
3.

Wachstum und technischer Fortschritt

Blanchard / Illing, Kapitel 10 – 13

Wachstum und technischer Fortschritt

- Was ist Wirtschaftswachstum und warum gibt es in modernen Gesellschaften beständig Wirtschaftswachstum?
什么是经济增长，为什么现代社会会有持续的经济增长？
人口发展、资本积累和技术进步在增长过程中起什么作用？
经济增长的经济和环境可持续性的先决条件是什么？
我们需要增长吗？
- 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

- 3.1 Stilisierte Fakten
- 3.2 Produktionsfunktion
- 3.3 Das Solow-Modell
- 3.4 Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt im Solow Modell
- 3.5 Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit
- 3.6 Die Rolle des technischen Fortschritts im Wachstumsprozess
- 3.7 Determinanten des technischen Fortschritts
- 3.8 Verteilungswirkungen von technischem Fortschritt

3.1 简化事实
3.2 生产函数
3.3 索洛模型
3.4 索洛模型中的人口增长和技术进步
3.5 增长与生态可持续性
3.6 技术进步在增长过程中的作用
3.7 技术进步的决定因素
3.8 技术进步的分配效应

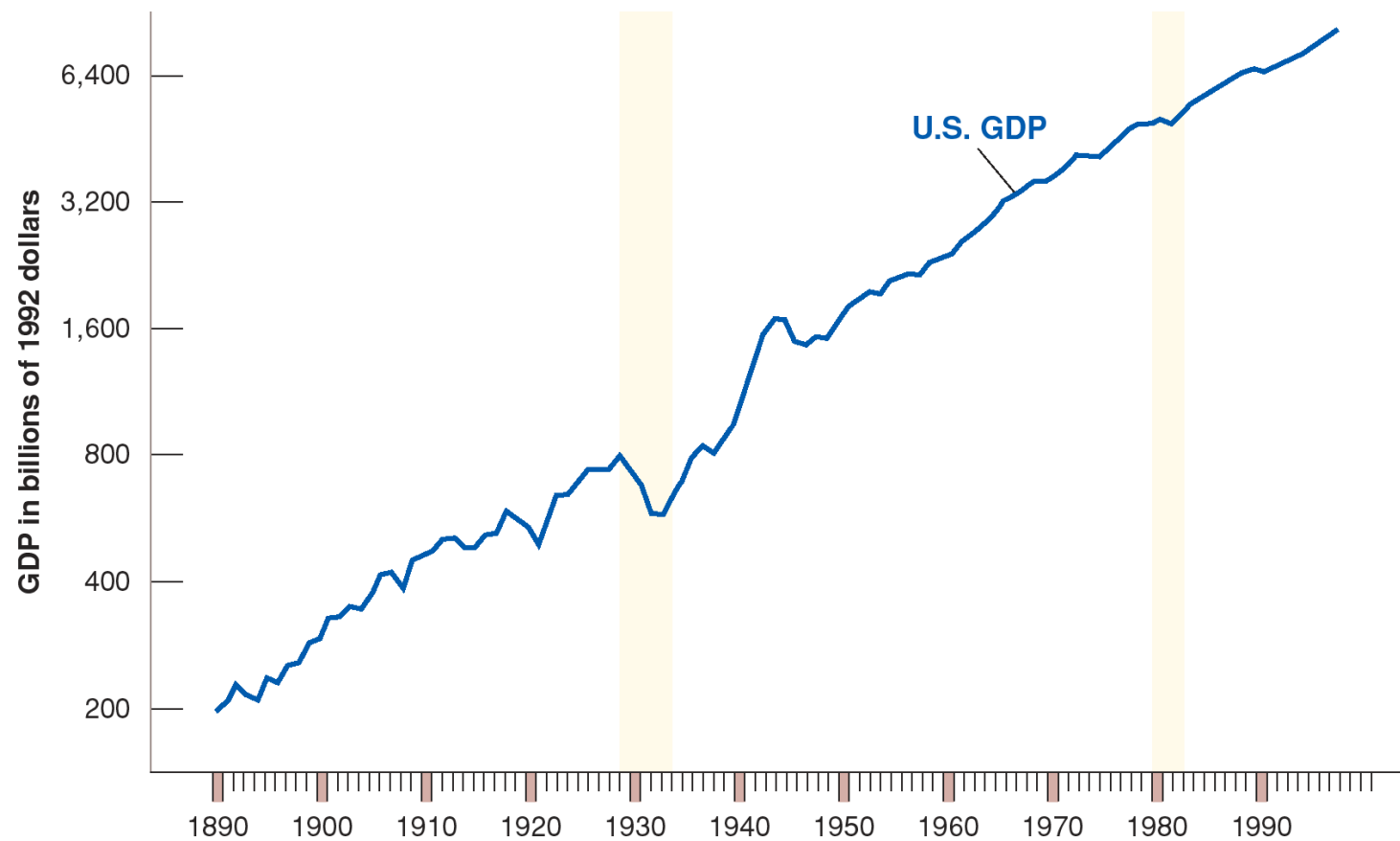
Literatur

- 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

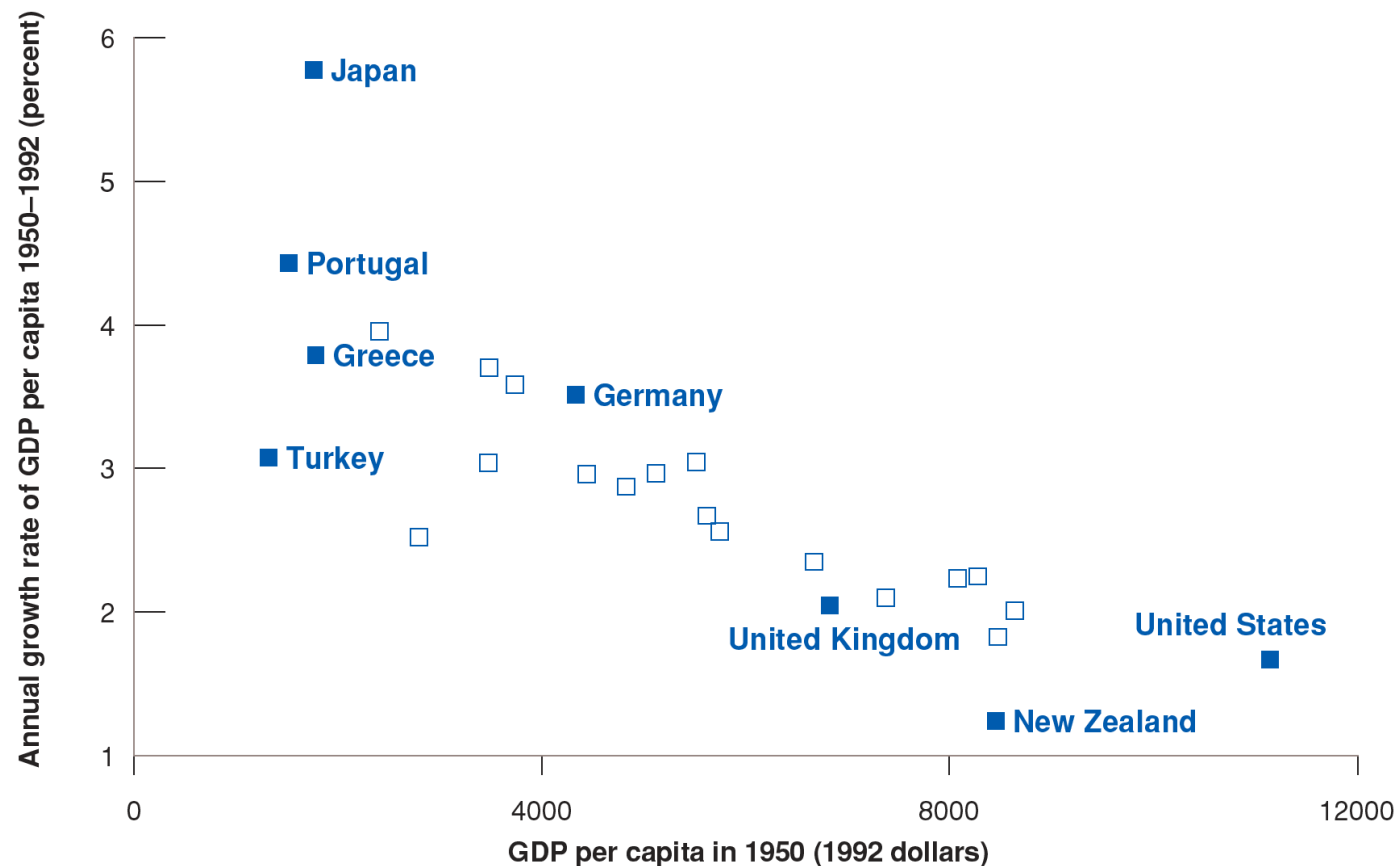
	Jährliche Wachstumsrate des realen BIP pro Kopf (%)		BIP pro Kopf (2011 dollars)		Verhältnis: reales BIP pro Kopf
	1950-1980	1980-2010	1950	2010	2010 / 1950
France	3,8	1,4	7.813	36.123	4,6
Germany	4,7	1,6	6.458	41.659	6,5
Japan	6,5	1,8	3.110	35.121	11,3
United Kingdom	2,1	1,9	10.428	34.540	3,3
United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

