

---

# **3.**

# **Wachstum und technischer Fortschritt**

## **Teil 2**

**Blanchard / Illing, Kapitel 10 – 13**

# Wachstum und technischer Fortschritt

---

## 3.1 Stilisierte Fakten

Solow Modell将经济增长解释为由三个关键因素驱动：资本积累、人口增长和技术进步。在这个模型中，经济被假设为由两个部门组成：生产部门和储蓄部门。

## 3.2 Produktionsfunktion

在 Solow 模型中，人口增长对经济增长起到重要作用。人口的增加会带来劳动力的增加，从而促进生产能力的提高。然而，人口增长也会带来一些负面影响，如资源的稀缺性和环境问题。因此，Solow 模型中通常将人口增长率视为一个外生变量，即不受模型内部因素影响的外部因素。

## 3.3 Das Solow-Modell

技术进步在 Solow 模型中被视为经济增长的主要驱动力。技术进步指的是生产方法和生产工具的改进，从而提高生产效率。技术进步可以通过研发、创新和知识积累等方式实现。在 Solow 模型中，技术进步被假设为一种外生变量，即它不受经济内部因素的影响。

Solow 模型认为，经济增长的持续性取决于储蓄和资本积累。储蓄用于投资，从而增加资本存量。资本存量的增加可以提高生产力和生产效率，进而促进经济增长。然而，资本积累也受到资本折旧和边际报酬递减的影响。边际报酬递减意味着每单位新增资本对经济增长的贡献逐渐减少。

总而言之，Solow 模型通过将经济增长解释为资本积累、人口增长和技术进步的相互作用来分析经济的长期增长趋势。该模型为经济学家提供了一种理解经济增长和制定经济政策的框架。

## 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

### 3.4 Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

**BIP**

$$Y_t = F(K_t, A_t N_t)$$

**Arbeitseffizienz**

$$A_t$$

**Bruttoinvestitionen**

$$s Y_t$$

**Konsum**

$$C_t = (1 - s) Y_t$$

**Abschreibungen**

$$\delta K_t$$

**Veränderung des Kapitalstocks im Zeitablauf:**

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

○ **Bevölkerungswachstum**

$$N_{t+1} = (1+n) N_t$$

**Bevölkerungswachstumsrate**

$$n$$

○ **Technischer Fortschritt**

$$A_{t+1} = (1+g) A_t$$

**Rate des technischen Fortschritts**

$$g$$

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

## BIP pro Arbeitseffizienzeinheit, Konstante Skalenerträge

- $y_t = Y_t / (A_t N_t) = F(K_t / (A_t N_t), 1) = f(k_t)$  BIP 每工作效率单位, 固定规模收益  
 $y_t = Y_t / (A_t N_t) = F(K_t / (A_t N_t), 1) = f(k_t)$   
资本密集度
- **Kapitalintensität**  $k_t = K_t / (A_t N_t)$
- **Bruttoinvestition = Ersparnis**  $s y_t$
- **Konsum**  $C_t / (A_t N_t) = c_t = (1 - s) y_t$
- **Abschreibungen**  $\delta k_t$
- **Veränderung der Kapitalintensität im Zeitablauf:**  
$$k_{t+1} - k_t \approx \frac{s y_t - (\delta + g + n) k_t}{(1 + g)(1 + n)} = 0 \Rightarrow s y_t = (\delta + n + g) k_t$$
- **=> Steady state  $k^*$ :  $s f(k^*) = (\delta + n + g) k^*$**  稳态  $k^*$

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

## Veränderung der Kapitalintensität im Zeitablauf:

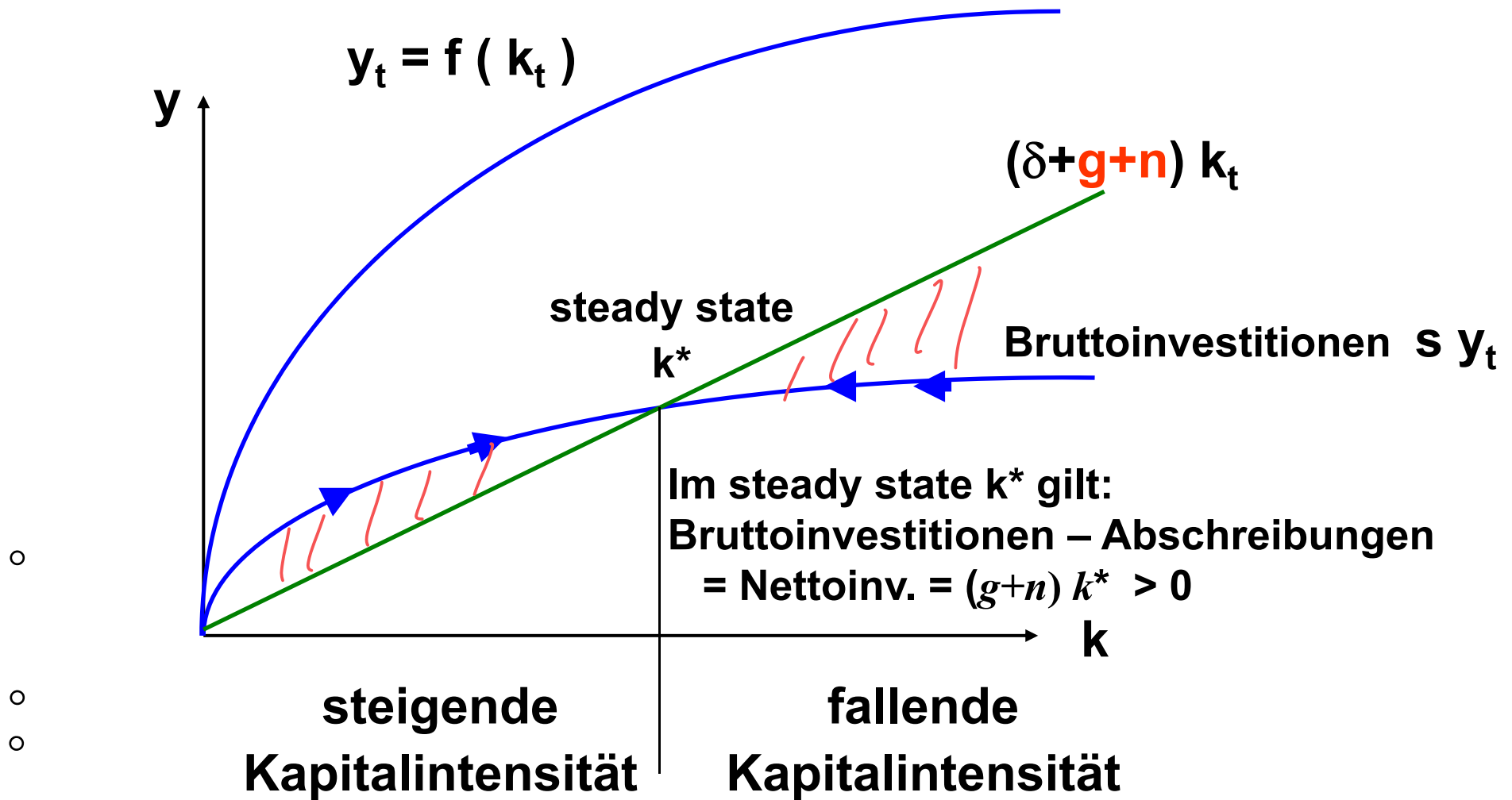
- $$k_{t+1} - k_t = \frac{K_{t+1}}{A_{t+1}N_{t+1}} - k_t = \frac{K_t + sY_t - \delta K_t}{(1+g)A_t(1+n)N_t} - k_t$$
- $$= \frac{sy_t + (1-\delta)k_t}{(1+g)(1+n)} - k_t = \frac{sy_t + (1-\delta)k_t}{(1+g)(1+n)} - \frac{(1+g)(1+n)k_t}{(1+g)(1+n)}$$
- $$= \frac{sy_t - (\delta + g + n + gn)k_t}{(1+g)(1+n)} \approx \frac{sy_t - (\delta + g + n)k_t}{(1+g)(1+n)}$$

$\cancel{k_t} - \delta - \cancel{k_t} - g - n - gn$

Für kleine Prozentgrößen kann  $gn$  vernachlässigt werden.

- **Steady state  $k^*$ :  $s f(k^*) = (\delta + n + g) k^*$**

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt



# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

Wachstumsrate der Arbeitseffizienz  $g$

$$A_t = (1+g)^t A_0$$

Kapitalstock pro Arbeitseffizienzeinheit

$$k_t = K_t / (A_t N_t)$$

净投资额为  $(g+n)k$ , 使得资本存量  $K_t$  以与技术进步和人口增长  $A_t N_t$  相同的速度增长。

Nettoinvestitionen in Höhe von  $(g+n)k$  lassen den Kapitalstock  $K_t$  mit der selben Rate wachsen wie technischer Fortschritt und Bevölkerungswachstum  $A_t N_t$  anwachsen lassen.

$$k_t^* = \frac{K_t}{A_t N_t}$$

Kapitalstock pro Kopf im steady state  $K_t/N_t = A_t k^*$   
 $\Rightarrow$  Wachstumsrate  $g$

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

Wachstumsrate der Arbeitseffizienz  $g$

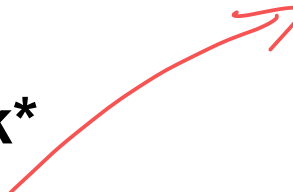
$$A_t = (1+g)^t A_0$$

BIP pro Arb.effizienzeinheit  $y_t = Y_t / (A_t N_t)$

BIP pro Kopf  $Y_t / N_t = A_t y_t$

Wachstumsrate des BIP pro Kopf im steady state  
= Rate des technischen Fortschritts  $g$

