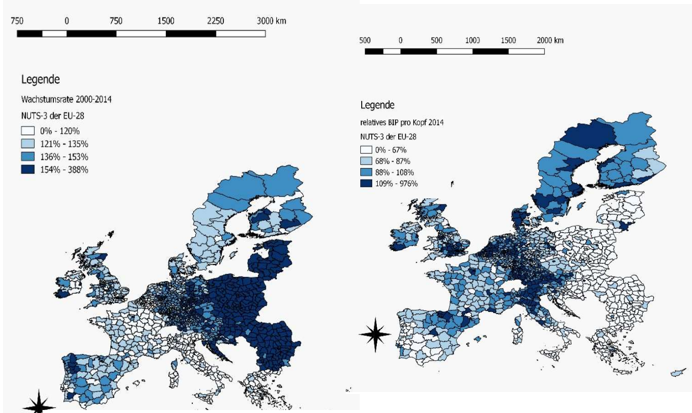
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für VWL, insb. Verkehrspolitik und Raumwirtschaft

5 Grundlagen: Neoklassische Wachstumstheorie

Europäische Integration & Regionale Entwicklung

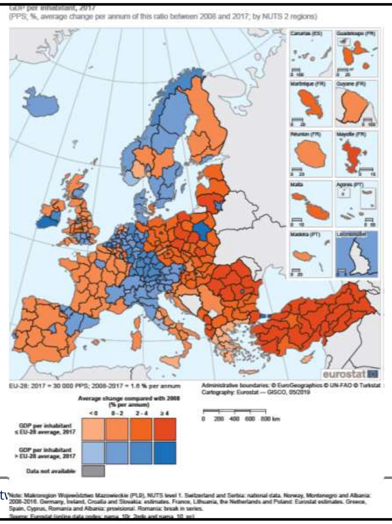
Motivation



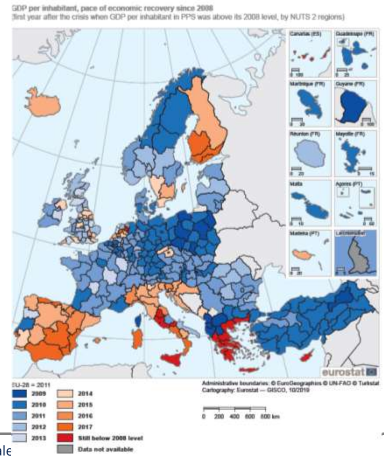
Quelle: Anne Grimm (Bachelorarbeit 2017)

Wachstum nach 2008

Entwicklung nach der Finanzkrise



Wachstum nach der Finanz- und Schuldenkrise



Lernziele

- Sie kennen das neoklassische Wachstumsmodell und können es formal und grafisch erläutern
- Sie verstehen, die Mechanismen, die in diesem Modell zur Konvergenz von Regionen führen
- Sie kennen verschiedene Konvergenzkonzepte und ihre Stärken und Schwächen

5 Grundlagen: Neoklassische Wachstumstheorie

- Es gibt große Unterschiede in den Pro-Kopf-Einkommen, aber auch in den Wachstumsraten zwischen den EU-Regionen
- Wovon hängt das Wachstum von Regionen ab?
- Gibt es eine Konvergenz von Regionen?
- Kann Integration Wachstum erhöhen?
- Führt dies zu mehr Divergenz oder Konvergenz?

5.1 Solow-Swan Wachstumsmodell

- Grundidee: Wachstum des Outputs durch höhere Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren
- Akkumulation durch Konsumverzicht (Investition)
- Annahmen:
  - Produktion eines Gutes (Vollkommener Wettbewerb)
  - Geschlossene Volkswirtschaft
  - Technologie ist exogen
  - Neoklassische Produktionsfunktion