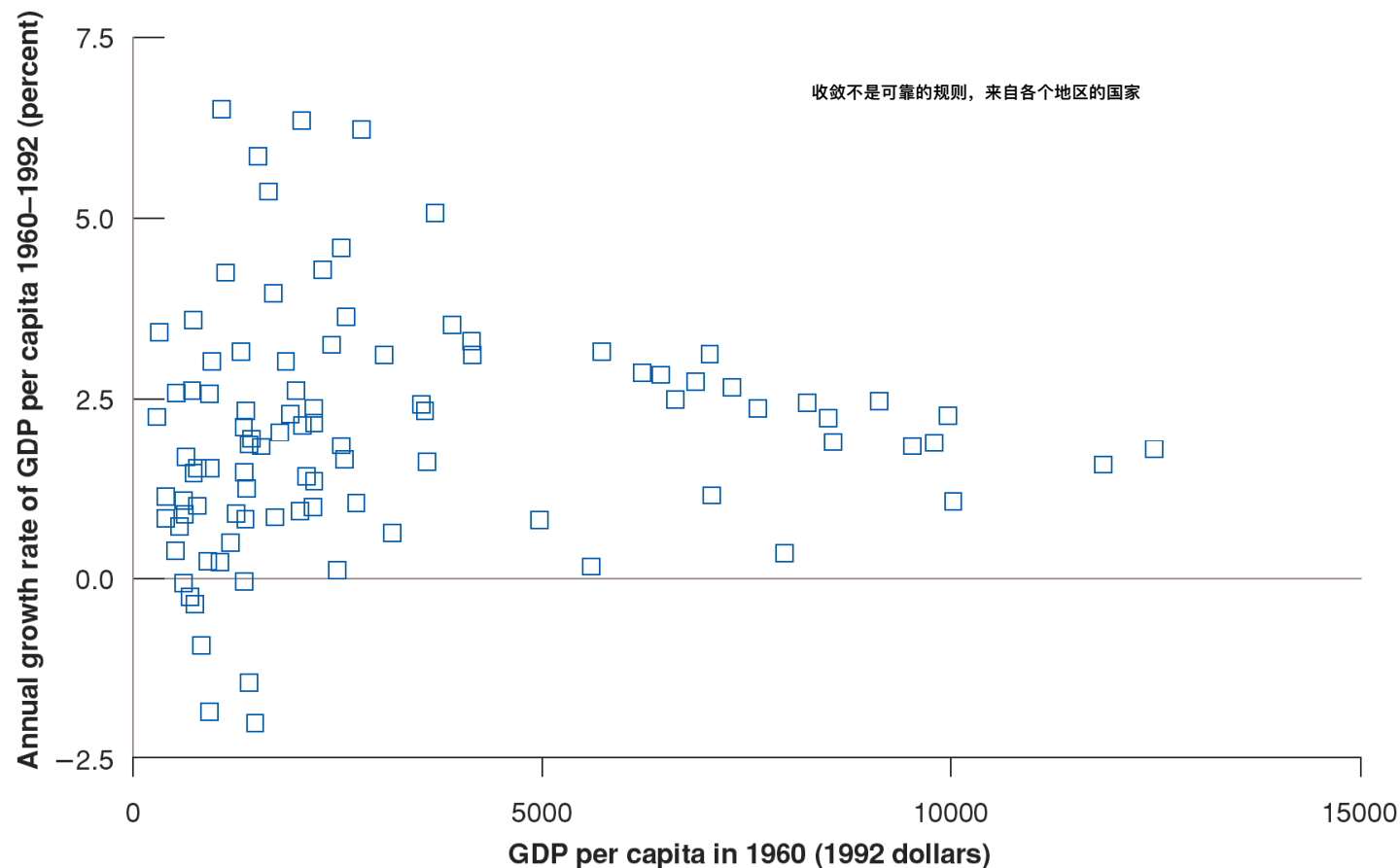
3.1 Stilisierte Fakten

Konvergenz der Pro-Kopf-Produktion, OECD-Länder



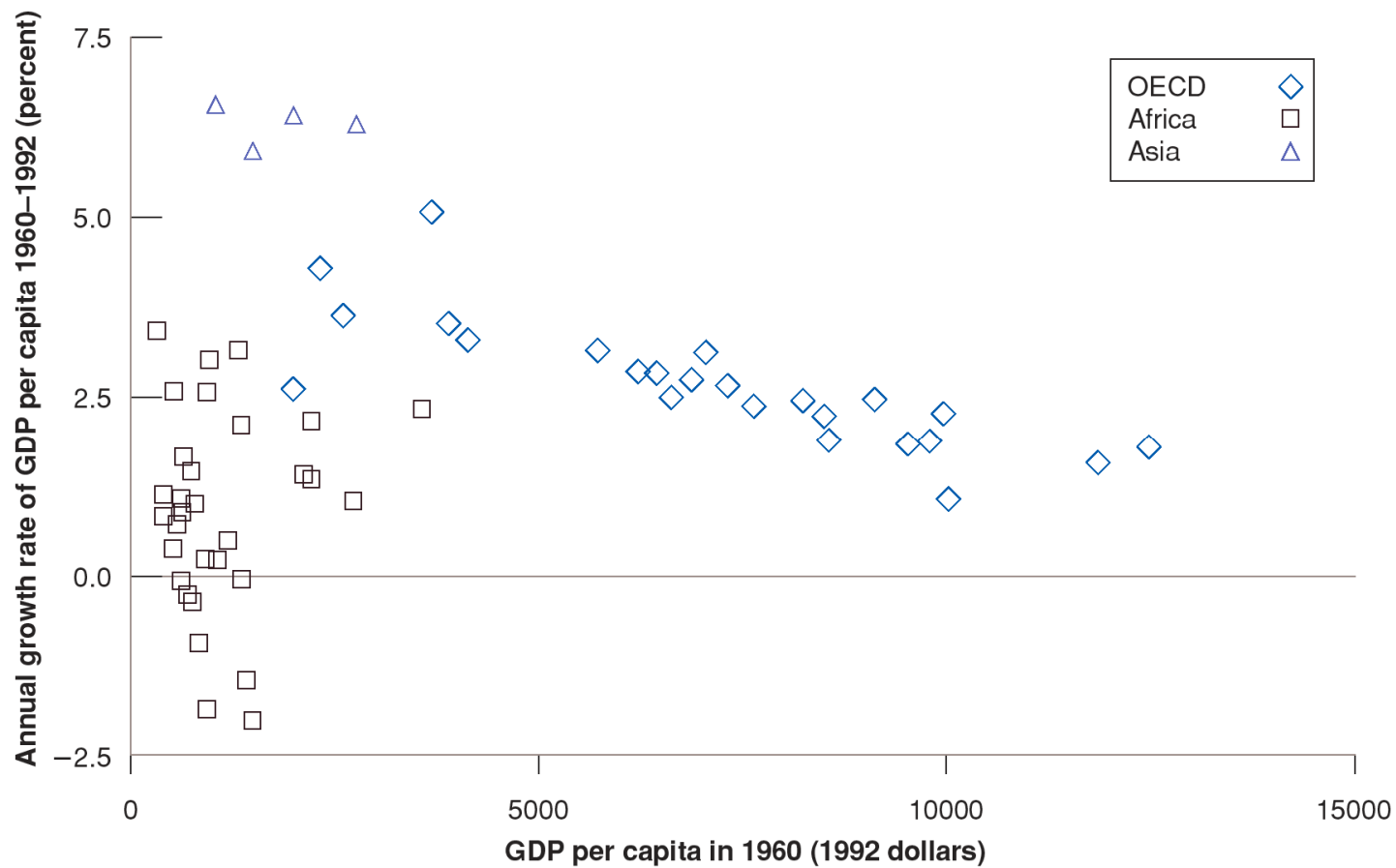
3.1 Stilisierte Fakten

**Konvergenz ist keine verlässliche Regel,
Länder aus allen Regionen**



3.1 Stilisierte Fakten

Daten nach Ländergruppen



3.1 Stilisierte Fakten

Gründe für hohes Volkseinkommen / Wachstum

Infrastruktur

Politische und rechtliche Stabilität

Zugang zu den internationalen Märkten

Ausbildungsniveau (Humankapital)

Effiziente Nutzung knapper Ressourcen

Kapitalbildung

Technischer Fortschritt

3.2 Produktionsfunktion

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
Kapital *Arbeits*

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

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

随着要素投入的增加，要素的边际产出递减。

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

Warum fallen die Grenzerträge mit zunehmendem Faktoreinsatz?

3.2 Produktionsfunktion 生产函数

生产函数
企业进行投资，当它们预期可以对企业利润产生积极贡献并且可以融资时。
假设：完美的资本市场，价格恒定，企业可以无限制地以利率 r 获得信贷。
②
企业进行所有回报率大于资本成本 r 的项目。

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 .

⇒ 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	$330/300 - 1 = 10\%$

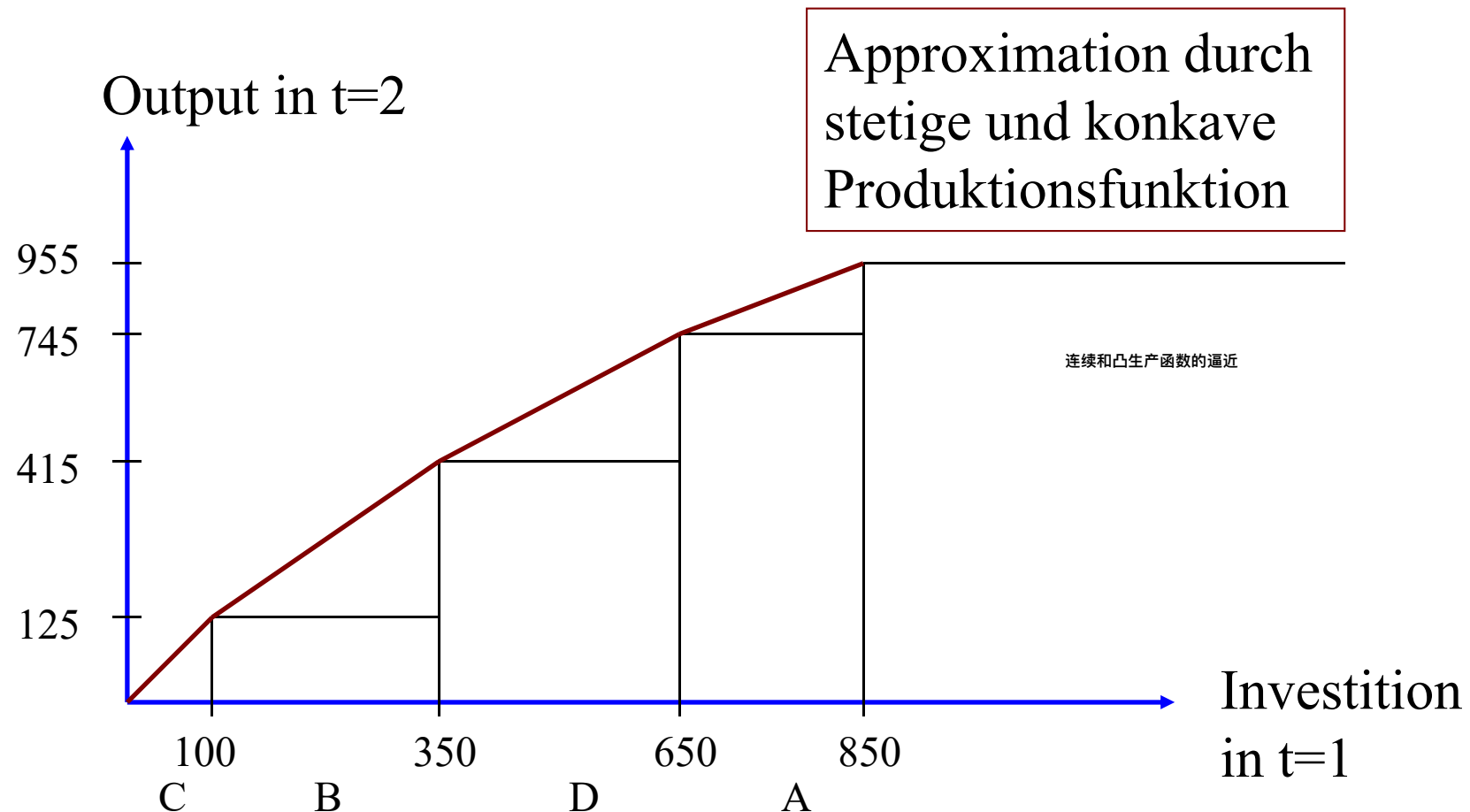
Kapitalgüter werden bei der Produktion in t=2 aufgebraucht (Abschreibung 100%).

