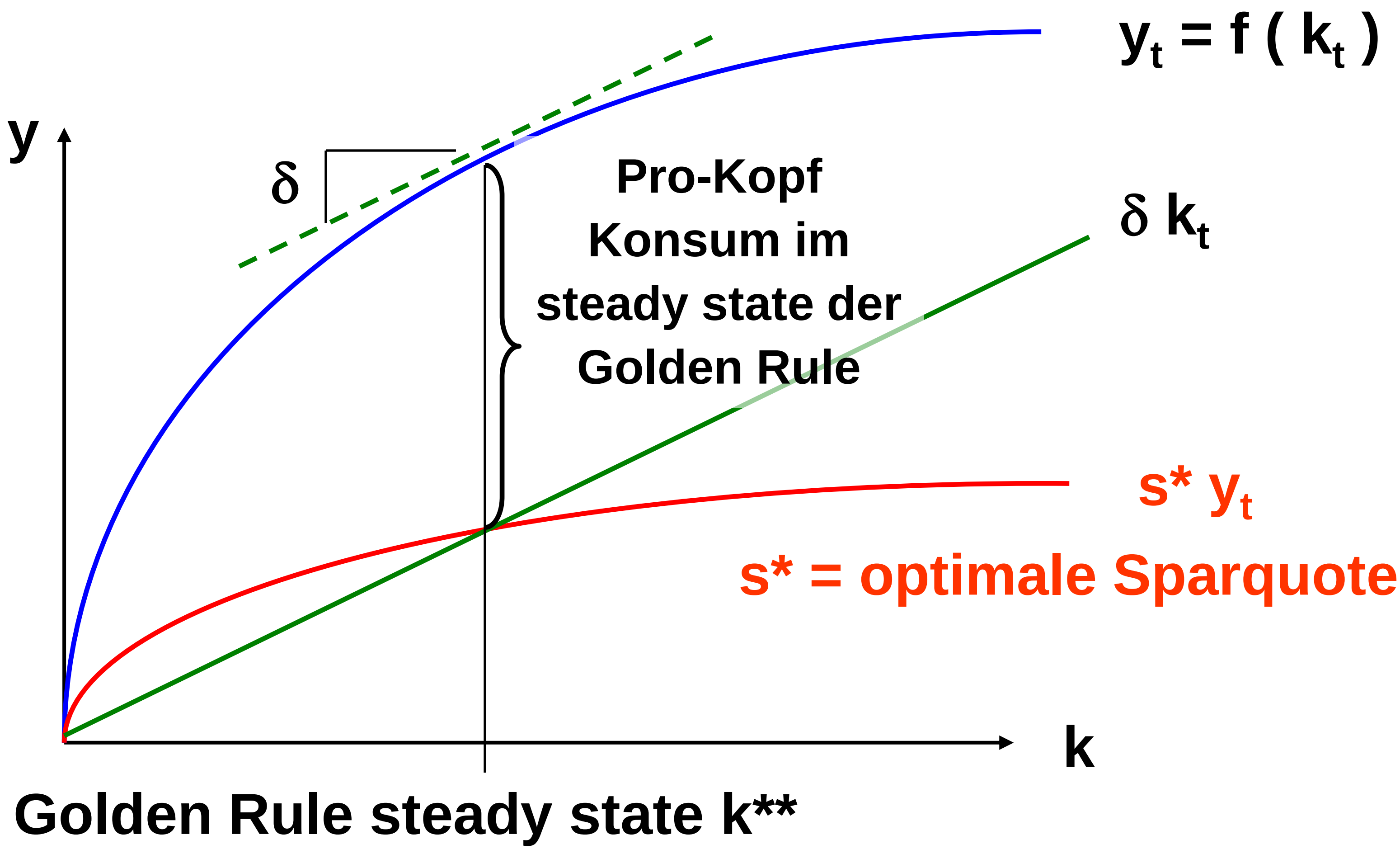
Wir können s* aus k berechnen: Im steady state gilt**

$$sf(k) = \delta k$$

daher gilt

$$s^* = \delta k^{**} / f(k^{**})$$

Das Solow – Modell



Das Solow – Modell: Goldene Regel

Die optimale Sparquote kann (bei geeigneter Form der Produktionsfunktion) auch direkt berechnet werden:

Kapitalintensität im steady state k^*:

$$k_{t+1} - k_t = s\, f(k_t) - \delta\, k_t = 0$$

$$\Leftrightarrow \qquad s\, f(k^*) = \delta\, k^*$$

Auflösen dieser Gleichung (falls möglich) ergibt $k^*(s)$.

- **Suche die Sparquote mit dem maximalen Pro-Kopf-Konsum im zugehörigen steady state:**

$$\mathrm{Max}_s\; f(k^*(s)) - \delta\, k^*(s) \qquad \Rightarrow s^*$$

Das Solow – Modell: Goldene Regel

Ökonomische Intuition

Warum ist s<s* nicht optimal?

Bei einer Sparquote unterhalb von s* kann ein höherer Zukunftskonsum nur durch eine höhere Ersparnis erreicht werden. => Es gibt einen Trade-off zwischen Gegenwarts- und Zukunftskonsum

Zeitpräferenz, Verteilung zwischen Generationen werden im Solow-Modell nicht berücksichtigt

Das Solow – Modell: Goldene Regel

Warum ist s>s* nicht optimal?

Hier führt eine Senkung der Sparquote zu einem höheren Pro-Kopf Konsum im steady state, obwohl der Kapitalstock sinkt.

Ein Rückgang der Ersparnis geht mit einem Anstieg des Zukunftskonsums einher.

=> Gegenwarts- und Zukunftskonsum können gesteigert werden.

Dynamische Ineffizienz!

Die Sparquote ist zu hoch!

Solow-Modell

- Bei konstanter Technik und konstanter Bevölkerungszahl: kein Wachstum
- Erweiterung um Bevölkerungswachstum und technischen Fortschritt
- Screencast Wachstum – Teil 2