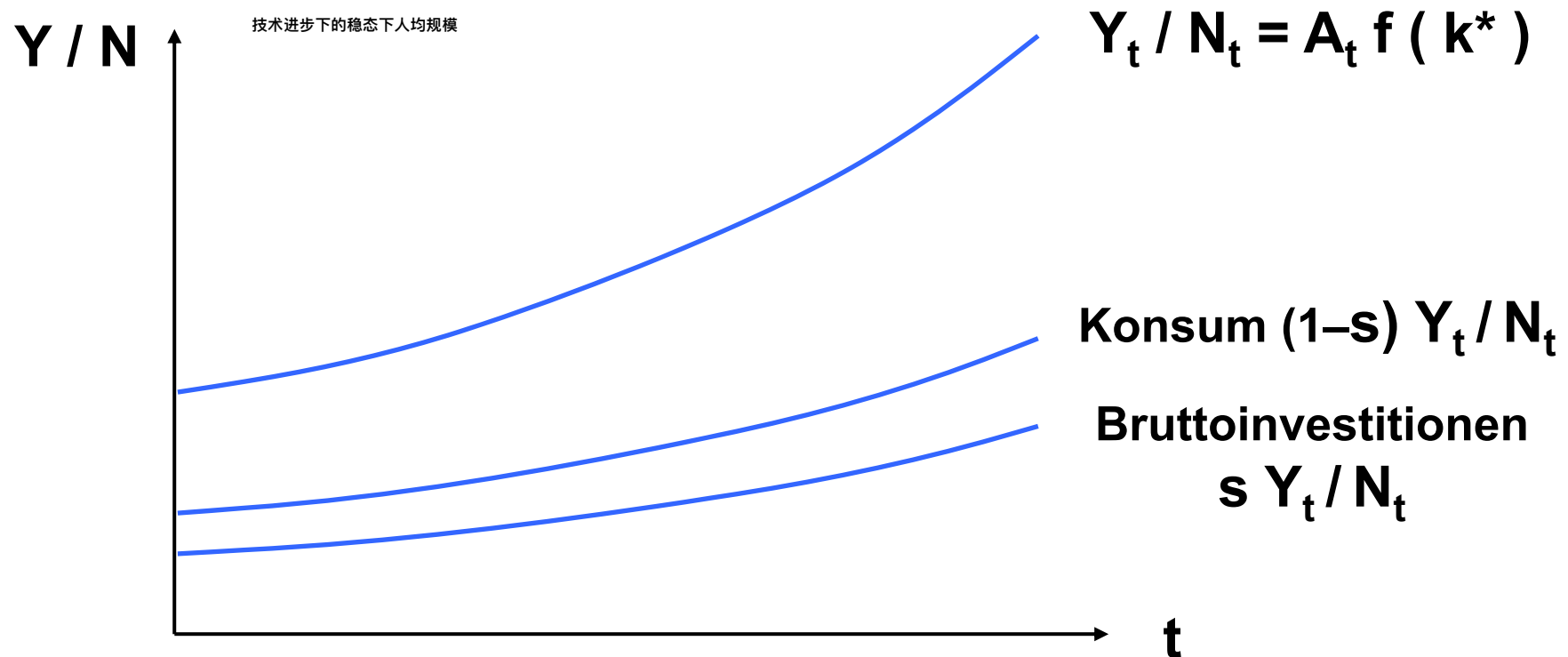
BIP pro Kopf im steady state  $k^*$


$$A_t f(k^*) = (1+g)^t A_0 f(k^*)$$



# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

**pro Kopf-Größen** im steady state bei  
technischem Fortschritt  $K_t / N_t = A_t k^*$



**Pro-Kopf-Gößen von Kapital, Output, Konsum und Ersparnis wachsen langfristig mit der Rate des technischen Fortschritts**

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

Die Kapitalintensität im steady state hängt ab von  $\delta$ ,  $s$ ,  $n$  und  $g$

$$k^*(\delta, s, n, g) : sf(k^*) = (\delta + n + g) k^*$$

○ **Totales Differential ergibt**  $sf'(k^*)dk^* + f(k^*)ds = (\delta + n + g)dk^*$

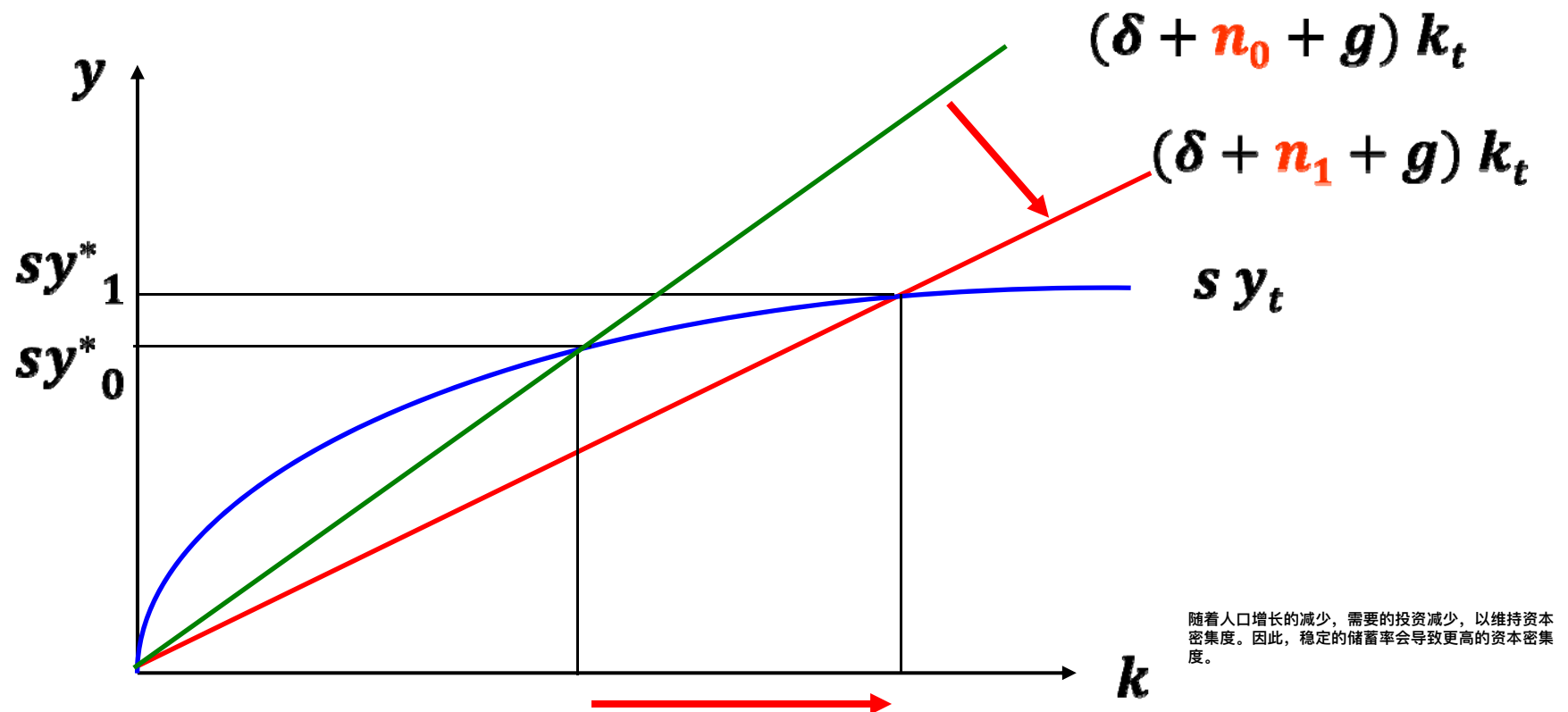
$$sf'(k^*)dk^* = (\delta + n + g)dk^* + k^*dn$$

○  $\Rightarrow \frac{\partial k^*}{\partial n} = \frac{k^*}{sf'(k^*) - \delta - n - g} < 0 \quad (*)$

○ **entsprechend**  $\frac{\partial k^*}{\partial s} = \frac{f(k^*)}{\delta + n + g - sf'(k^*)} > 0 \quad (**)$

## 3.4 BW und TF im Solow-Modell

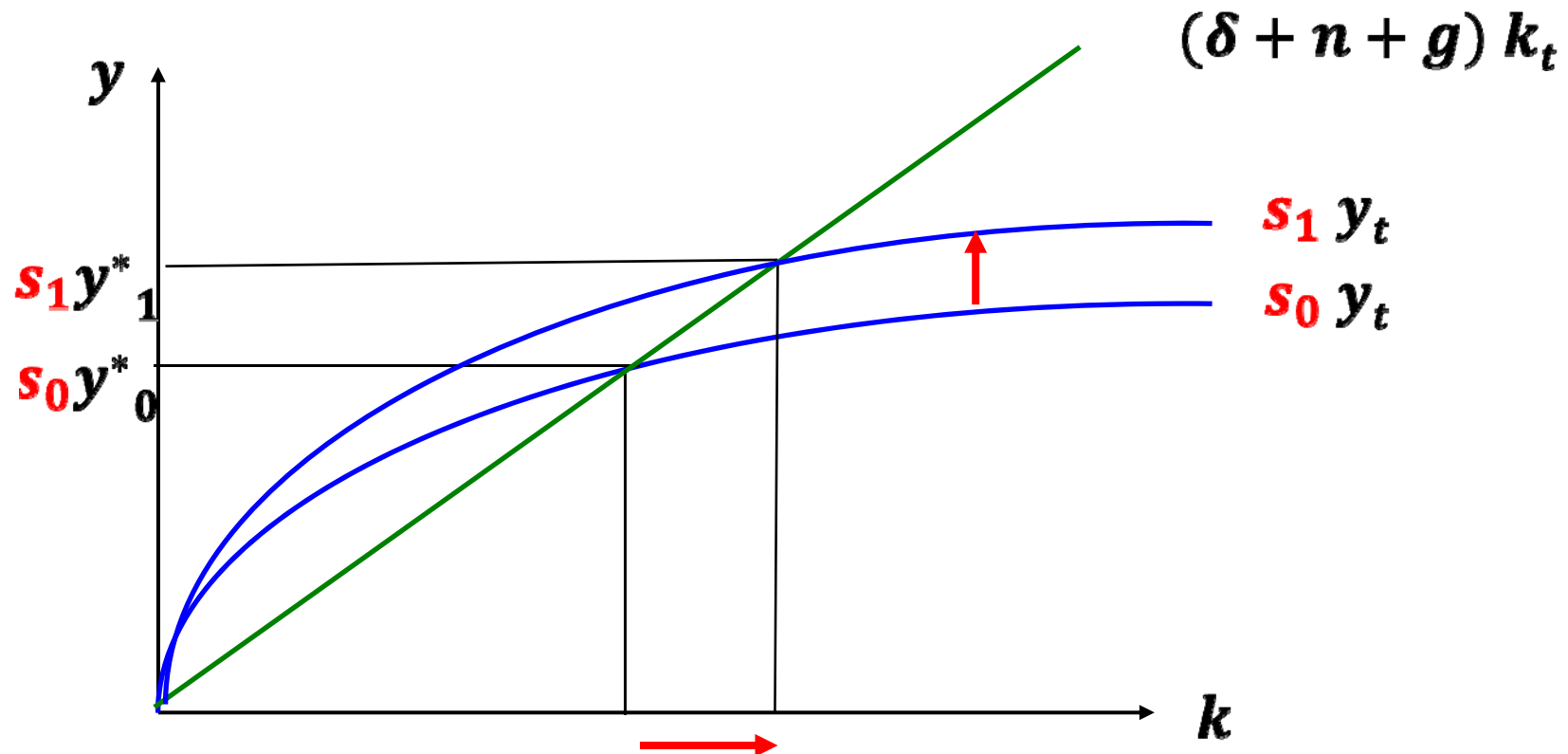
Veranschaulichung von (\*) wenn  $n$  von  $n_0$  auf  $n_1$  sinkt:



Bei Rückgang des Bevölkerungswachstums sind weniger Investitionen erforderlich, um die Kapitalintensität zu erhalten. Eine konstante Sparquote führt deshalb zu höherer Kapitalintensität.