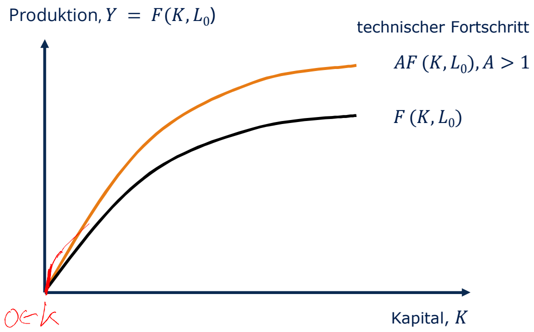
Neoklassische Produktionsfunktion

- Zwei Faktoren (Arbeit L und Kapital K, eL effiziente Arbeit) $\quad Y = AF(K, eL)$
- Totalte Faktorproduktivität A (exogen) $\quad A = 1$
- Konstante Skalenerträge $\quad F(\lambda\mathrm{K}, \lambda\mathrm{L}) = \lambda F(\mathrm{K}, \mathrm{L})$
- Abnehmendes Grenzprodukt $\quad \frac{\partial F}{\partial K} > 0,\ \frac{\partial F}{\partial L} > 0,$ $\quad \frac{\partial^2 F}{\partial K^2} < 0,\ \frac{\partial^2 F}{\partial L^2} < 0,$
- Inada-Bedingungen $\quad \lim_{K\to 0} F_K = \lim_{L\to 0} F_L \to \infty$ $\quad \lim_{K\to\infty} F_K = \lim_{L\to\infty} F_L = 0$

- K ≡ Kapitalstock
- L ≡ Arbeitseinsatz
- A ≡ Totale Faktorproduktivität

Y ≡ Output (BIP)
e ≡ Arbeitseffizienz pro Einheit Arbeit

Neoklassische Produktionsfunktion



Kapitalakkumulation

– Was passiert, wenn sich der Kapitalstock ändert?

$$\dot{K} \equiv \frac{dK}{dt}, \qquad \dot{Y} \equiv \frac{dY}{dt}, \qquad \dot{y} \equiv \frac{dy}{dt}$$

<u>Annahme</u>: konstante Bevölkerung/Beschäftigung

Ursachen für die Veränderung des Kapitalstocks:

– Investitionen
– Abschreibungen

- $\dot{K} \equiv$ Änderung des Kapitalstocks über die Zeit
- $\dot{y} \equiv$ Änderung des Pro-Kopf Outputs über die Zeit

Kapitalakkumulation

– Differentialgleichung bezüglich K:

$$\dot{K}(t) = I(t) - \delta K(t) = sF\big(K(t), L(t)\big) - \delta K(t)$$

– Wachstumsrate des Kapitalstocks

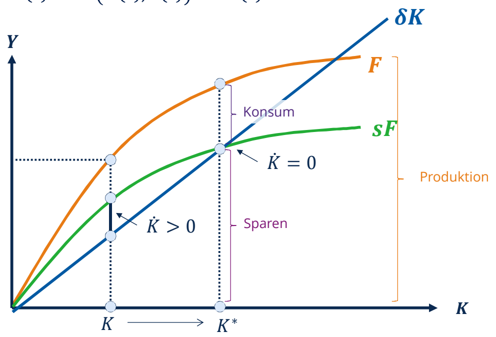
$$\hat{K}(t) \equiv \frac{\dot{K}(t)}{K(t)} = s\frac{F(t)}{K(t)} - \delta$$

– Wann entsteht ein Steady State?
Wenn es keine Kapitalakkumulation mehr gibt…

$$\hat{K} = 0 \rightarrow \dot{K}(t) = 0$$
$$\rightarrow \dot{K}(t) = sF(t) - \delta K(t)$$
$$\rightarrow sF(t) = \delta K^*(t)$$

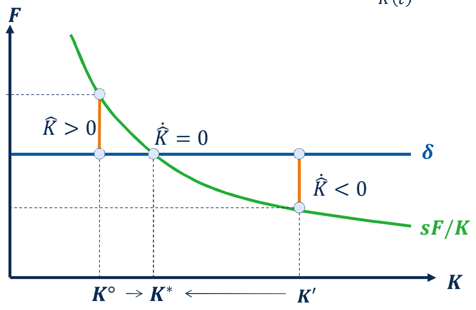
Basismodell im Aggregat – Solow Diagramm