在t=2的生产过程中，资本货物被耗尽（折旧100%）。

3.2 Produktionsfunktion

Ordne Projekte nach Rendite

C – B – D – A



3.2 Produktionsfunktion

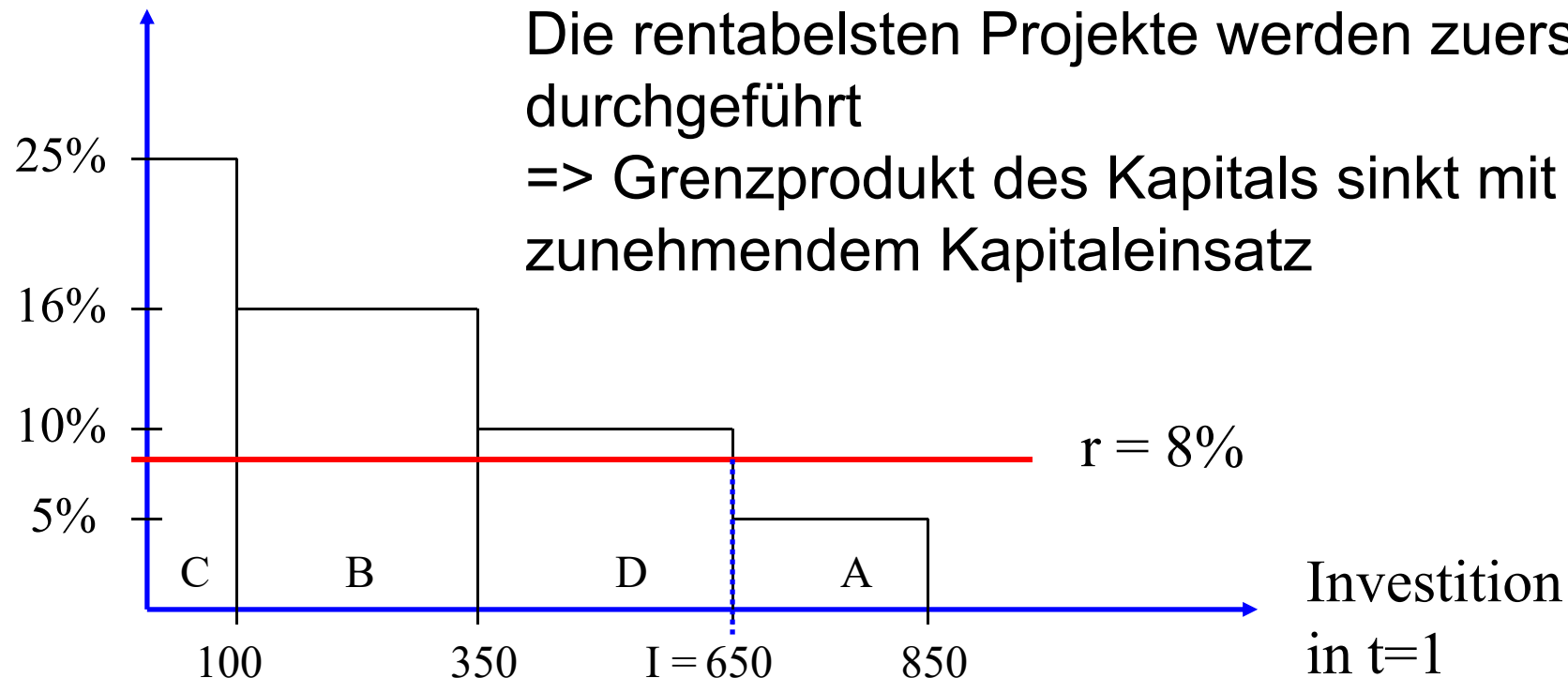
如果一个项目的回报率高于市场利率，那么它是有利可图的。最有利可图的项目会首先被实施
=> 随着资本投入的增加，资本的边际产出会下降。

Grenzprodukt
- Abschreibung

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?

3.3 Das Solow – Modell

持续的储蓄率对资本积累和增长有何影响？
是否存在最佳储蓄率？
经济应如何应对人口发展趋势？
技术进步对资本积累有什么影响？
哪些增长率是经济和生态可持续的？

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?

3.3 Das Solow – Modell

Produktionsfunktion

生産関数

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**

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

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

3.3 Das Solow – Modell

Annahme 1: Konstante Skalenerträge

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

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 $k=K/N$. $F(k, 1) = y=Y/N$

3.3 Das Solow – Modell

Annahme 1: Konstante Skalenerträge

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

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

按照边际生产力报酬率支付因素报酬，整个产出将分配给因素所有者。

Ableitung der Gleichung (1) nach λ ergibt

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

3.3 Das Solow – Modell

索洛模型

② 常数规模收益的假设有多现实？

② 在许多行业中，大量生产比小量生产更便宜。这里我们有递增的规模收益。

② 但是，如果我们将所有生产过程、所有输入（包括管理）翻倍，那么也应该得到两倍的产出，即常数规模收益。

② 我们能够将所有输入翻倍吗？

- 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: $y = F(k,1) = f(k)$

以资本密集度为函数的人均产出 注意：这里的人均指的是每个劳动单位
资本的正但递减边际产出：
 $\Rightarrow f' = dF/dK > 0, f'' = d^2F/dK^2 < 0$ 我们首先假设就业人口不变。
Prof.Dr. Frank Heinemann AVWL II 第 24 页

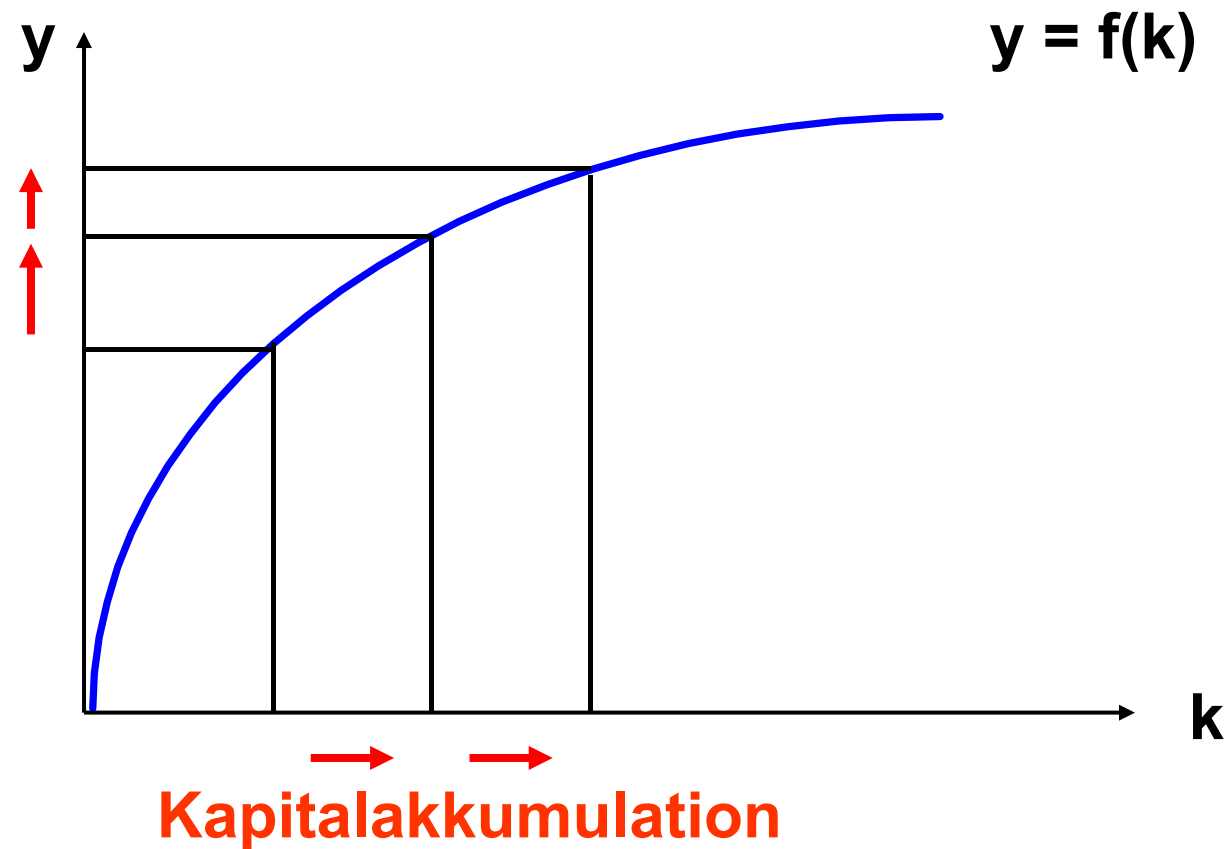
Pro-Kopf-Output als Funktion der Kapitalintensität

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

 $\Rightarrow f' = dF/dK > 0, f'' = d^2F/dK^2 < 0$
- **Wir gehen zunächst von konstanter Erwerbsbevölkerung aus.**

3.3 Das Solow – Modell

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

资本存量决定了生产量 - 生产水平决定了储蓄和投资的数量。
索洛模型描述了这种相互依赖关系。

Das Solow-Modell beschreibt diese wechselseitige Abhängigkeit.