## 3.4 BW und TF im Solow-Modell

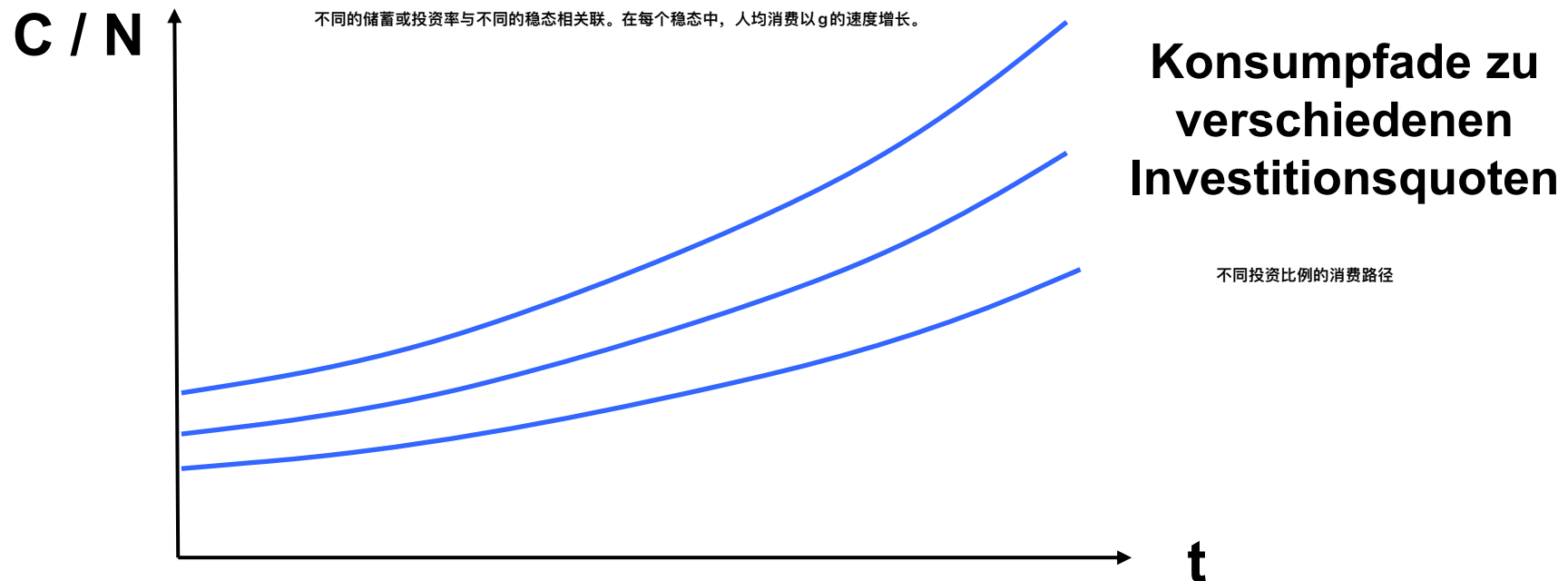
Veranschaulichung von (\*\*) wenn  $s$  von  $s_0$  auf  $s_1$  steigt:



Erhöhung der Sparquote erhöht Investition und damit steady state Kapitalintensität; wie im Modell ohne technischen Fortschritt

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

Verschiedene Spar- bzw. Investitionsquoten sind mit verschiedenen steady states verbunden. In jedem st.st. wächst der pro-Kopf-Konsum mit der Rate  $g$ .



**Welcher steady state ist mit dem höchsten Pfad des pro-Kopf-Konsums verbunden? => Golden Rule**

## Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

---

**Golden Rule**  $\max_{k^*} f(k^*) - s f(k^*)$

◦ **Steady state**  $s f(k^*) = (\delta + n + g) k^*$

◦  $\max_{k^*} f(k^*) - (\delta + n + g) k^*$

◦ **Optimalitätsbedingung**

$$k^{**}: f'(k^{**}) = \delta + n + g$$

◦  $k^{**} = (f')^{-1}(\delta + n + g)$

◦ **Da  $f'' < 0$ , fällt die optimale Kapitalintensität mit zunehmenden Raten  $\delta$ ,  $n$  und  $g$ .**

# Das Solow – Modell: Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt

Wie reagiert die optimale Sparquote auf demografische Veränderungen (Änderung von  $n$ )?

最佳储蓄率如何应对人口变化?

Optimalitätsbedingung:  $f'(k^{**}) = \delta + n + g$

◦ Daraus folgt

$$\Rightarrow f''(\cdot) dk^{**} = dn \Leftrightarrow \frac{dk^{**}}{dn} = \frac{1}{f''} < 0$$

◦ Bei einem **Rückgang** des Bevölkerungswachstums sollte die Kapitalintensität **steigen**.

Was bedeutet dies für die Sparquote? Sollte sie bei Rückgang des Bev.wachstums steigen/fallen/konstant bleiben?

# Das Solow – Modell: Rückgang des Bevölkerungswachstums

---

1) 一方面, 如果  $n$  下降, 资本密集度应该会上升。(规范性, 上一页)  
(2) 另一方面, 人口增长的下降会自动导致在储蓄率不变的情况下资本密集度的上升。(描述性, 第 9/10 页)  
但是: (2) 中的资本密集度增加不一定对应于 (1) 中的资本密集度增加 -> 请参考下一页的例子  
在人口增长下降的情况下, 储蓄率应该如何应对?

**(1) Einerseits sollte die Kapitalintensität steigen, wenn  $n$  zurückgeht. (normativ, vorige Folie)**

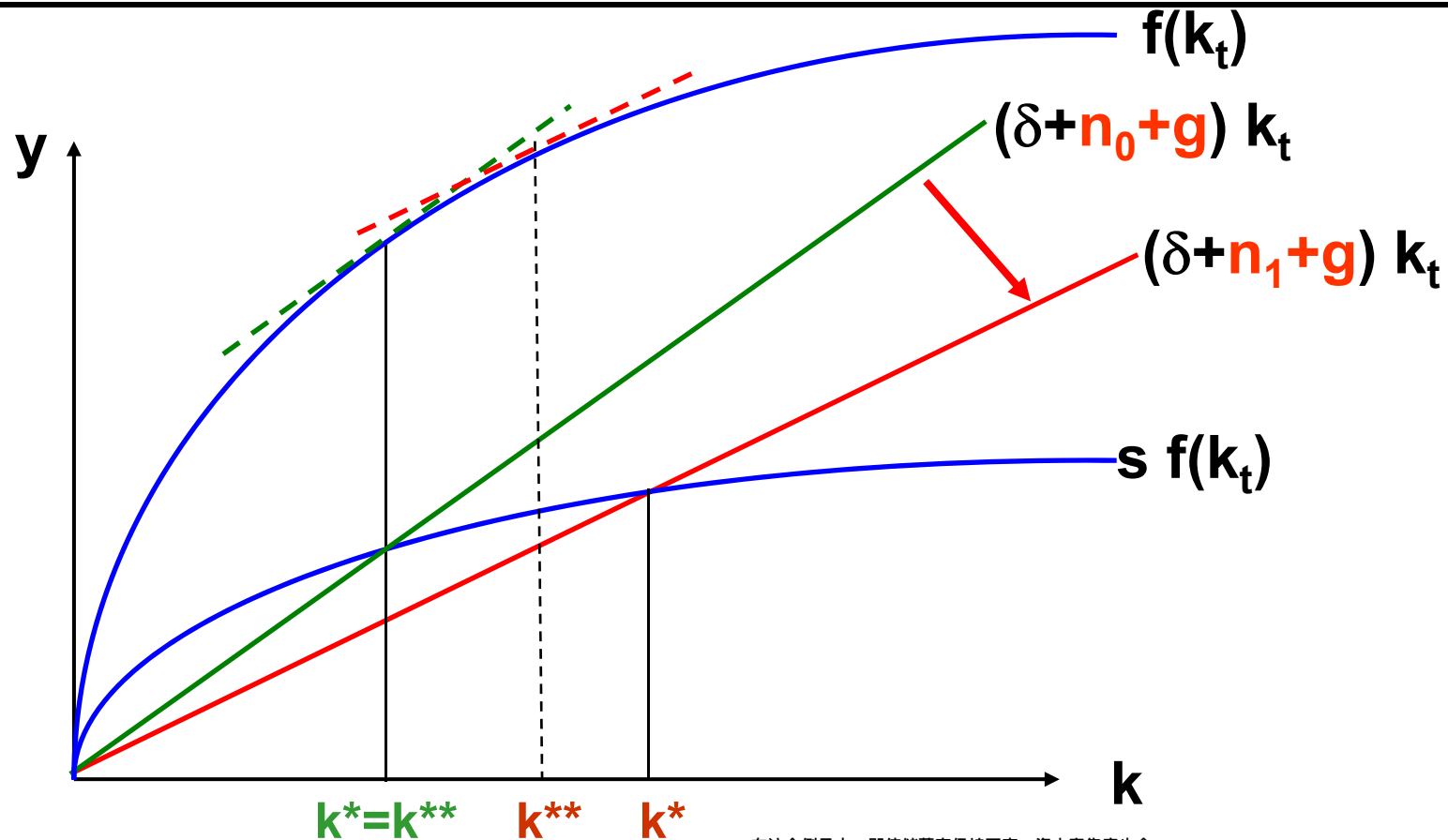
**(2) Andererseits führt der Rückgang des Bevölkerungswachstums automatisch dazu, dass bei konstanter Sparquote die Kapitalintensität steigt. (deskriptiv, Folie 9/10)**

**ABER: Erhöhung der Kapitalintensität in (2) muss nicht notwendig Erhöhung der Kapitalintensität in (1) entsprechen -> Beispiel auf nächster Folie**

**Wie sollte die Sparquote auf den Rückgang des Bevölkerungswachstums reagieren?**



# Das Solow – Modell: Rückgang des Bevölkerungswachstums



在这个例子中，即使储蓄率保持不变，资本密集度也会增加到  $k^*$ ，比它应该增加的更快（黄金法则： $k^{**}$ ）。保持不变的储蓄率将导致过度投资。

Im Beispiel steigt die Kapitalintensität bei konstanter Sparquote auf  $k^*$  und damit stärker als sie es tun sollte (Golden Rule:  $k^{**}$ ). Eine konstante Sparquote würde zu Überinvestitionen führen.

# Das Solow – Modell: Rückgang des Bevölkerungswachstums

---

**Komparative Statik aus der goldenen Regel:  
Totales Differential der Gleichung**

$$f'(k^*(s^*, n, g)) = \delta + n + g$$

◦ **ergibt**  $f''(\cdot) \left[ \frac{\partial k^*}{\partial s} ds^* + \frac{\partial k^*}{\partial n} dn \right] = dn$

◦ **Einsetzen von (\*) und (\*\*) aus Folie 9 ergibt**

$$\Leftrightarrow f''(\cdot) \frac{f(\cdot) ds - k dn}{\delta + n + g - sf'(\cdot)} = dn$$

◦  $\Leftrightarrow f''(\cdot) f(\cdot) ds - f''(\cdot) k dn = (\delta + n + g - sf'(\cdot)) dn$

# Das Solow – Modell: Rückgang des Bevölkerungswachstums

稳态是指经济在长期内达到的平衡状态，其中资本存量、劳动力供给和产出都保持稳定。在稳态下，资本存量的增长率与人口和技术进步的增长率相匹配，使得经济长期保持稳定。

黄金规则是指追求最大化消费效用的资本积累水平。根据黄金规则，经济应该选择使得每单位劳动力的资本存量与边际产出相等的资本积累水平，从而实现最大的长期经济福利。黄金规则下的经济可以实现最高的长期消费水平。

$$\Leftrightarrow \frac{ds^*}{dn} = \frac{\delta + n + g - sf'(\cdot) + f''(\cdot)k}{f''(\cdot)f(\cdot)}$$

分母为负数。分子可以是正数或负数！  
只有了解生产函数，才能对减少n时储蓄率是上升还是下降给出明确的答案。  
如果储蓄率不适应，k可以超过黄金法则。  
►过度投资！►日本？不是-请参考数据！

- **Der Nenner ist negativ.  
Der Zähler kann positiv oder negativ sein!**  
  
**Eine eindeutige Antwort auf die Frage, ob die Sparquote bei Rückgang von n steigen oder fallen sollte, lässt sich nur unter Kenntnis der Produktionsfunktion beantworten.**
- **Wenn sich die Sparquote nicht anpasst, kann k über die *Golden Rule* hinaus steigen.**