$\dot{K}(t) = sF\big(K(t), L(t)\big) - \delta K(t)$



Alternative Darstellung: WR des Kapitalstocks

$$\hat{K}(t) = s\frac{F(t)}{K(t)} - \delta$$



5.2 Solow-Modell mit Kapitalintensität

- Konstante Skalenerträge → Produktionsfunktion umformen in die intensive Form
  - mit $k \equiv K/L$ als Kapitalintensität
  - und $y \equiv Y/L$ als Pro-Kopf-Output

$$\frac{1}{L}Y = F\left(\frac{1}{L}K, \frac{1}{L}L\right) \rightarrow y = f(k)$$

- Grenzprodukt des Kapitals $\text{MPK} = f'(k)$
- Inada-Bedingungen → $\lim_{K\to 0} f'(k) \to \infty, \lim_{K\to\infty} f'(k) = 0$

Kapitalstock und Ersparnis

- Ersparnis pro Kopf (Sparquote s) = Investition pro Kopf

$$i = sy = sf(k)$$

- **Abschreibung**:
  - Fixe Abschreibungsrate des Kapitalstocks δ
  - Kapitalstock sinkt um δk je Periode
- **Bevölkerungswachstum**: Wächst die Bevölkerung mit der Rate n, so muss der Kapitalstock ebenfalls um n wachsen, um pro Kopf konstant zu bleiben
  → Bevölkerungswachstum wirkt wie eine Abschreibung auf den Pro-Kopf-Kapitalstock in Höhe von nk

Das Wachstumsgleichgewicht

- Kapitalakkumulationsgleichung wie bisher:

$$\dot{K}(t) = sF(t) - \delta K(t)$$

$$k = \frac{K}{L}$$

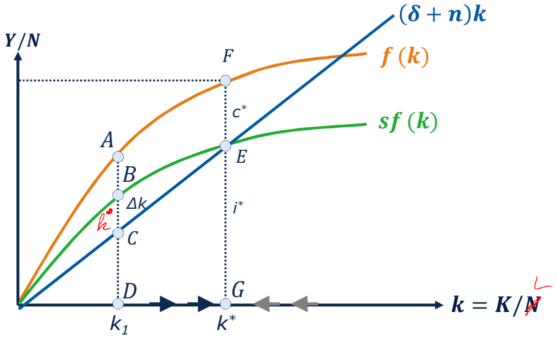
- Inwieweit ändert sich die Kapitalintensität?
- Differentialgleichung für Kapitalintensität:

$$\dot{k} = sf(k) - (\delta + n)k$$

- Veränderung der Kapitalintensität =
  Investition – Abschreibung
  - Ist Pro-Kopf-Investition > Abschreibung je Beschäftigtem
    $\Rightarrow \dot{k} > 0$
    Das Kapital pro Beschäftigtem steigt

Modifiziertes Solow-Diagramm

$\dot{k} = sf(k) - (\delta + n)k$



Zur Abb. Modifiziertes Solow-Diagramm

- Ausgangspunkt k1
  - mit DA als Pro-Kopf-Produktion
  - DB als Bruttoinvestition – DC Abschreibung =
  - BC als Nettoinvestition
  - AB als Konsum
- So lange DB > DC ist die Nettoinvestition positiv und der Kapitalstock pro Kopf (Kapitalintensität) wächst
- Dies erhöht die Produktion ... bis letztlich k*, das Steady-State Niveau des Kapitalstocks erreicht wird. Dann sind Bruttoinvestition und Abschreibung gleich und es kommt zu keiner weiteren Veränderung von Produktion und Kapitalstock.