○

Annahme 2: Die Sparquote ist konstant

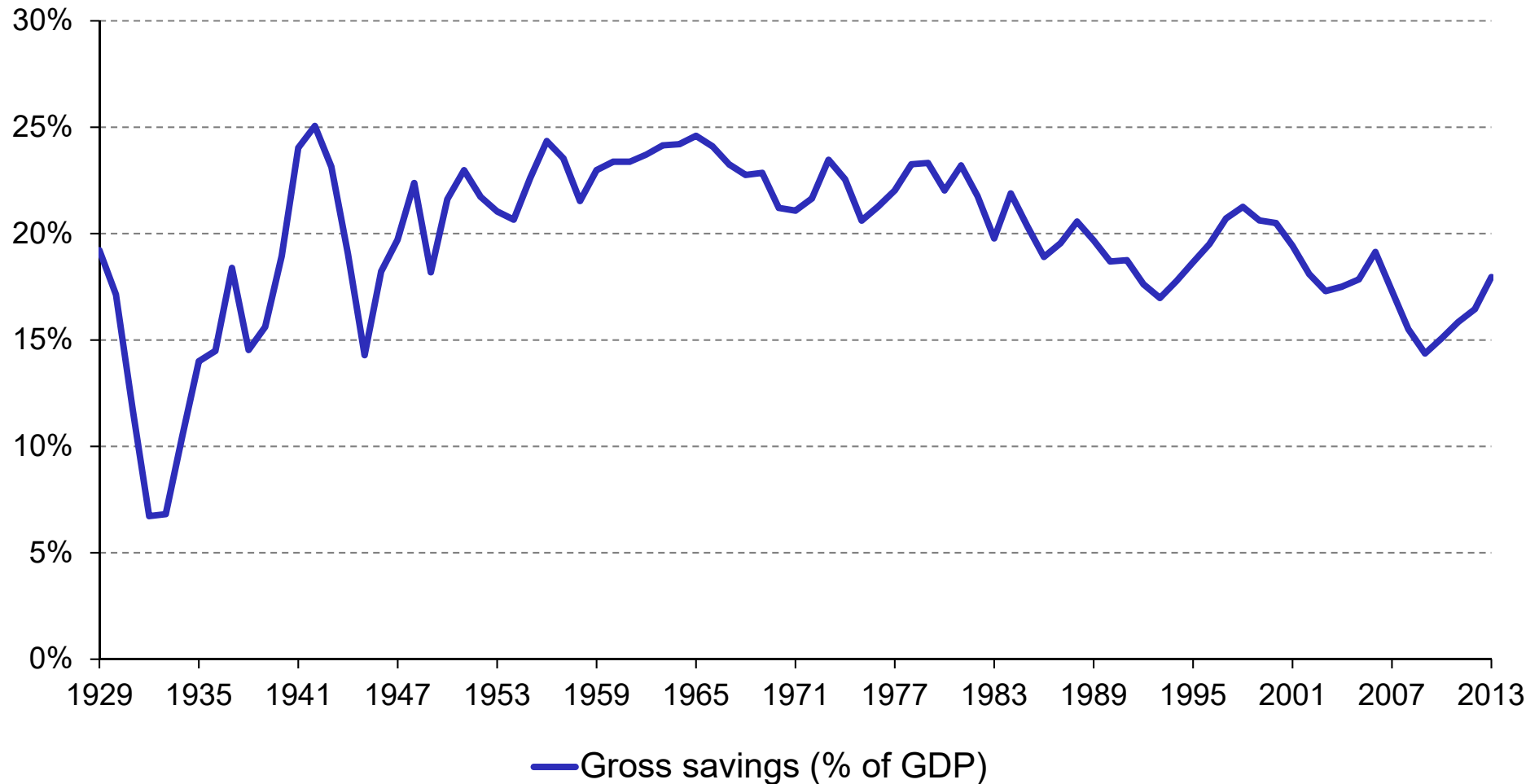
Sparquote $s = \text{Bruttoinvestitionen} / \text{BIP}$

Nettoinvestitionen = Bruttoinvestitionen - Abschreibung

auch „Investitionsquote“ genannt

$$\text{Sparquote } s = \text{Bruttoinvestitionen} / \text{BIP}$$

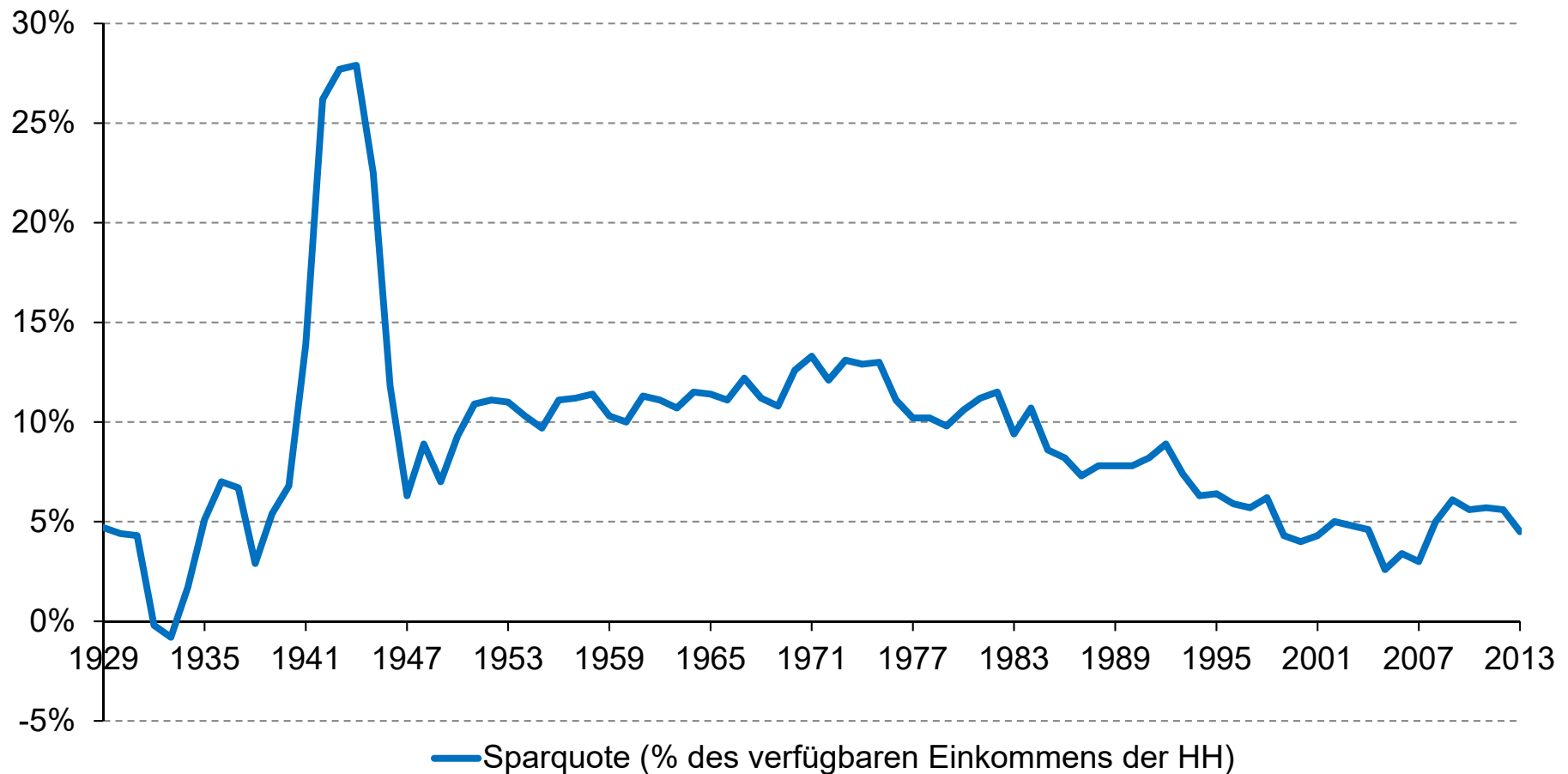
Spar- bzw. Investitionsquote der USA



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

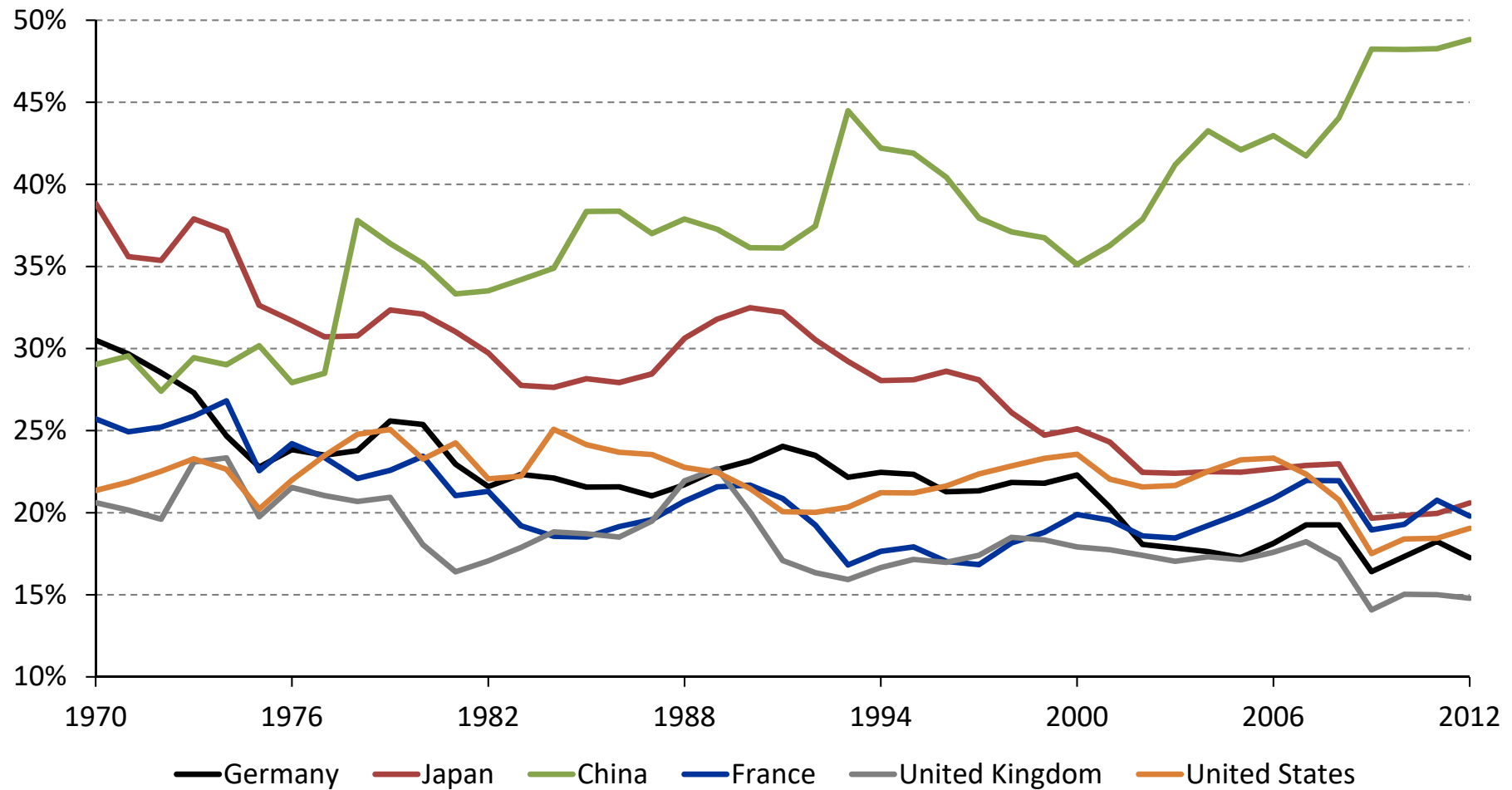
Volkswirtschaftliche Ersparnis als Anteil am verfügbaren Einkommen der Haushalte