► **Überinvestition !**

► **Japan? Nein – vgl. Daten!**

# Das Solow – Modell: Beispiel

---

**Beispiel:**  $f(k) = k^\alpha$   $0 < \alpha < 1$

**Steady state:**  $sf(k) = (\delta + n + g)k$

- $\Rightarrow sk^\alpha = (\delta + n + g)k \Leftrightarrow k^* = \left( \frac{s}{\delta + n + g} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$
- **Golden Rule:**  $f'(k) = \delta + n + g$
- $\Rightarrow \alpha k^{\alpha-1} = \delta + n + g \Leftrightarrow k^{**} = \left( \frac{\alpha}{\delta + n + g} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$

## Das Solow – Modell: Beispiel

---

**Im steady state der Golden Rule gilt:**

$$k^* = k^{**} \quad \text{oder} \quad \left( \frac{s}{\delta+n+g} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} = \left( \frac{\alpha}{\delta+n+g} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

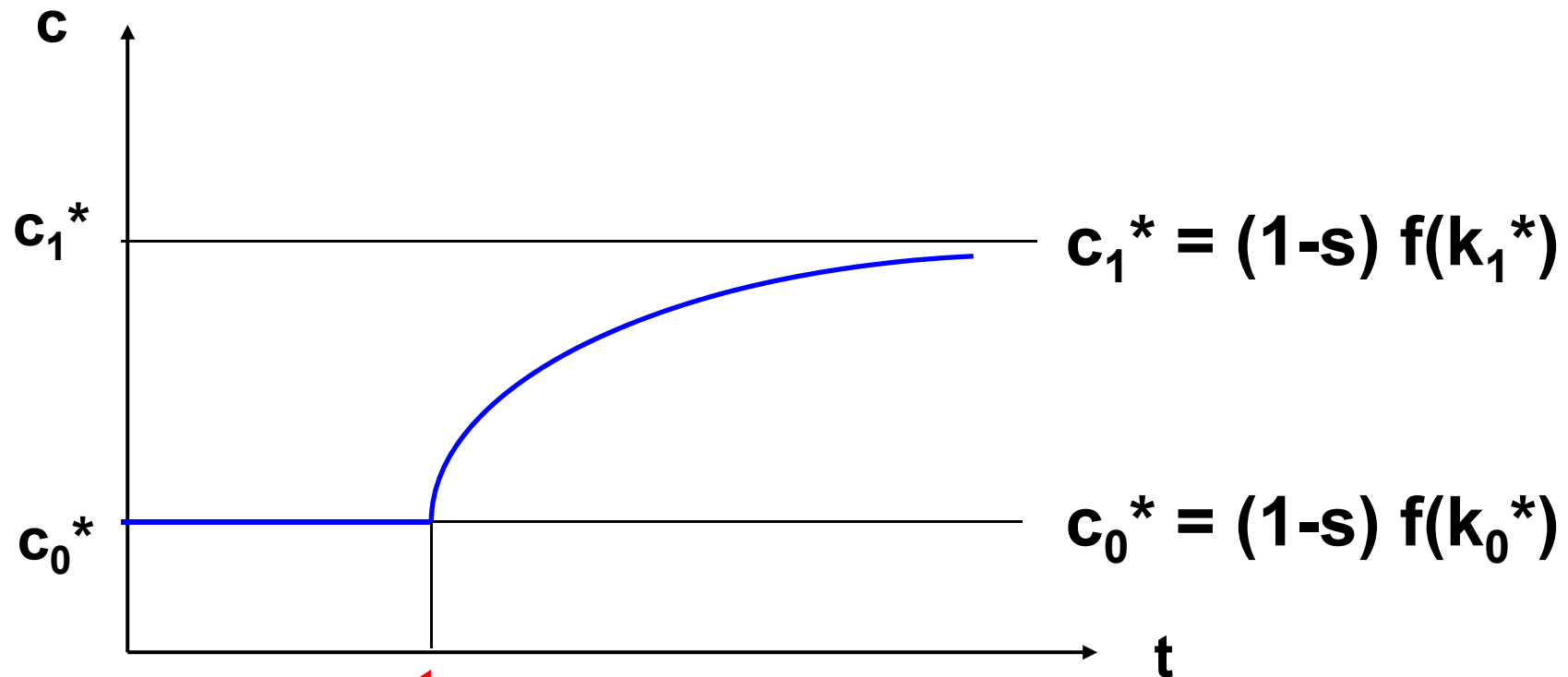
**Daraus folgt:**  $s = \alpha$

**Die Produktionsfunktion  $f(k) = k^\alpha$   
beschreibt einen Grenzfall, in dem die  
optimale Sparquote unabhängig von  $n$  ist.**

# Das Solow – Modell: Rückgang des Bevölkerungswachstums

---

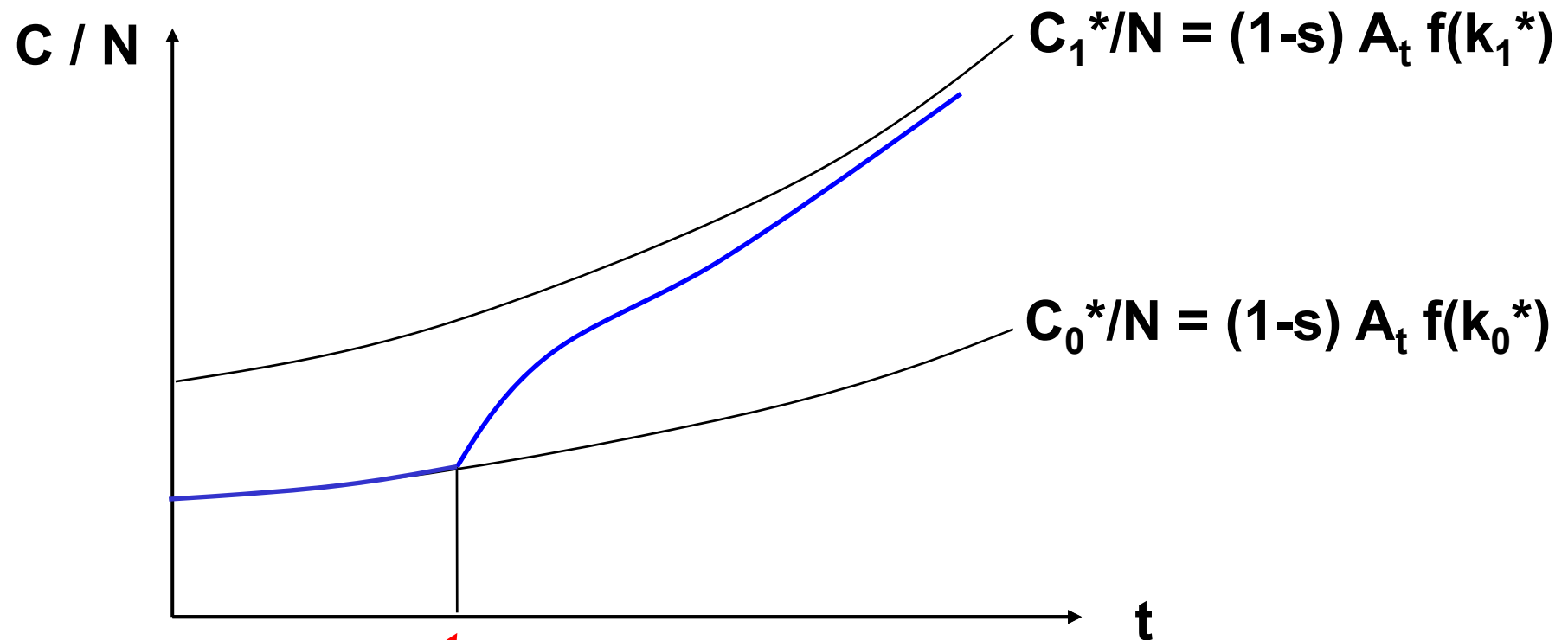
Konsum pro Arbeitseffizienzeinheit bei Rückgang von  $n$  und bei konstanter Sparquote.



Im Zeitpunkt  $t_0$  sinkt die Wachstumsrate der Erwerbsbevölkerung von  $n_0$  auf  $n_1$ .

# Das Solow – Modell: Rückgang des Bevölkerungswachstums

Konsum pro Kopf bei Rückgang von  $n$  und bei konstanter Sparquote



Im Zeitpunkt  $t_0$  sinkt die Wachstumsrate der Erwerbsbevölkerung von  $n_0$  auf  $n_1$ .

# Solow-Modell: Anhang 1

---

- Nachfolgend einige Daten und Überlegungen zur Prüfung, ob unsere Volkswirtschaften dynamisch effizient sind.

以下是一些数据和思考，用于检验我们的经济是否具有动态效率。



# Investitionsquoten ausgewählter Regionen

---

	Welt	USA	Euro-Zone	Afrika	Asiatische Schwellen- länder	Mittlerer Osten
1993–2000 Durchschnitt	22,1%	16,8%	21,4%	17,5%	32,9%	24,2%
2006	22,8%	13,7%	21,3%	24,8%	42,2%	40,4%

Quelle: IWF, Juli 2007

# Solow-Modell für Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

---

Annahme Cobb-Douglas-Produktionsfunktion  $F(K,N) = K^\alpha (AN)^{1-\alpha}$ ,

Intensitätsform:  $f(k) = k^\alpha$

Steady state bei gegebener Investitionsquote  $s$ :

$$sk^\alpha = (\delta + g + n)k \Rightarrow k^* = \left( \frac{s}{\delta + g + n} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Steady state der goldenen Regel (bei optimaler Investitionsquote  $s^*$ ):

$$f'(k) = \delta + g + n \Leftrightarrow \alpha k^{\alpha-1} = \delta + g + n \Rightarrow k^{**} = \left( \frac{\alpha}{\delta + g + n} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$\Rightarrow$  Optimale Investitionsquote  $s^* = \alpha$

# Solow-Modell für Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

---

Produktionsfunktion  $Y = F(K, N) = K^\alpha (AN)^{1-\alpha}$ ,

Lohn = Grenzprodukt der Arbeit:

$$w = \frac{\partial F(K, N)}{\partial N} = (1 - \alpha) K^\alpha A^{1-\alpha} N^{-\alpha}$$

Lohnquote = Arbeitseinkommen/BIP =  $wN / Y = 1 - \alpha$

=> Optimale Investitionquote  $s^* = \alpha = 1 - \text{Lohnquote}$

Dynamische Ineffizienz:  $s > s^*$   
(Investitionsquote  $> 1 - \text{Lohnquote}$ )

我们可以利用GDP、投资和工资份额的数据来了解这种联系，从而得出我们的经济是否具有动态效率。

Wir können diesen Zusammenhang und die Kenntnis der Daten zu BIP, Investitionen und Lohnquote nutzen um einen ersten Eindruck zu bekommen, ob unsere Volkswirtschaften dynamisch effizient sind oder nicht!

# Solow-Modell für Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

Daten: Investitionsquote = Bruttoinvestitionen / BIP

Lohnquote = Anteil der Arbeitnehmereinkommen am BSP

dynamisch  
ineffizient?