Dynamik (1)

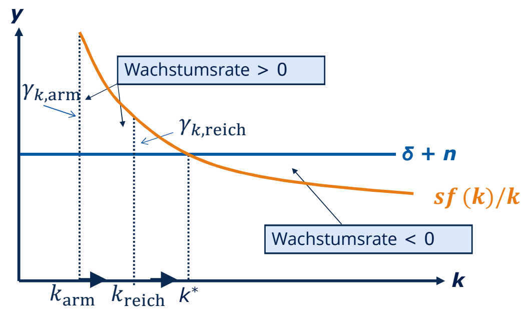
- Die Wachstumsrate des Kapitalstocks

$$\gamma_k \equiv \frac{\dot{k}}{k} = s\frac{f(k)}{k} - (\delta + n), \qquad \gamma_K \equiv \frac{\dot{K}}{K} = \gamma_k + n$$

- Wachstumsrate von k = Abstand zwischen Sparkurve und Abschreibung
  - ist $k\ < k^*$so wächst der Kapitalstock $\gamma_k > 0$
  - ist $k\ >\ k^*$ so schrumpft er $\gamma_k < 0$
- Ergebnis: Je ärmer ein Land c.p. (je kleiner der Kapitalstock), umso schneller wächst es!!!

Dynamik (2)

$$\gamma_k = s\frac{f(k)}{k} - (\delta + n)$$



5

Abb. Dynamik

- Ein Diagramm mit Abschreibungen als horizontale Gerade (Abschreibungsrate ist konstant unabhängig vom Niveau der Kapitalintensität) und Ersparnis pro Kapitalintensitätseinheit als fallende Kurve (je höher die Kapitalintensität umso geringer ist die Ersparnis, da das Grenzprodukt abnimmt und die Ersparnis proportional zum Grenzprodukt ist).
- ist die Sparrate höher als die Abschreibungsrate wächst der Kapitalstock, da die Investitionen höher sind als die notwendigen Ersatzinvestitionen.
- Ist die Sparrate geringer als die Abschreibungsrate schrumpft der Kapitalstock.
- k* ist dann der Steady-State. Hier sind Abschreibungsrate und Sparrate bzw. Investitionsrate identisch.
- Da in diesem Modell k* ausschließlich von der exogenen Sparquote abhängt, gibt es ein eindeutiges Steady-State-Niveau des Kapitalstock.
- Bei Ländern mit gleicher Technologie und Sparquote gilt folgendes: Sie erreichen alle langfristige das gleiche Niveau des Kapitalstocks und damit das gleiche Outputniveau. Im Übergang wächst daher ein ärmeres Land (karm) schneller als ein reicheres Land (Kreis), das bereits näher am Steady-State ist.

5.3 Steady State

- k^*, y^* und c^* sind die Niveaus der Kapitalintensität, des Pro-Kopf-Outputs und des Pro-Kopf-Konsums im Steady-State (nach Ende aller Anpassungen)

$$\dot{k} \equiv k_{t+1} - k_t = 0 \rightarrow sf(k_t) = (\delta + n)k_t$$

- Steady-State (stationärer Zustand) – Produktion und Kapitalstock pro Kopf ändern sich nicht mehr

$$\gamma_k \equiv \frac{\dot{k}}{k} = s\frac{f(k)}{k} - (\delta + n) = 0 \qquad \gamma_K \equiv \frac{\dot{K}}{K} = \gamma_k + n$$

- Wachstumsrate = logarithmische Ableitung:

$$k = \frac{K}{L} \rightarrow \ln k = \ln K - \ln L \rightarrow \frac{d\ln k}{d\ln t} = \frac{d\ln K}{d\ln t} - \frac{d\ln L}{d\ln t} \rightarrow \gamma_k = \gamma_K - n$$

Steady State (2)

- Alle Pro-Kopf-Größen k, c, y sind im Steady-State constant (Wachstumsraten gleich Null)

$$\gamma_k = \gamma_c = \gamma_y = 0, \qquad (k, c, y \text{ konst})$$

- Alle absoluten Größen K, C, Y wachsen mit der Wachstumsrate der Bevölkerung n

$$\gamma_K = \gamma_C = \gamma_Y = n$$

$$\gamma_K \equiv \frac{\dot{K}}{K} = \gamma_k + n \xrightarrow{\text{Steady State}} \text{n}$$

Steady State (3) - Technischer Fortschritt

- Im Solow-Modell wird technologischer Fortschritt als exogen angenommen.
- Tatsächlich resultiert technologischer Fortschritt aus der **Forschungs- und Entwicklungstätigkeit (F&E).**
- F&E Ausgaben hängen ab von:
  - Der Produktivität des Forschungsprozesses, d.h. wie sich F&E Ausgaben in neuen Ideen und Produkten ausdrücken.
  - Der Profitabilität des Forschungsprozesses, d.h. inwieweit die Unternehmen von Investitionen in eigene F&E profitieren.