gesamtw. Ersparnis = LB-überschuss + Nettoinvestitionen



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

Bruttoinvestitionen als Anteil am BIP



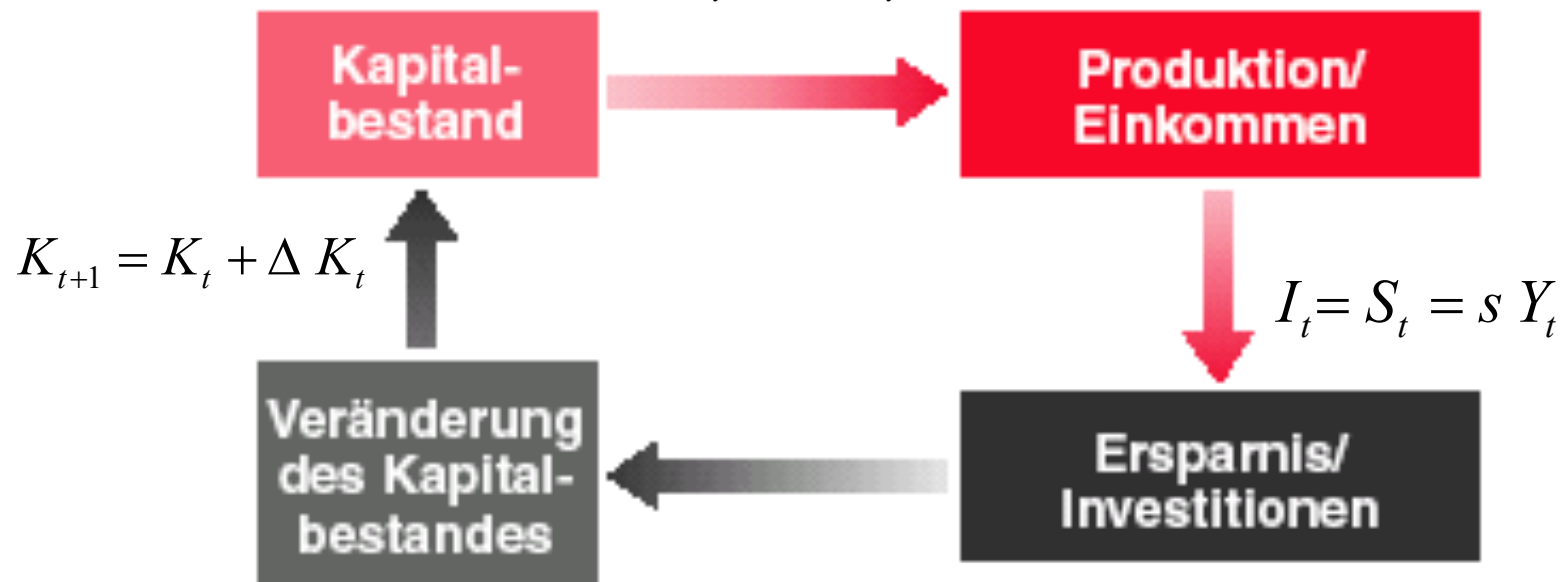
Quelle: The World Bank (April 2014)

3.3 Das Solow – Modell

*Kapital, Produktion
und
Sparen/Investitionen*

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

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



$$\Delta K_t = I_t - \text{Abschreibungen}_t$$

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.**

- **Annahme 3: Geschlossene Volkswirtschaft mit ausgeglichenem Staatsbudget \Rightarrow BIP = BSP, $I = S$.**

Veränderung des Kapitalstocks im Zeitablauf:

-

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

假设 3：国家预算平衡的封闭经济体 \rightarrow GDP = GNP，投资=储蓄。随着时间的推移资本存量的变化：

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

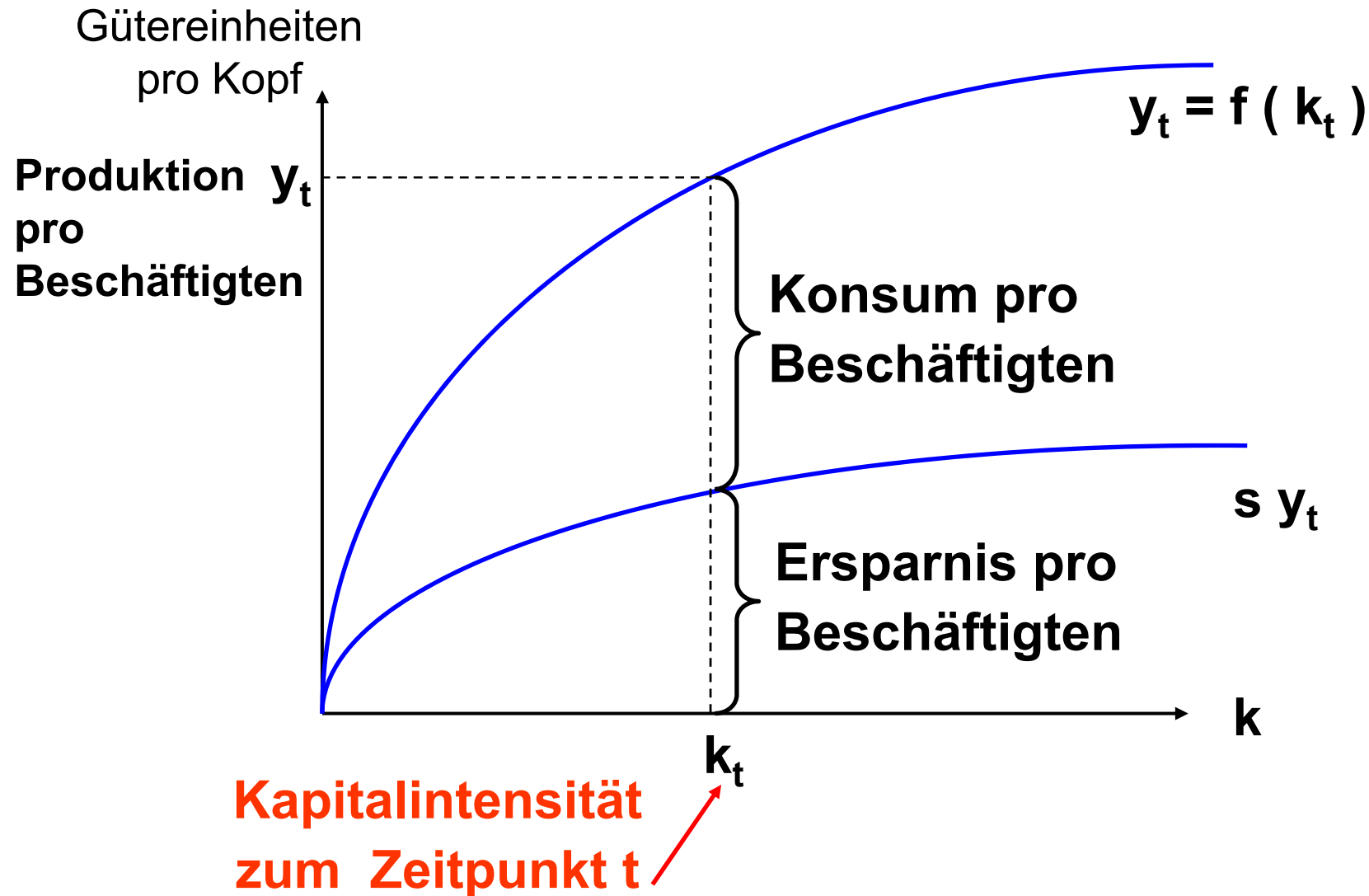
Sei $y_t = Y_t / N$, $k_t = K_t / N$, $c_t = C_t / N$

- **BIP** $y_t = f(k_t)$
- Bruttoinvestition = Ersparnis** $i_t = s y_t$
- Konsum** $c_t = (1 - s) y_t$
- Abschreibungen** δk_t

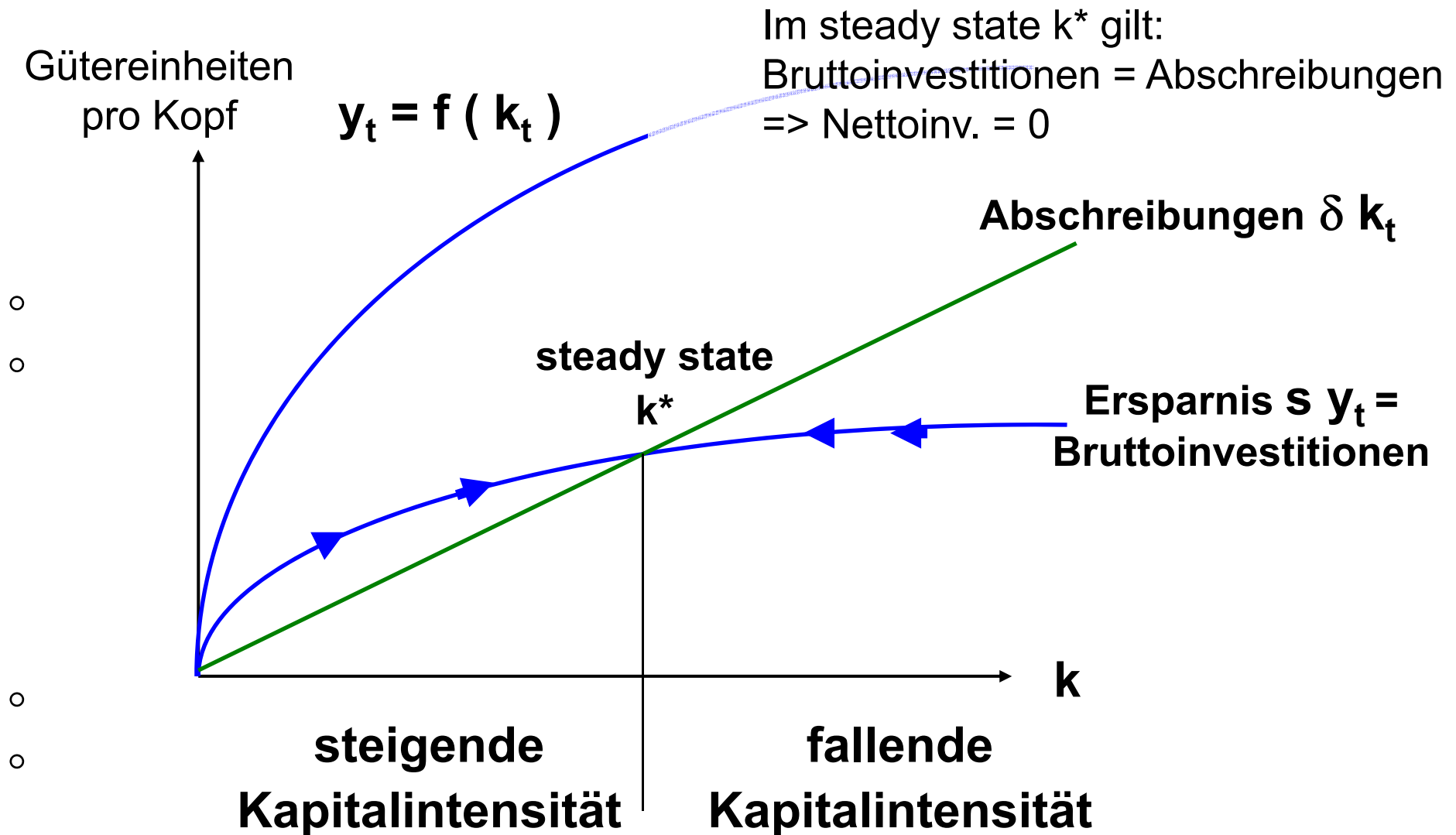
Veränderung der Kapitalintensität im Zeitablauf:

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

Das Solow – Modell



Das Solow – Modell



Das Solow – Modell

Berechnung des steady state k^* :

Veränderung der Kapitalintensität im Zeitablauf:

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

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

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?