Land	s = Brutto- investitionen / BIP	Lohnquote	$\alpha =$ 1 – Lohnquote	s > $\alpha$ ?
Deutschland	0,19	0,58	0,42	nein
Frankreich	0,22	0,59	0,41	nein
USA	0,19	0,56	0,44	nein
Japan	0,21	0,60	0,40	nein
China	0,47	0,47*	0,53	nein

Daten für 2013 (\* 2011) bereinigte Lohnquote nicht vollst. vergleichbar mit OECD-Daten 2006.

Investitionsquote siehe: [http://data.un.org/Data.aspx?d=WDI&f=Indicator\\_Code%3ANE.GDI.TOTL.ZS](http://data.un.org/Data.aspx?d=WDI&f=Indicator_Code%3ANE.GDI.TOTL.ZS)

Lohnquote siehe: Global Wage Report 2014/15 International Labour Organization (ILO/UN) Figure 10 und 16  
[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms\\_324678.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_324678.pdf)

附录 2: 什么是实际利率?  
实际利率表示, 如果您今天投资一单位商品, 明年将获得多少额外的商品单位。  
假设您想要储蓄 100 单位商品,  
如果您投资于一种技术, 该技术今天需要 100 单位商品的投入,  
并在一年内  $(100 + r)$  单位商品的产出, 则  $r$  为实际利率。  
假设您将商品存放起来。  
- 如果商品不会腐烂, 则实际利率为零。- 如果有 20% 的物品在一年内会损坏,  
那么库存的实际利率为  $-20\% < 0$ 。  
尽管如此, 它仍然可能值得! 宁愿承受贬值, 也不要明天一无所有。

## Anhang 2: Was ist der Realzins?

---

Der Realzins gibt an, wie viele Gütereinheiten Sie im nächsten Jahr zusätzlich erhalten, wenn sie heute eine Gütereinheit investieren.

Angenommen, Sie wollen 100 Gütereinheiten (GE), sparen.

- Investieren Sie in eine Technik, die heute 100 GE Input erfordert und in einem Jahr  $(100 + r)$  GE erzeugt, dann ist  $r$  der Realzins.
- Angenommen Sie lagern die Güter.
  - Wenn sie nicht verderben, ist der Realzins null.
  - Wenn 20% innerhalb eines Jahres verderben, ist der Realzins aus Lagerhaltung  $-20\% < 0$ .

Dennoch kann es sich lohnen!

Lieber einen Wertverlust erfahren als morgen gar nichts haben.

# Bruttowertschöpfung, Abschreibungen und Realzins

- Sie verfügen über 100 Gütereinheiten (=Maschinen), die Sie sparen wollen.
- Sie geben die Maschinen einem Unternehmen (als Kredit), das damit ein Jahr lang produziert. Der damit geschaffene zusätzliche Produktionswert ist das Grenzprodukt des Kapitals:

Die zusätzliche Bruttowertschöpfung beträgt  $100 \, dF(K,N) / dK$ .

- Nach einem Jahr erhalten Sie die Maschinen zurück und als Entlohnung für die Vermietung die mit diesen Maschinen zusätzlich geschaffenen Güter.
- Von den alten Maschinen ist aber ein Anteil  $\delta$  kaputtgegangen (Abschreibung).
- Sie verfügen nun über  $100 \, dF(K,N) / dK + (1 - \delta) 100$  Gütereinheiten.

- **Wie hoch ist der Realzins?**

总产值、折旧和实际利率

① 您拥有 100 个商品单位 (=机器), 您想要保存它们。

② 您将这些机器提供给一家公司 (作为贷款), 该公司用它们生产了一年。由此创造的额外生产价值是资本的边际产品: 额外的总产值为  $100 \, dF(K, N) / dK$ 。

③ 一年后, 您收回机器, 并作为租赁的报酬, 获得了这些机器产生的额外商品。④ 旧机器中有一部分  $\delta$  已经损坏 (折旧)。

⑤ 现在您拥有  $100 \, dF(K, N) / dK + (1 - \delta) 100$  个商品单位。

⑥ 实际利率是多少?

Prof. Dr. Frank Heinemann, AVWL II, 第 38 页

# Kapitalquote und Zinssatz im Solow-Modell

---

Sie verfügen nun über  $100 \, dF(K,N) / dK + (1 - \delta) 100$  Gütereinheiten.

Wie hoch ist der Realzins?

$$(1+r) 100 = 100 \, dF(K,N) / dK + (1 - \delta) 100$$

$$\Leftrightarrow r = dF(K,N) / dK - \delta \Leftrightarrow r = f'(k) - \delta$$

- **Der Realzins entspricht dem Brutto-Grenzprodukt des Kapitals abzüglich der Abschreibungsrate**  
(Realzins = Netto-Grenzprodukt des Kapitals).
- Er beschreibt den Gewinn des Kapitaleigentümers aus der Überlassung des Kapitals.

实际利率等于资本边际产出的总额减去折旧率（实际利率=资本净边际产出）。  
它描述了资本所有者从资本出借中获得的利润。

# Kapitalquote und Zinssatz im Solow-Modell

---

## Zahlenbeispiel:

- Angenommen das Grenzprodukt des Kapitals beträgt 0,25, die Abschreibungsrate 20%.
- Investiert ein Unternehmer 100 Gütereinheiten, so werden damit 25 Gütereinheiten zusätzlich produziert.

Außerdem sind noch 80% der eingesetzten Maschinen funktionsfähig. Er verfügt also nach einem Jahr über 105 Gütereinheiten.

- Sein Gewinn beträgt 5 Gütereinheiten.

$$r = dF(K,N) / dK - \delta = 0,25 - 0,20 = 5\%$$

所罗模型中的资本配额和利率

数字示例:

假设资本的边际产量为 0.25, 折旧率为 20%。

如果企业家投资 100 个商品单位, 则会额外生产 25 个商品单位。

此外, 使用的机器还有 80% 是正常运转的。因此, 一年后他将拥有 105 个商品单位。



# Zusammenhang von Realzins und Wachstumsrate im langfr. Wachstumsgleichgewicht

---

- Im steady state gilt:  $s f(k) = (\delta + g + n) k$

- Bei Entlohnung nach Grenzproduktivität gilt

$$r = f'(k) - \delta$$

- Im steady state der Goldenen Regel gilt

$$f'(k) = \delta + g + n$$

$$\Rightarrow r = g + n \quad \text{Realzins} = \text{BIP-Wachstumsrate}$$

- Allgemein gilt bei dynamischer Effizienz

$$f'(k) \geq \delta + g + n$$

$$\Rightarrow r \geq g + n \quad \text{Realzins} \geq \text{BIP-Wachstumsrate}$$

# Das Solow – Modell

批判性讨论

索洛模型

索洛模型是一个很好的描述性模型。它描述了一些简化的事实：

(1) 人均产出随时间增长。(2) 人均资本存量 (资本密集度) 随时间增长。

(3) 资本存量的回报率几乎是恒定的。 $r = f'(k) - \delta$

(4) 实物资本与总产出的比率是恒定的。因此，两个总量以相同和恒定的速率增长。(5) 劳动和资本之间的收入分配几乎是恒定的，即工资份额和利润份额几乎是恒定的。

## Kritische Diskussion

**Das Solow-Modell ist ein gutes deskriptives Modell**

**Es beschreibt einige stilisierte Fakten:**

**(1) Der Pro-Kopf Output wächst über die Zeit.**

**(2) Die Kapitalausstattung pro Kopf (Kapitalintensität) wächst über die Zeit.**

**(3) Die Verzinsung des Kapitalstocks ist nahezu konstant.  $r = f'(k) - \delta$**

**(4) Das Verhältnis von physischem Kapital zu aggregiertem Output ist konstant. Damit wachsen beide Aggregate mit gleicher und konstanter Rate.**

**(5) Die Einkommensverteilung zwischen Arbeit und Kapital ist nahezu konstant, d.h. die Lohnquote und die Profitquote sind nahezu konstant.**

# Das Solow – Modell

---

## Kritische Diskussion

Die Golden Rule des Solow-Modells beschreibt die optimale Investitionsquote im steady state.

Die optimale Investitionsquote maximiert den Pro-Kopf-Konsum im steady state. Der steady state wird jedoch nie vollständig erreicht.

Anpassungsprozesse brauchen jedoch Zeit. Das Solow-Modell beschreibt nicht die optimalen Anpassungspfade.

Zeitpräferenz: Zukünftiger Konsum sollte abdiskontiert werden. Konsum während der Anpassungsphase muss berücksichtigt werden.

Diese Kritikpunkte werden vom **Ramsey-Modell** berücksichtigt.

# Das Solow – Modell

批判性讨论  
索洛模型

索洛模型的长期增长平衡描述了一种经济可持续发展的路径，其中所有输入以“资本”因素的存量形式综合考虑。第二个生产要素是流量“劳动力”。  
环境（土地、矿产资源、水质、大气化学成分）是存量。但是，它们实际上无法像机器一样增加。为了分析生态可持续性，我们需要一个包含3个因素的模型。

## Kritische Diskussion

**Das langfristige Wachstums-Gleichgewicht des Solow-Modells beschreibt einen ökonomisch nachhaltigen Wachstumspfad, einer Ökonomie, in der alle Inputs in Form von Bestandsgrößen im Faktor „Kapital“ subsummiert sind. Der zweite Produktionsfaktor ist die Stromgröße „Arbeit“.**

**Umwelt (Boden, Bodenschätze, Wasserqualität, chemische Zusammensetzung der Atmosphäre) sind Bestandsgrößen. Diese lassen sich aber faktisch nicht in der gleichen Weise vermehren wie Maschinen.**

**Um die ökologische Nachhaltigkeit zu analysieren, brauchen wir ein Modell mit 3 Faktoren.**

## 3.5 Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

Wir wollen drei Fragen nachgehen:

1. Kann es sein, dass wir eines Tages einen Sättigungspunkt erreichen, so dass wir nicht mehr konsumieren wollen?
2. Kann eine ständig wachsende Ökonomie ökologisch nachhaltig sein?
3. Führt technischer Fortschritt zwangsläufig zu Wirtschaftswachstum?

1. 我们会不会有一天达到饱和点，不再消费？
2. 经济持续增长是否能够实现生态可持续性？
3. 技术进步是否必然导致经济增长？

## 3.5 Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

1. Kann es sein, dass wir eines Tages einen **Sättigungspunkt** erreichen, so dass wir nicht mehr konsumieren wollen?
- - In einer Marktwirtschaft wird für kein Gut ein Sättigungspunkt erreicht, wenn die Produktion dieses Gutes Kosten verursacht.
  - ◆ Beweis: Im Sättigungspunkt wäre die Zahlungsbereitschaft = 0, damit der Preis < Kosten. => kann kein Marktgleichgewicht sein.