Steady State (4) - Arbeitseffizienz

- Wächst die Arbeitseffizienz e mit der Wachstumsrate des technischen Fortschritts x, so wird das Modell nicht in Pro-Kopf-Einheiten sondern in Arbeitseffizienzeinheiten (eL) gerechnet.

$$Y = AF(K, eL) \rightarrow y^e = Af(k^e)$$

- Qualitativ erhält man die gleichen Ergebnisse
- Die Wachstumsrate des Kapitalstocks in Einheiten der Arbeitseffizienz ist

$$\gamma_{k^e} \equiv \frac{\dot{k}^e}{k^e} = \frac{sf(k^e)}{k^e} - (\delta + n + x), \qquad \left[k^e \equiv \frac{K}{eL}\right]$$

Steady State (5)

- Alle Größen in Arbeitseffizienzeinheiten sind im Steady-State konstant

$$\gamma_{k^e} = \gamma_{c^e} = \gamma_{y^e} = 0 \rightarrow k^e, \quad c^e, \; k^e \text{ konstant}$$

- Alle Pro-Kopf-Größen wachsen mit der Rate des technischen Fortschritts x

$$\gamma_k = \gamma_c = \gamma_y = x$$

- Alle absoluten Größen wachsen mit der aggregierten Wachstumsrate von Bevölkerung und technischem Fortschritt $x + n$

$$\gamma_K = \gamma_C = \gamma_Y = x + n$$

- Wachstumsrate = logarithmische Ableitung:

$$k^e = \frac{K}{eL} \rightarrow \ln k = \ln K - \ln L - \ln e \rightarrow \frac{d \ln k^e}{d \ln t} = \frac{d \ln K}{d \ln t} - \frac{d \ln L}{d \ln t} - \frac{d \ln e}{d \ln t} \rightarrow \gamma_k - x = \gamma_K - n - x$$

Absolute β-Konvergenz

- Alle Länder konvergieren gegen dasselbe Niveau des Outputs pro Kopf

  → Daraus folgt, dass zwischenzeitlich ärmere Länder eine höhere Wachstumsrate aufweisen als reichere Länder.
- Empirisch wird dies nur für homogene Gruppen von Ländern bestätigt!
- Die Theorie behauptet Konvergenz ja nur für Länder mit identischer Technologie, gleicher Sparquote, gleicher Abschreibungsrate und gleicher Bevölkerungswachstumsrate

Empirie: β -Konvergenz von Regionen

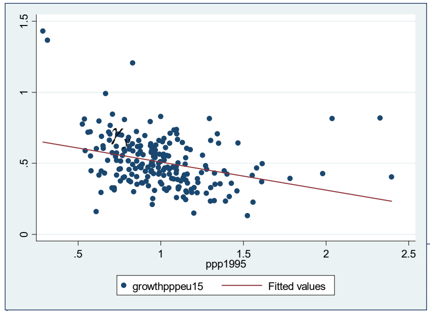
- Aus der Abweichung vom Steady State ergibt sich folgende Schätzgleichung (Barro/Sala-i-Martin, Kapitel 11)
- Barro Schätzgleichung

$$\gamma_{yi} = \alpha + \beta_0 y_{0i} + \varepsilon_i$$

- Annahmen in der Regression (damit OLS-Schätzung kausalen Zusammenhang zeigt)
  - y_{0i} und ε_i sind unabhängig, d.h. y_{0i} ist nicht endogen (Cov$(y_{0i}, \varepsilon_i) = 0$)
  - Zentraler Koeffizient (Konvergenzrate bei log. Variablen): β_0

- $\gamma_{yi} \equiv$ Wachstumsrate des BIP pro Kopf (y) in Region i
- $y_{0i} \equiv$ BIP pro Kopf der Region i im Ausgangsjahr (Niveau)
- $\varepsilon_i \equiv$ Störterm im Modell (Residual in der Regressionsgleichung)