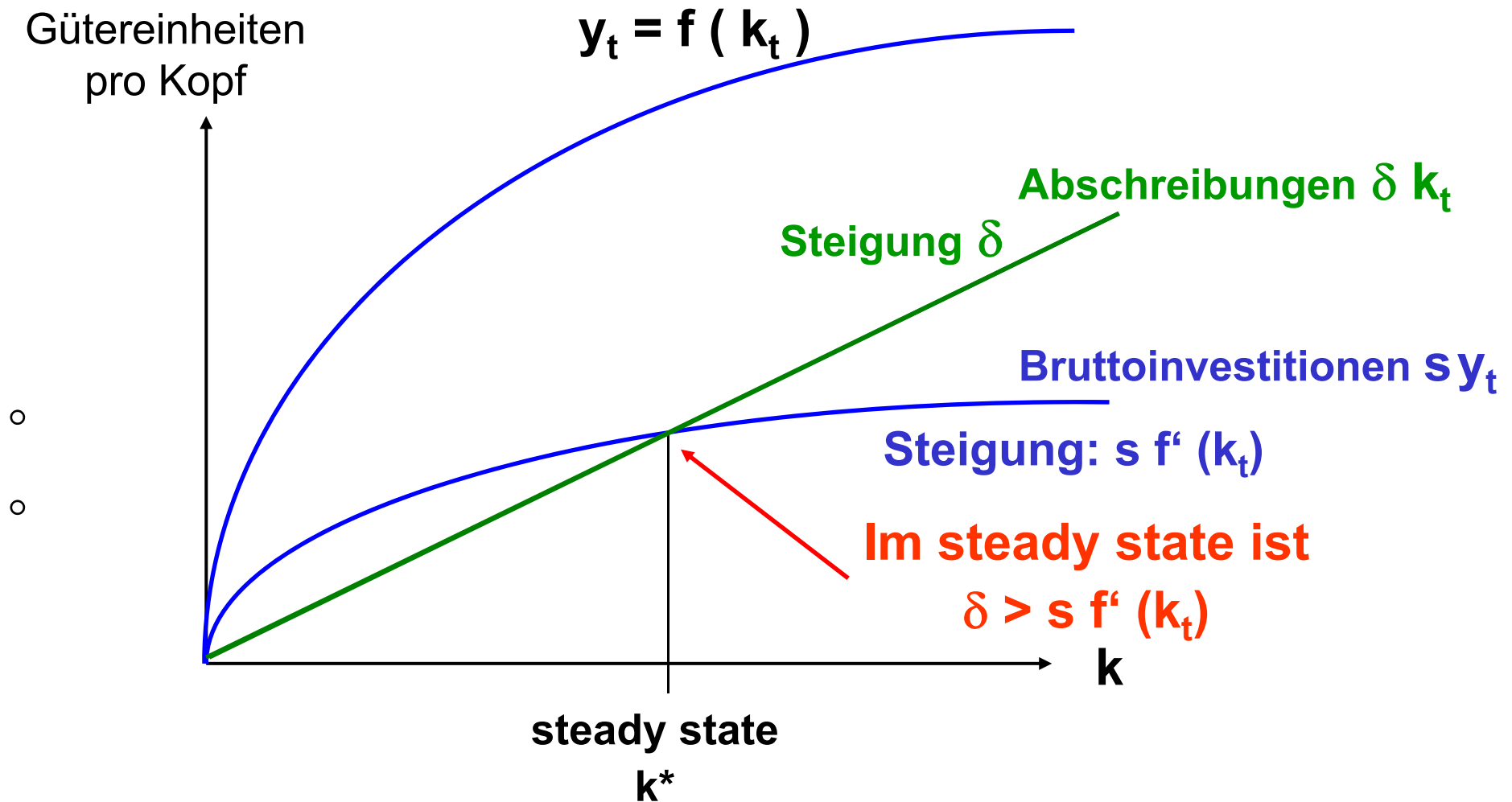
- **Totales Differential der Gleichung $s f(k^*) = \delta k^*$ ergibt:**
-

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

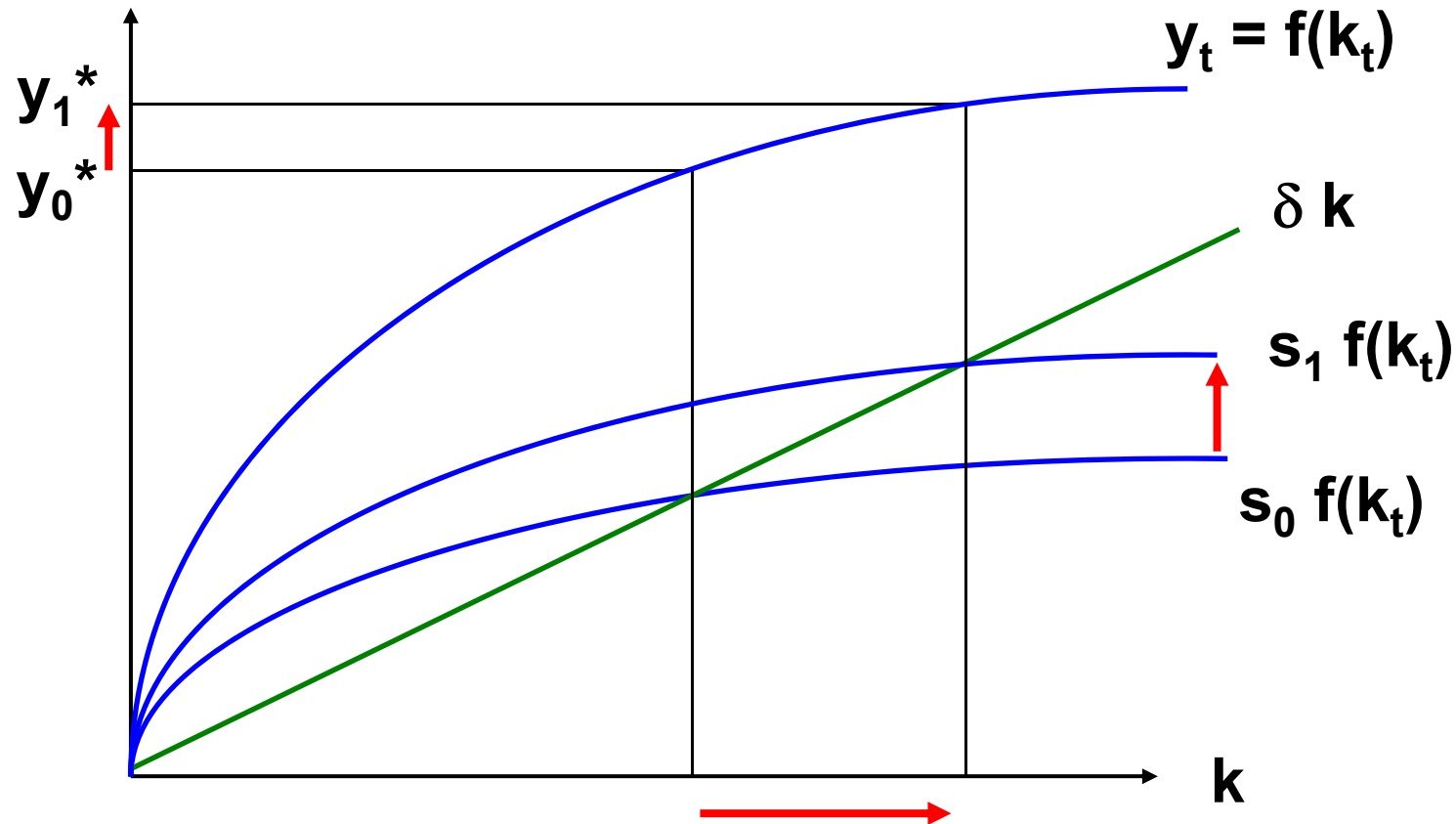
- $\Leftrightarrow \frac{dk^*}{ds} = \frac{f(k^*)}{\delta - s f'(k^*)} > 0$
-

weil im steady state $\delta > s f'$

Das Solow – Modell



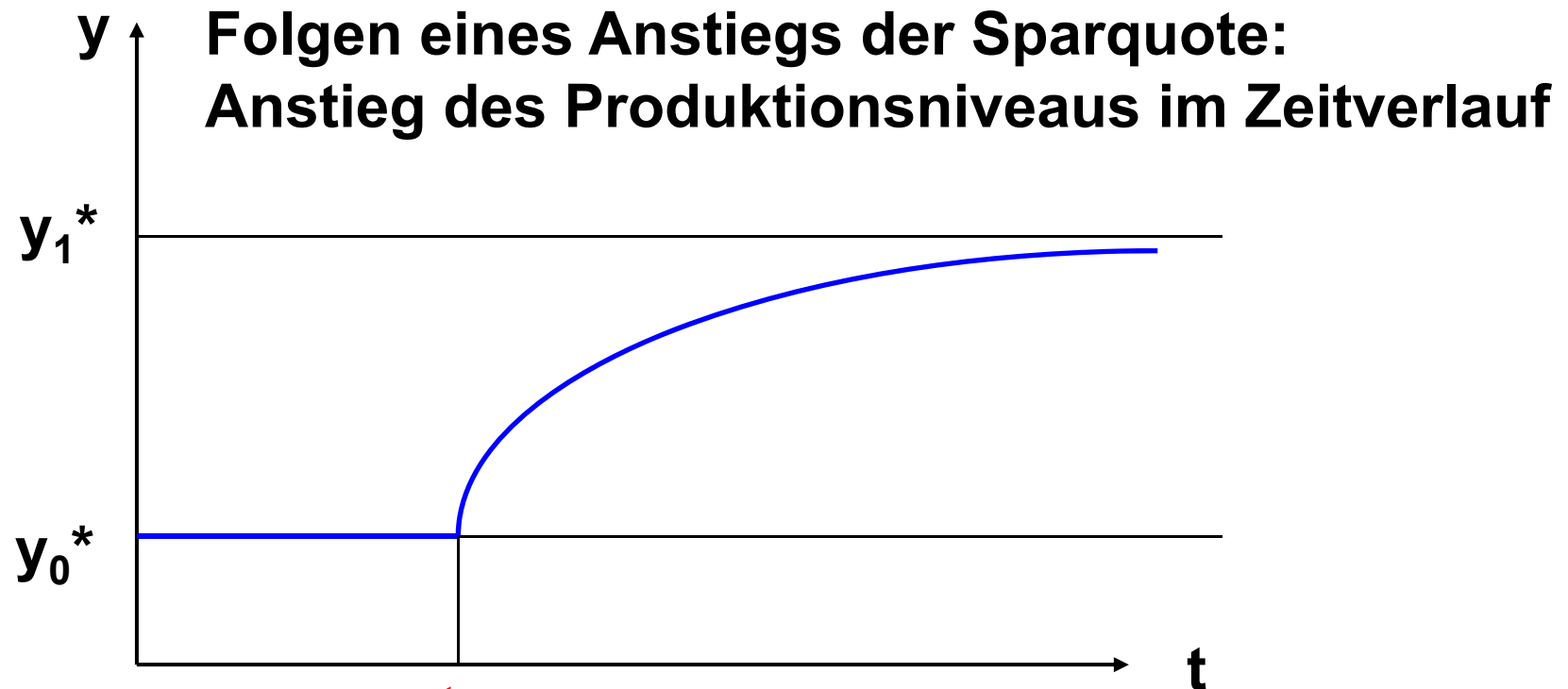
Das Solow – Modell



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

储蓄率从 s_0 增加到 s_1 会提高稳态水平，并暂时导致经济增长。

Das Solow – Modell



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

Das Solow – Modell

“储蓄率或投资率对生产增长率有什么影响?”