我们可能会有一天达到饱和点，不再消费吗？  
- 在市场经济中，如果生产某种商品会产生成本，那么这种商品就不会达到饱和点。  
② 证明：在饱和点，支付意愿=0，因此价格<成本。=> 无法达成市场平衡

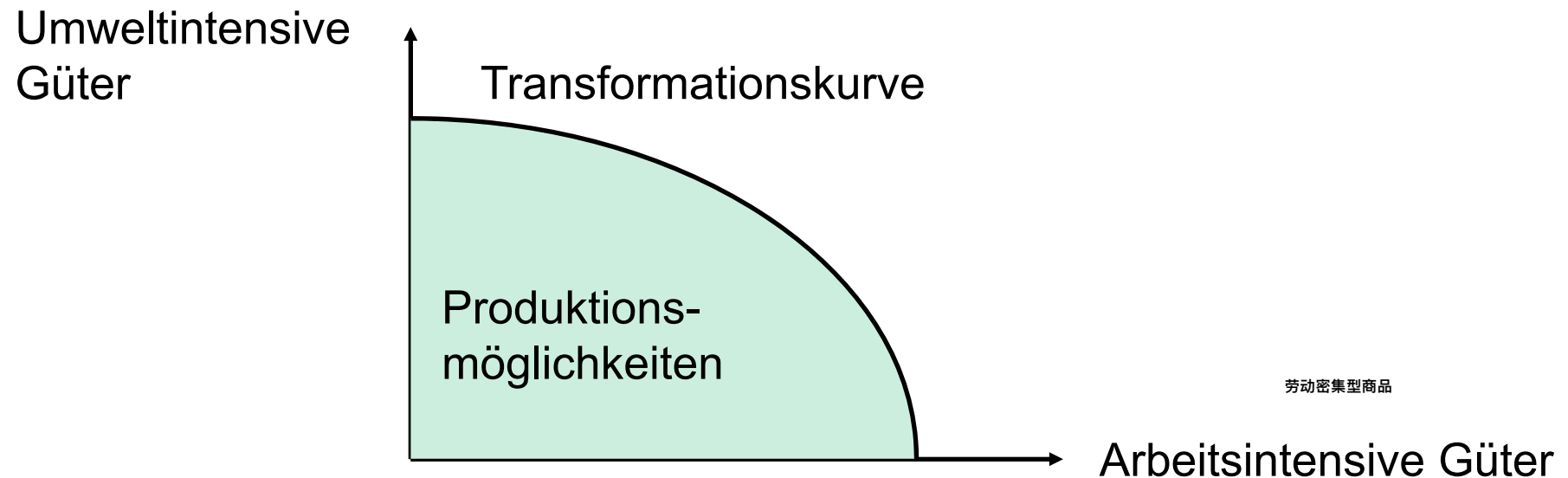
# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

## 2. Kann eine ständig wachsende Ökonomie ökologisch nachhaltig sein?

**Natürliche Ressourcen sind endlich. BIP wächst jedoch unendlich.**

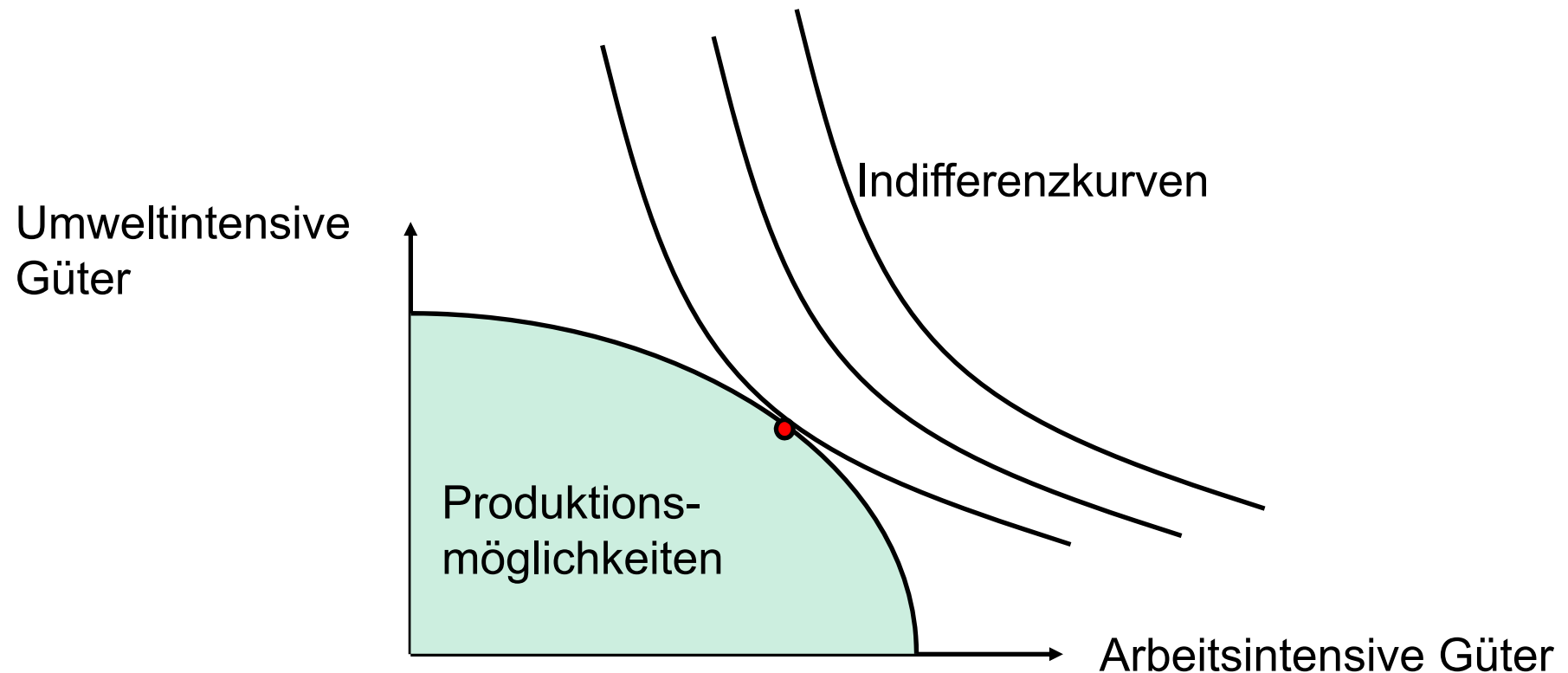
一个不断增长的经济体能否在生态上实现可持续性？自然资源是有限的，但国内生产总值却无限增长。



# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

**Präferenzen bestimmen die Nachfrage im Marktgleichgewicht.**

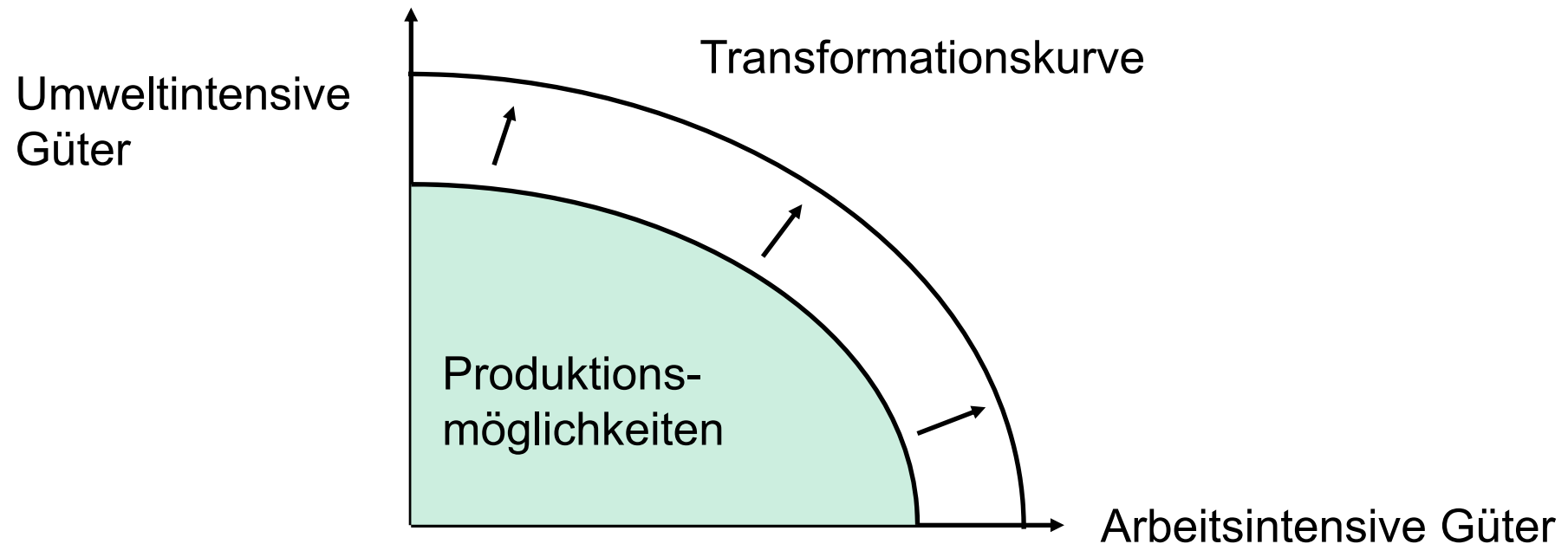




# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

**Technischer Fortschritt und Kapitalakkumulation vergrößern die Menge der produzierbaren Güter.**

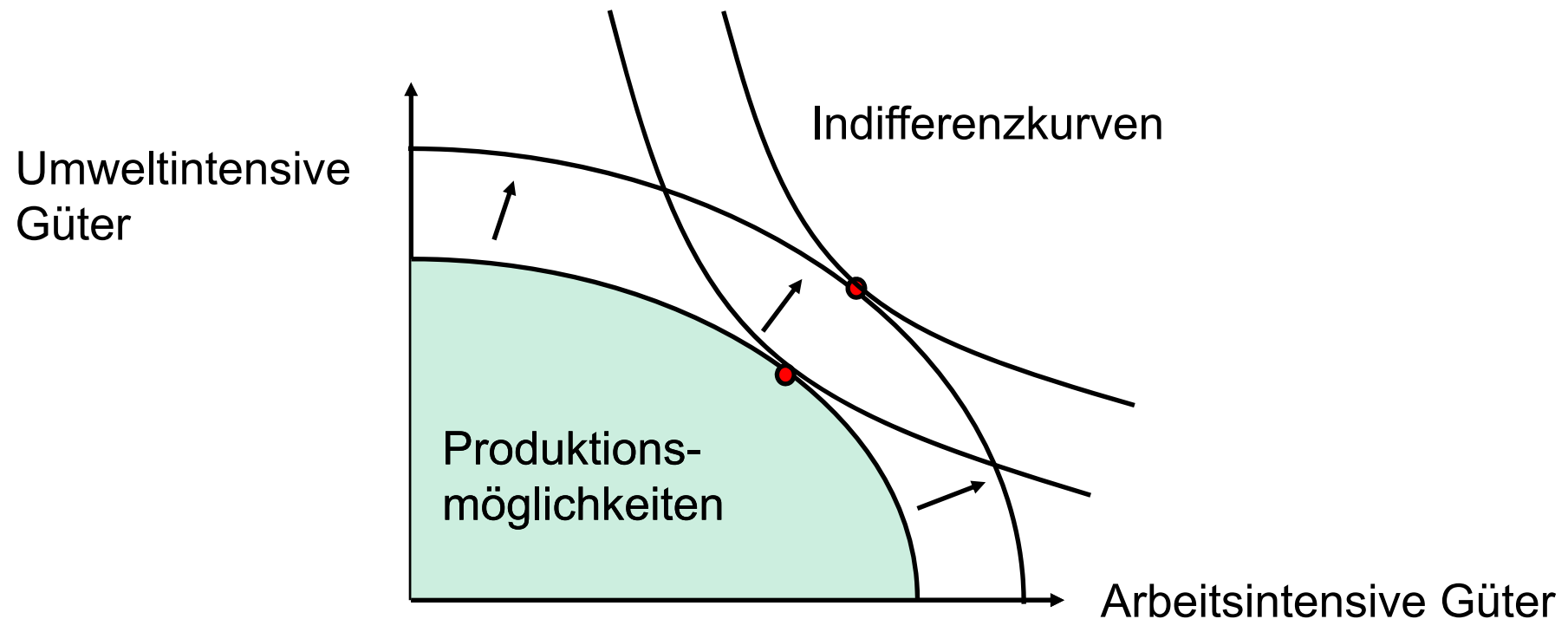


# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

**Technischer Fortschritt und Kapitalakkumulation vergrößern die Menge der produzierbaren Güter.**

**Umweltverbrauch kann zu- oder abnehmen.**

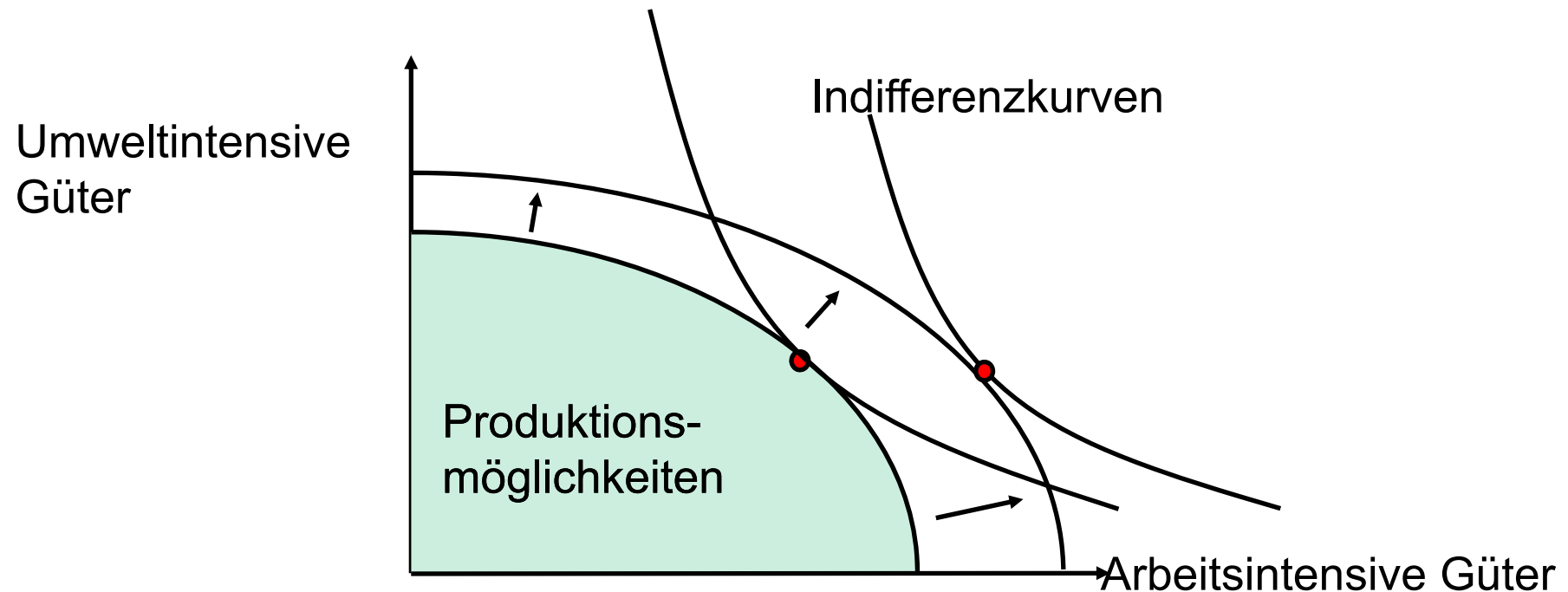


# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

**Technischer Fortschritt und Kapitalakkumulation vergrößern die Menge der produzierbaren Güter.**

**Umweltverbrauch kann zu- oder abnehmen.**



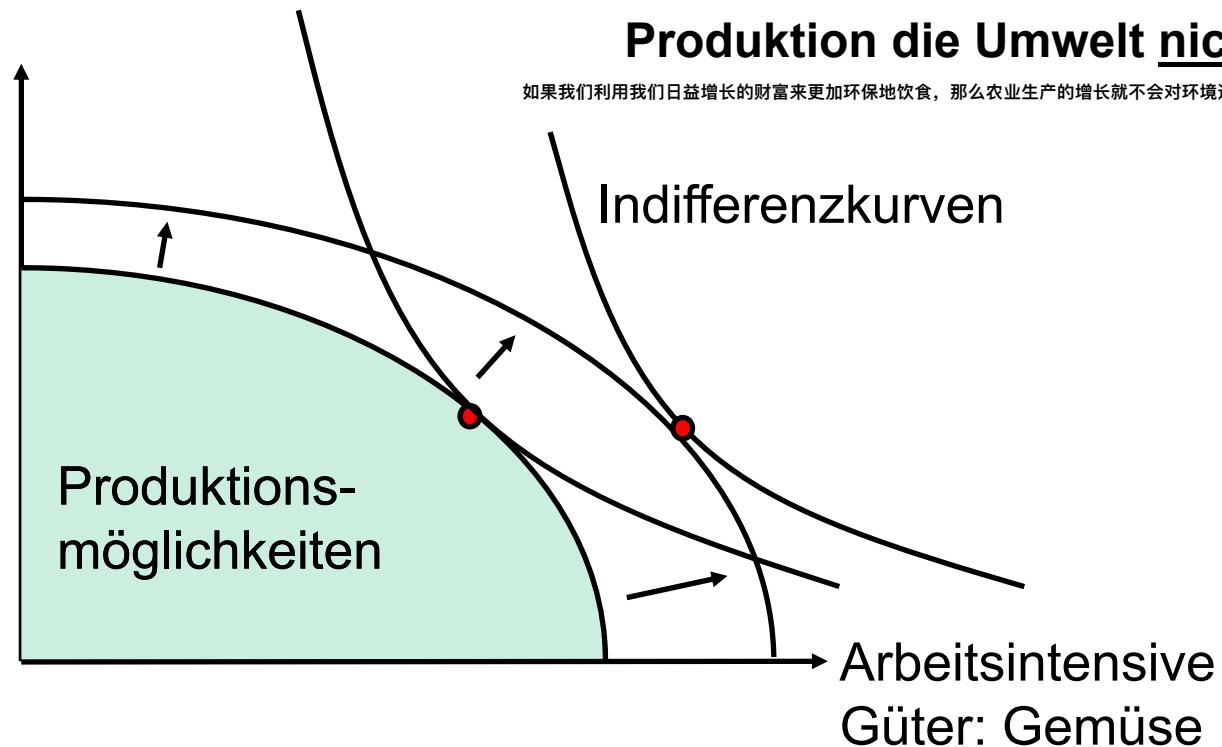
# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

Beispiel: Landwirtschaftliche Produkte

Wenn wir unseren zunehmenden Reichtum verwenden, um uns ökologischer zu ernähren, dann belastet das Wachstum in der landwirtschaftlichen Produktion die Umwelt nicht.

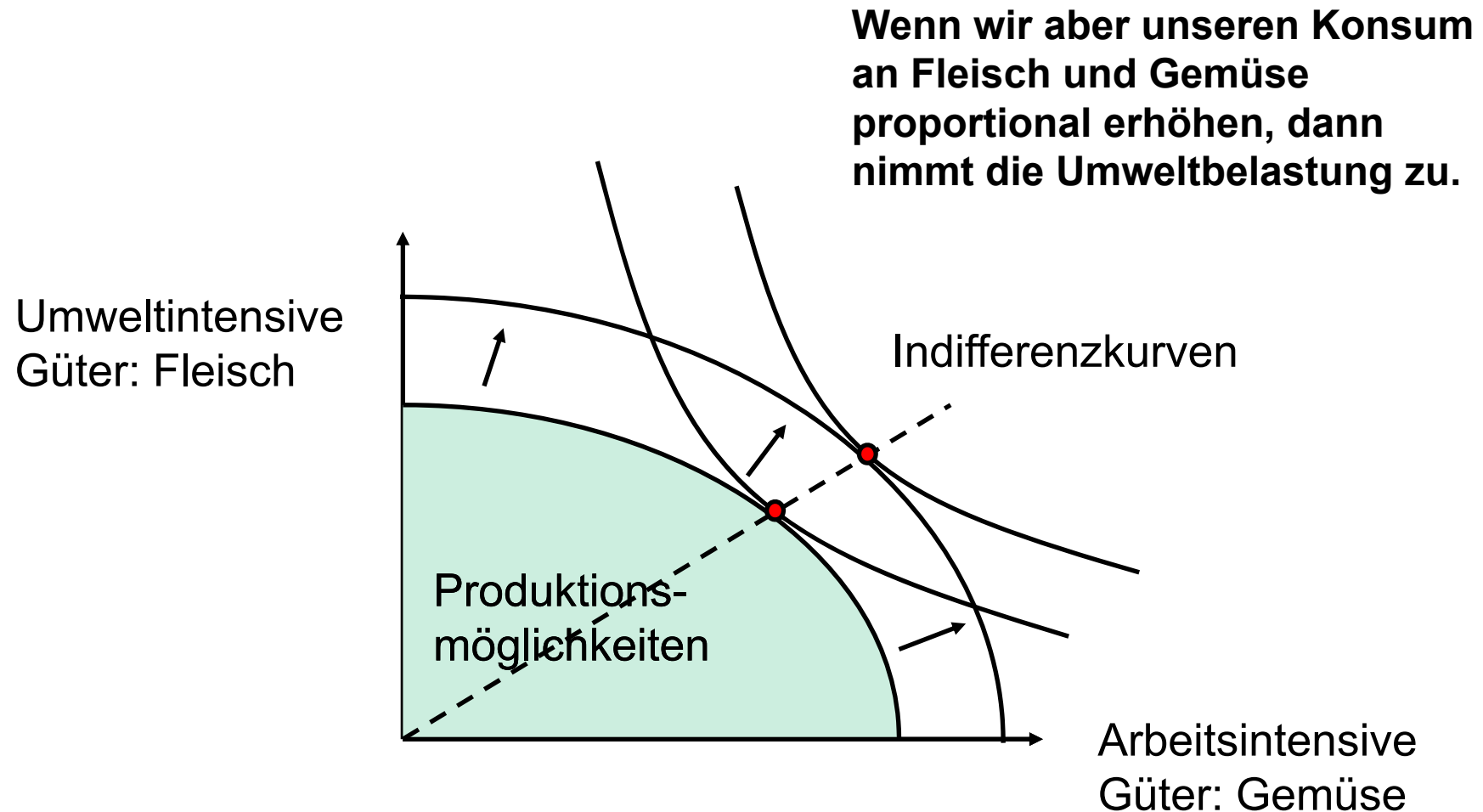
如果我们利用我们日益增长的财富来更加环保地饮食，那么农业生产的增长就不会对环境造成负担。

Umweltintensive  
Güter: Fleisch



# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

## Beispiel: Landwirtschaftliche Produkte



# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

## 2. Kann eine ständig wachsende Ökonomie ökologisch nachhaltig sein?

**Wachstum vergrößert die Menge der produzierbaren Güter.**

**Wenn technischer Fortschritt zu einer effizienteren Nutzung des Faktors Umwelt führt und/oder, wenn wir mit zunehmendem Wohlstand vor allem solche Güter nachfragen, deren Produktion weniger umweltschädlich ist, dann ist beständiges Wachstum ohne Zunahme von „Umweltverbrauch“ möglich.**

2. 一个不断增长的经济体能否实现生态可持续性?  
增长扩大了可生产商品的数量。  
如果技术进步导致对环境因素的更有效利用和/或我们随着财富的增加主要需求那些生产对环境影响较小的商品, 则可以实现持续增长而不增加“环境消耗”。

# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

## 3. Führt technischer Fortschritt zwangsläufig zu Wirtschaftswachstum?

Technischer Fortschritt führt dazu, dass wir mit gegebener Menge an Arbeit mehr Güter produzieren können. Ist das Arbeitsangebot fest, werden mehr Güter produziert => Wachstum

Dank des technischen Fortschritts kann eine gegebene Menge an Gütern mit weniger Arbeit hergestellt werden.