Absolute β-Konvergenz EU



Kaufkraftparitäten versus Wachstumsrate des BIP/Kopf

Korrelation mit Regressionsgerade der Barro-Regression

EU-15 zwischen 1995-2005

Daten Eurostat

Eigene Berechnungen

```
Number of obs =      209
F(  1,   207) =     7.46
Prob > F      =   0.0069
R-squared     =   0.1015
Root MSE      =   .17598
```

growthppp~15	Coef.	Robust Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
pps_hab_95	-.0000124	4.52e-06	-2.73	0.007	-.0000213	-3.43e-06
_cons	.7065898	.0743028	9.51	0.000	.5601026	.853077

Bedingte β-Konvergenz

- Länder unterscheiden sich auch in den Variablen, die Wachstum beeinflussen, wie z.B. technischem Fortschritt
- Länder konvergieren innerhalb von Clubs,
  = Gruppen von Ländern mit ähnlichen Bedingungen (teilweise bestätigt durch die Meta-Studie von Abreu et al., 2005)
- Regression (mit X als Matrix k weiterer Einflussvariablen)

$$\gamma_{yi} = \alpha + \beta_0 y_{0i} + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

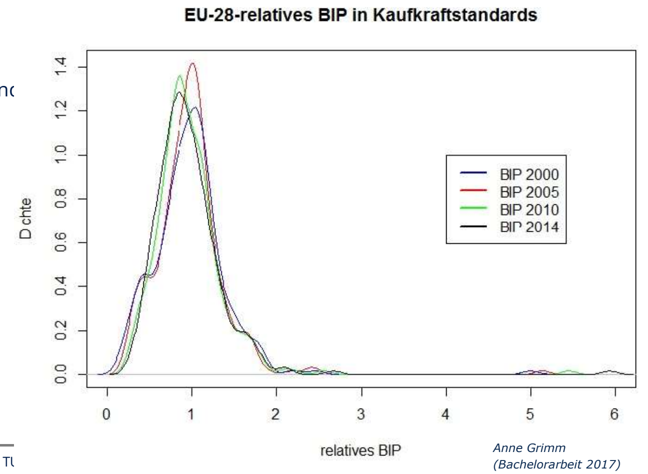
Bedingte β -Konvergenz (Empirie Regionen)

- Für Regionen unterschiedliche Ergebnisse
- Evidenz in Richtung Konvergenz-Clubs
- Bräuninger/Niebuhr (2008) für EU-Regionen, 1982-2002
  - Räumliche Schätzung, Länderdummies, Unterscheidung: Agglomeration und ländliche Räume; zusätzlich Quantilsschätzung
  - Ergebnisse: Es gibt Konvergenz-Clubs (Agglomeration und ländliche Räume konvergieren gegen unterschiedliche Steady States; Ländereffekte dominieren, d.h. unterschiedliche Institutionen etc. sind dominant)

σ -Konvergenz (1)

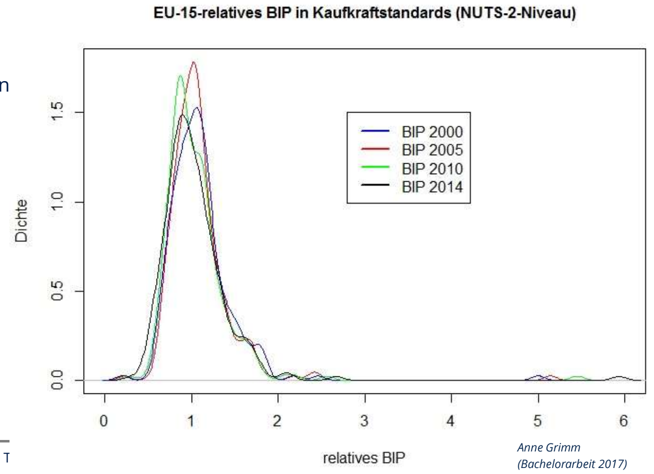
- Abnahme der Streuung der Pro-Kopf-Einkommen zwischen Regionen (Quah, 1995)
- β -Konvergenz ist notwendige aber keine hinreichende Bedingung für σ -Konvergenz