目前的分析为我们提供了三个答案:

1.更高的储蓄率会让生产在达到新的稳态之前更快增长一段时间。

2.储蓄率不会影响每个员工的长期生产增长率, 这个增长率为零。

3.储蓄率决定了每个员工的长期生产水平的高低。其他条件不变, 储蓄率较高的国家能够达到更高的生产水平。

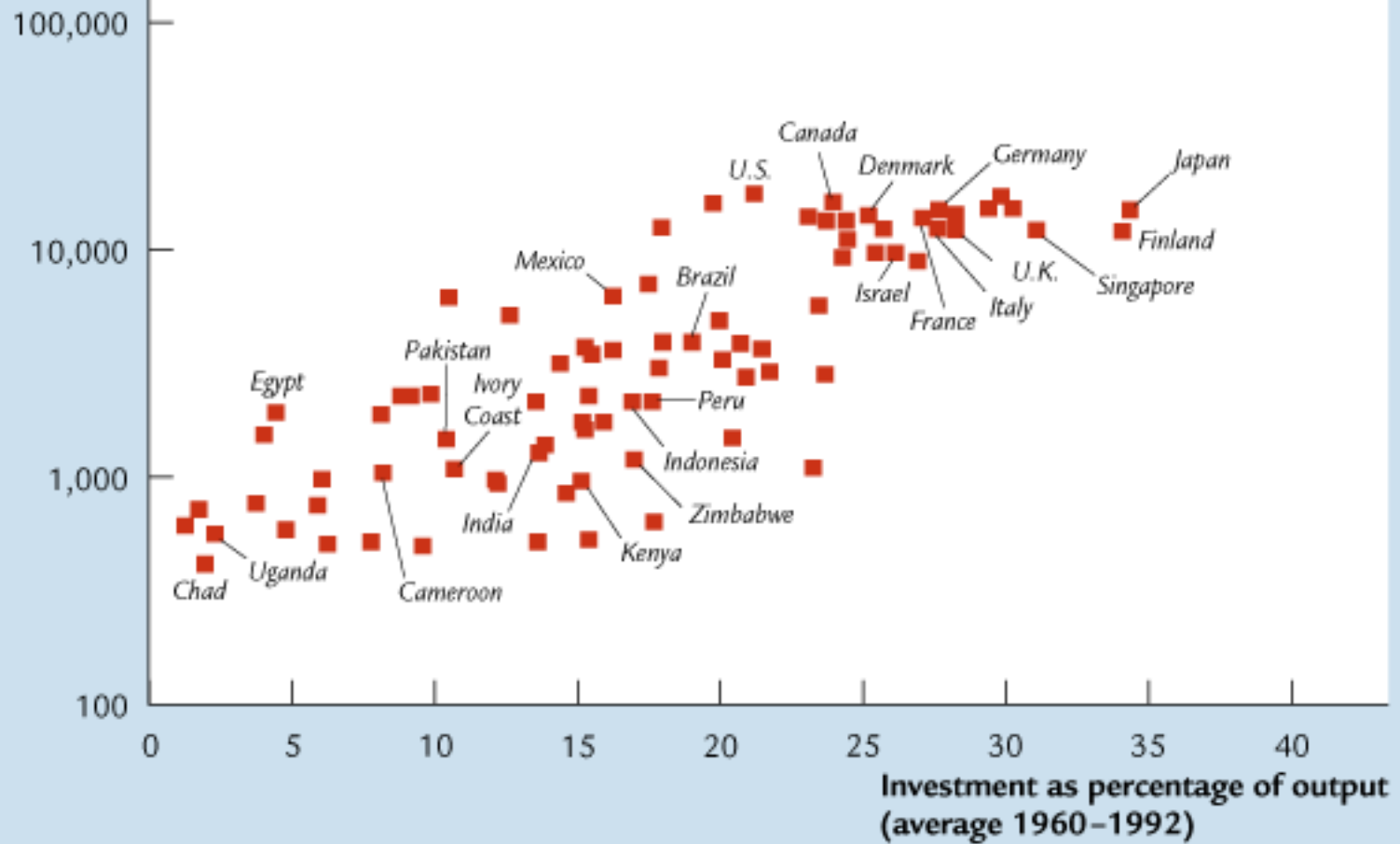
Zwischenfazit:

- “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 nicht. 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.

Income per
person in 1992
(logarithmic scale)



International Evidence on Investment Rates and Income per Person

Beispiel für Solow-Modell

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

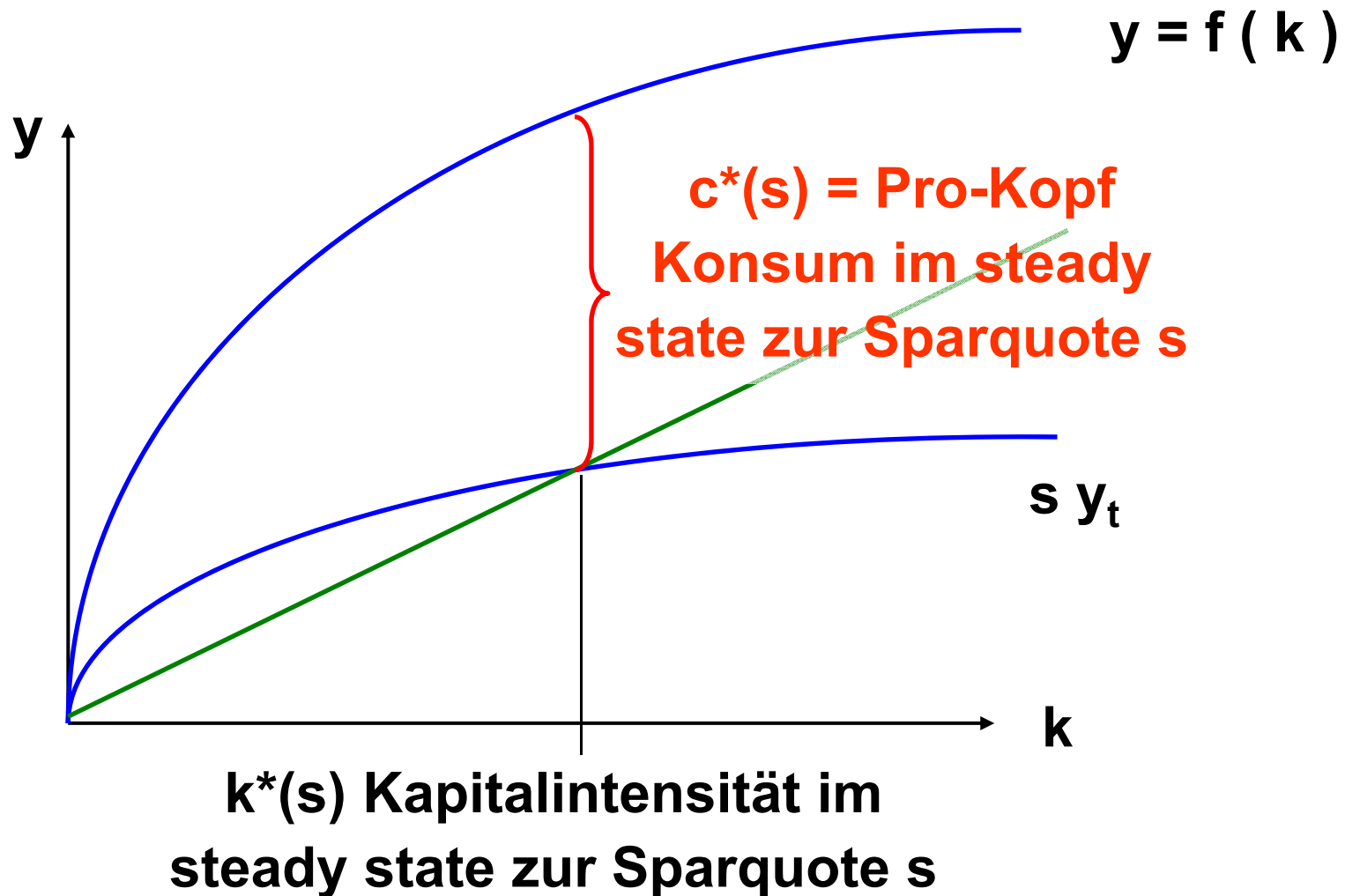
Sparquote $s = 20\%$, Abschreibungsrate $\delta = 10\%$

a) Intensitätsform der Produktionsfunktion:

Beispiel für Solow-Modell

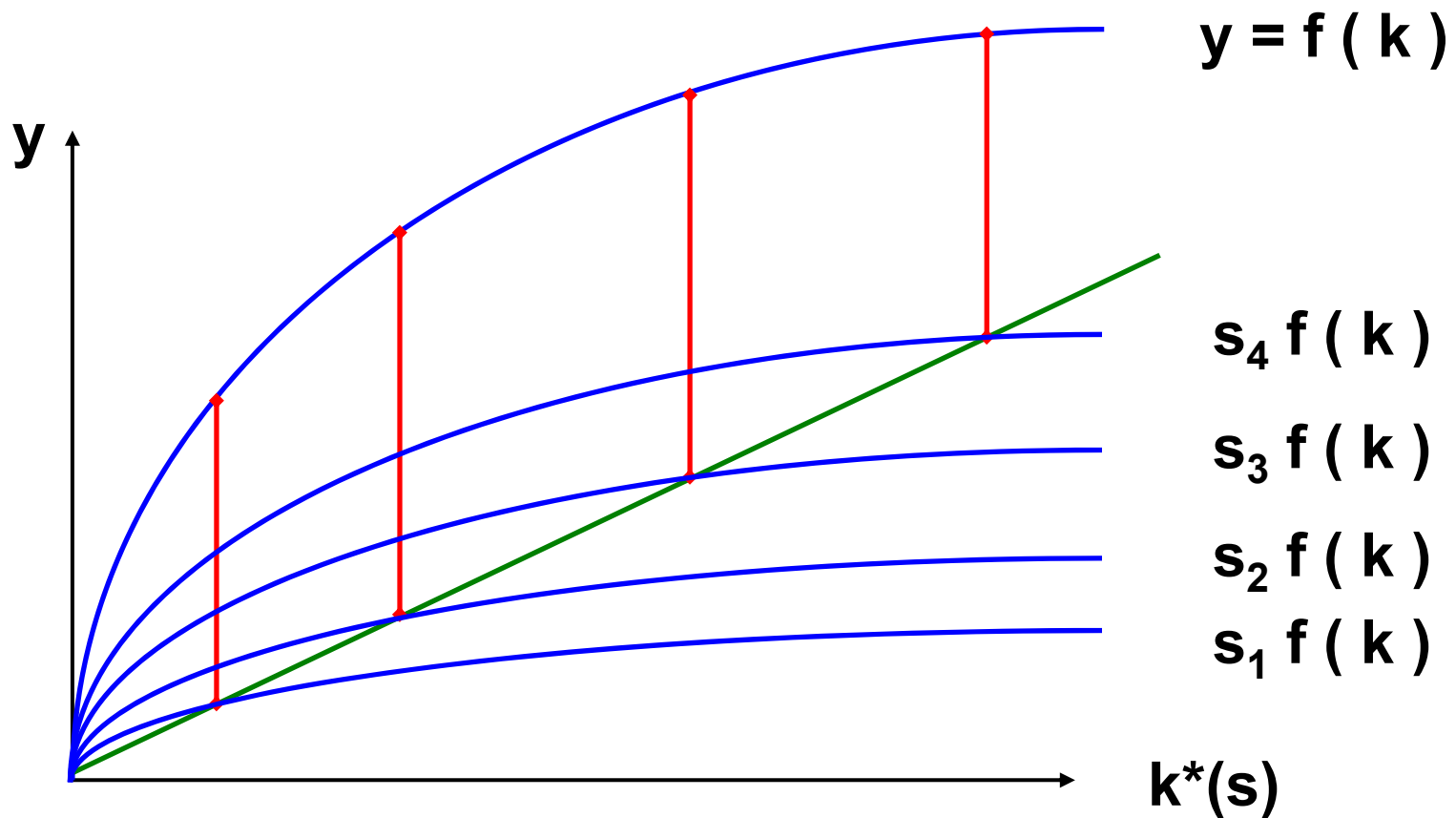
-) Wie lange dauert es, bis der steady state erreicht wird?
- d) Pro-Kopf-Konsum im steady state:

Das Solow – Modell



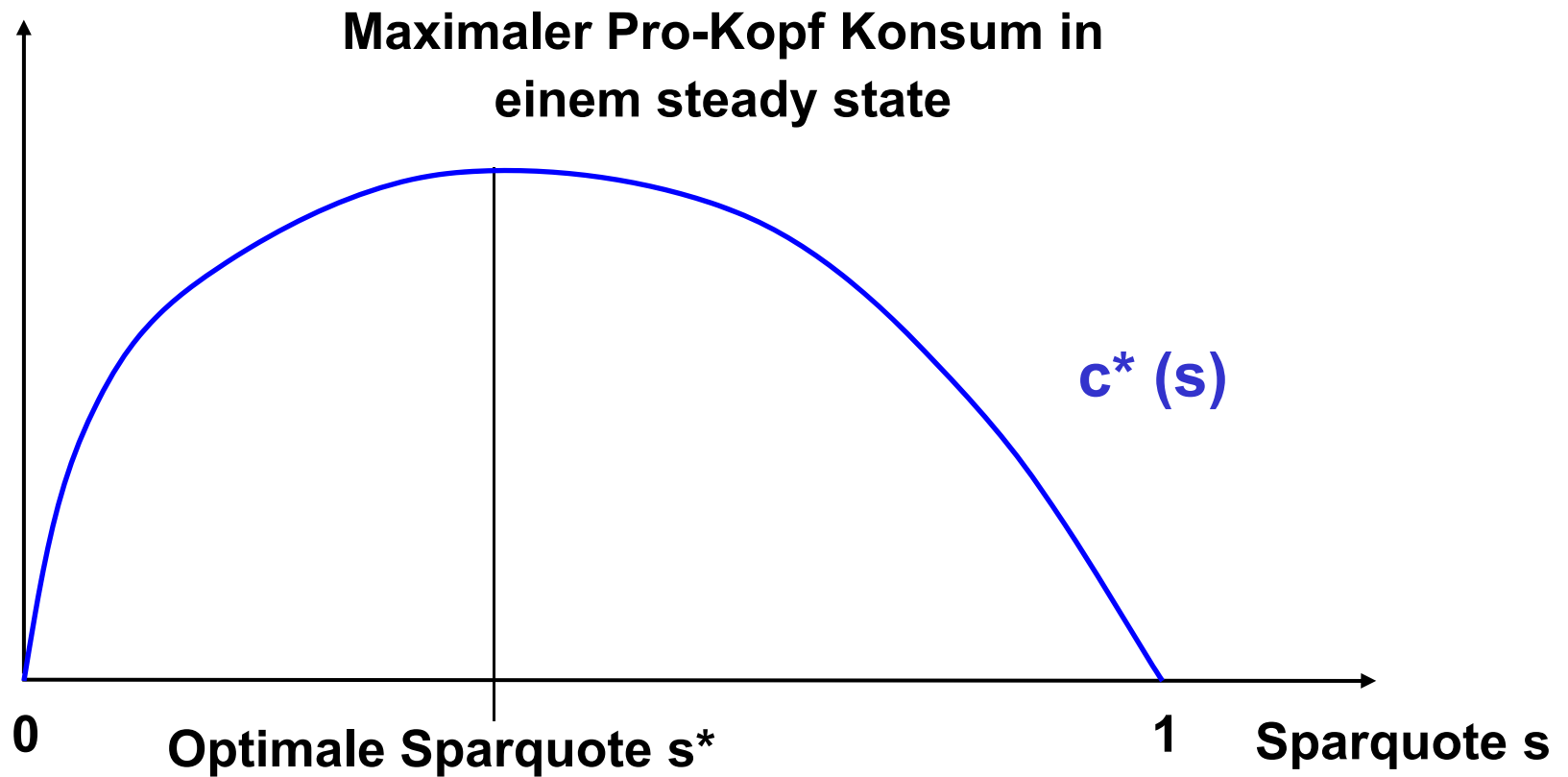
Das Solow – Modell

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



Das Solow – Modell

Pro-Kopf-
Konsum c



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.**

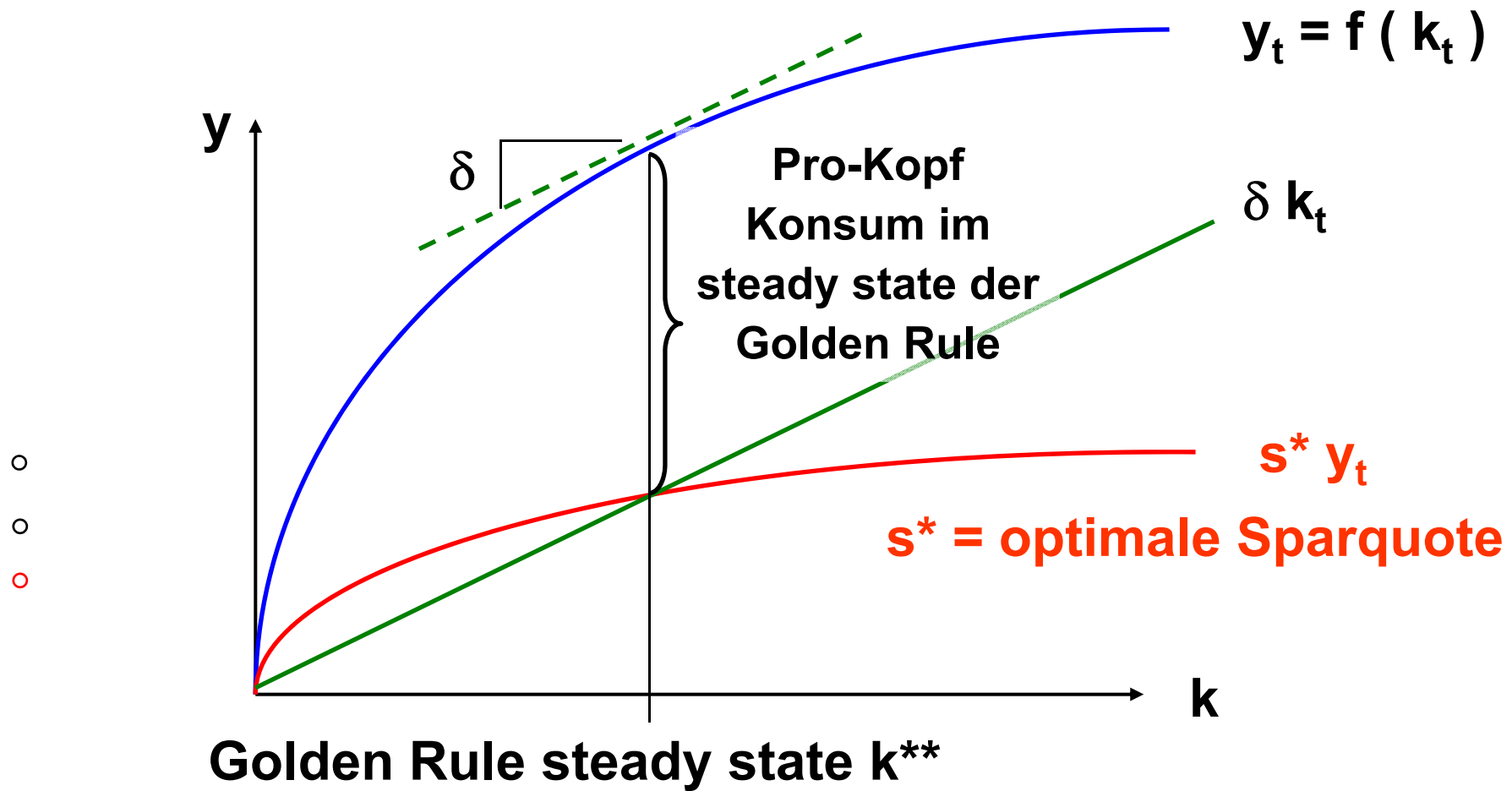
Wir können s^* aus k^{} berechnen: Im steady state gilt**

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

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^* :

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

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

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

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

$$\text{Max}_s f(k^*(s)) - \delta k^*(s) \Rightarrow s^*$$

Das Solow – Modell: Goldene Regel

Ökonomische Intuition

Warum ist $s < s^*$ nicht optimal?

在储蓄率低于 s^* 的情况下，只有通过增加储蓄才能实现更高的未来消费。=>现在消费和未来消费之间存在一种权衡
在 Solow 模型中，时间偏好和代际分配没有被考虑进去。

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?

减少储蓄率会导致稳态下人均消费增加，尽管资本存量下降。
储蓄下降会伴随着未来消费的增加。
=> 现在和未来的消费都可以增加。
动态无效率！
储蓄率太高了！

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

Solow-Modell

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