Wenn wir entsprechend mehr Freizeit nachfragen, dann sinkt das Arbeitsangebot. Wenn wir die zunehmenden Konsummöglichkeiten nur für den Konsum von Freizeit verwenden, dann steigt das BIP nicht.

技术进步是否必然导致经济增长?

技术进步使我们能够用相同的劳动力生产更多的商品。如果劳动力供应不变, 就会生产更多的商品=>增长

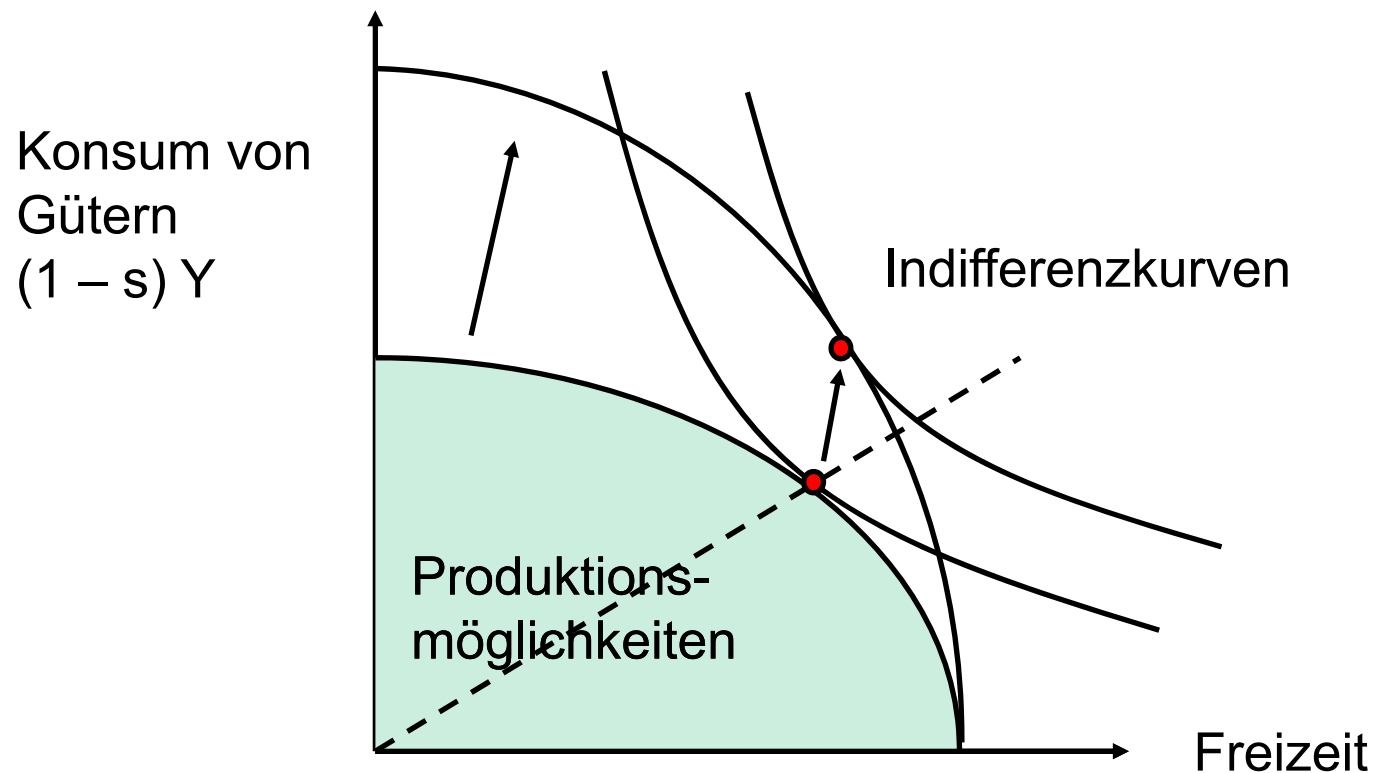
由于技术进步, 相同数量的商品可以用更少的劳动力生产。

如果我们要求更多的休闲时间, 劳动力供应就会下降。如果我们只将增加的消费用于休闲消费, 那么 GDP 不会增长。

# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

Wenn wir den techn. Fortschritt nutzen um Güterkonsum und Freizeit proportional zu steigern, dann bekommen wir Wachstum.

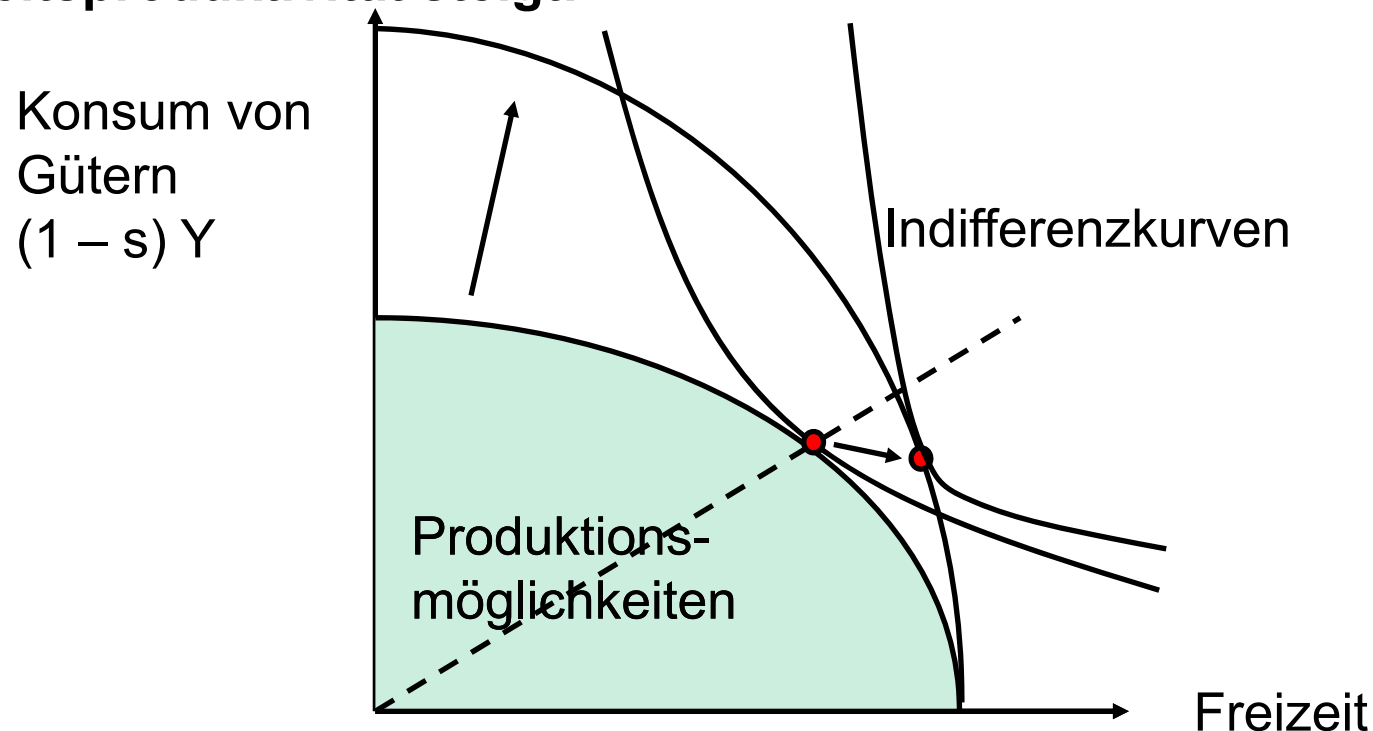




# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

Wenn wir den techn. Fortschritt nutzen um den Konsum von Gütern durch Freizeit zu ersetzen, kann das Wachstum sogar negativ werden.

Dazu muss das Arbeitsangebot stärker abnehmen als die Arbeitsproduktivität steigt!



哪个情景是现实的?  
微观经济学: 随着收入增加, 需求减少的商品称为劣等品。  
随着收入增加, 需求增加的商品称为正常品。  
实证表明, 高度聚合的商品组是“正常商品”。  
⑦ 当收入增加且相对价格相同时  
- 肉类需求增加, 蔬菜需求增加  
- 生产商品需求增加, 休闲需求增加  
=> 只有当环保产品相对于环境污染产品更便宜时, 才能实现经济增长和环境消耗的平衡!

# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

## Welches dieser Szenarien ist realistisch?

**Mikroökonomik: Ein Gut, das bei zunehmendem Einkommen weniger stark nachgefragt wird, heißt inferiores Gut.**

**Ein Gut, das bei zunehmendem Einkommen verstärkt nachgefragt wird, heißt normales Gut.**

**Empirisch zeigt sich, dass hochaggregierte Gütergruppen „normale Güter“ sind.**

**⇒ Bei zunehmendem Einkommen und gleichen Relativpreisen**

- steigt die Nachfrage nach Fleisch und die Nachfrage nach Gemüse**
- steigt die Nachfrage nach produzierten Gütern und nach Freizeit**

**=> Nur wenn umweltschonende Produkte relativ zu umweltbelastenden Produkten billiger werden, lassen sich Wirtschaftswachstum und konstanter Umweltverbrauch vereinbaren!**

# Wachstum und ökologische Nachhaltigkeit

---

Nur wenn umweltschonende Produkte relativ zu umweltbelastenden Produkten billiger werden, lassen sich Wirtschaftswachstum und konstanter Umweltverbrauch vereinbaren!

**Wie kann das erreicht werden?**

- **Forschung in Richtung umweltschonender Produktion**
- **Subventionen bzw. Steuern:**
  - **Bepreisung knapper Faktoren wie Luft und Wasser sorgt für deren effizienten Einsatz (Markt für Zertifikate). Evtl. Problem: Spekulation**
  - **Besteuerung umweltschädlicher Produktion (negativer externer Effekte) bringt Effizienzvorteile. Evtl. Problem: Festlegung der Höhe einer Steuer**

**Bei beiden Instrumenten gibt es starke Lobby-Interessen**

- **Änderung von Präferenzen**

**Das heißt, wir müssen uns auch ändern wollen.**

如何实现?

- 研究环保生产方向

- 补贴或税收:

- 对空气和水等稀缺资源进行定价, 以实现其有效利用 (证券市场)。可能存在问题: 投机

- 对环境有害的生产进行征税 (负外部效应), 带来效率优势。可能存在问题: 税收水平的确定

这两种工具都存在强烈的游说利益

- 改变偏好

这意味着我们也必须愿意改变。

---

■ **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**Teil III nächste Woche:**

**Technischer Fortschritt**