– Kernd

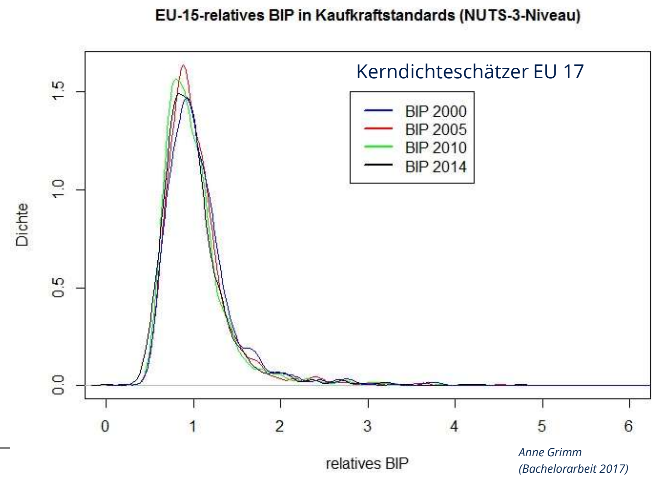


Anne Grimm (Bachelorarbeit 2017)

– Kern



Anne Grimm (Bachelorarbeit 2017)



Anne Grimm (Bachelorarbeit 2017)

– **Variationskoeffizient**

	NUTS3				NUTS2			
	2000	2005	2010	2014	2000	2005	2010	2014
EU 15	**0,501**	**0,429**	**0,456**	**0,489**	0,372	0,371	0,402	0,443
Deutschland	**0,442**	**0,443**	**0,432**	**0,438**	**0,265**	**0,261**	**0,234**	**0,226**
Spanien	0,222	0,192	0,193	0,212	0,208	0,187	0,192	0,217
Frankreich	0,346	0,336	0.393	0.395	0,282	0,261	0,277	0,270
Italien	0,269	0,254	0.265	0.278	0,258	0,253	0,261	0,276
Groß-britannien	0.832	0.610	0.711	0.757	0,587	0,587	0,688	0,746

Anne Grimm (Bachelorarbeit 2017)

σ -Konvergenz (5)

- Gemischte Evidenz
- In der EU bis 1995 σ -Konvergenz, danach nicht mehr
- Eventuell entwickeln sich Regionen auseinander?
- Neue Ökonomische Geografie mit Agglomerationseffekten?

Takeaway

- Das neoklassische Wachstumsmodell erklärt Wachstum in Abhängigkeit von Kapitalakkumulation und exogenem technischen Fortschritt.
- Eine aus diesem Modell abgeleitete Hypothese ist die Konvergenz zwischen Regionen in Bezug auf das BIP Pro Kopf ($\boldsymbol{\beta}$-Konvergenz)
- Variieren die exogenen Parameter zwischen Regionen (Sparquote, Produktivität, technischer Fortschritt), dann ist die Hypothese, dass es zu einer Konvergenz innerhalb von Clubs kommt (bedingte $\boldsymbol{\beta}$-Konvergenz)
- $\boldsymbol{\sigma}$-Konvergenz beschreibt die die Änderung der Verteilung des BIP Pro Kopf. Im Falle einer Konvergenz wird die Verteilung `enger´, d.h. der Variationskoeffizient sinkt.

Literatur

- Abreu, M, H.L.F. de Groot, R.J.G.M. Florax (2005):
  A Meta-Analysis of Beta-Convergence, Journal of Economic Surveys 19, 389-420
- **Barro, R. and X. Sala-i-Martin: Wirtschaftswachstum (Grundlegende Literatur für dieses Kapitel)**
- Bräuninger, M., A.K. Niebuhr (2008) Agglomeration, Spatial Interaction and convergence in the EU, Schmollers Jahrbuch 128, 329-349
- H. Goecke, M. Hüther, 2017. Economic Convergence: Regional Convergence in Europe. *Intereconomics* 51
- Quah, D. (1993). Galtons's Fallacy and Tests of the Convergence Hypothesis. Scandinavian Journal of Economics 95, 427-443.