

6 Technologie, Innovation und Humankapital (endogenes Wachstum)

Europäische Integration & Regionale Entwicklung



Labour productivity growth in selected euro area countries since 1975

%, five-year moving average of annual growth rates



Sources: OECD and Bundesbank calculations.
Deutsche Bundesbank

Motivation

- Sind technologischer Fortschritt und Arbeitsproduktivität wirklich exogen?

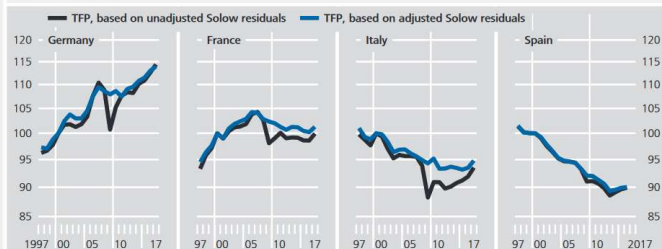
Quelle: Deutsche Bundesbank
Monthly Report January 2021

Motivation

- Ist technologischer Fortschritt wirklich exogen?

Total factor productivity* in selected euro area countries between 1997 and 2017

2000 = 100, log scale



Sources: EU KLEMS, European Commission and Bundesbank calculations. * Unadjusted total factor productivity (TFP) was calculated using a prototypical Solow decomposition. Survey data on capacity utilisation were used in an econometric model to adjust TFP for changes in the rate of capacity utilisation.

Deutsche Bundesbank

Lernziele

- Grundlegendes Wissen über die Rolle von wichtigen Treibern des Wachstums: Wissen, Bildung, Forschung & Entwicklung – Innovation, Produktvielfalt
- Grundlegende Kenntnis der zentralen Modelle der endogenen Wachstumstheorie, in denen diese Treiber modelliert werden.
- Data Literacy: Lesen und Verstehen von Ergebnissen empirischer Arbeiten

Neoklassische vs. Endogene Wachstumstheorie

Neoklassische Wachstumstheorie

- Technologie bzw. technologische Entwicklung oder Effizienz der Arbeit sind exogen
 - Grenzproduktivität des Kapital sinkt mit zunehmender Kapitalakkumulation
 - Dies beschränkt das Wachstum der Ökonomie:
 - der Output wächst langsamer als der Kapitalstock

Endogene Wachstumstheorie

- Wächst technologisches Wachstum oder Effizienz von Arbeit proportional zum Kapitalstock
 - konstantes Grenzprodukt des Kapitalstocks
 - Output wächst proportional zum Kapitalstock

6.1 Endogener technischer Fortschritt (1)

- Technologischer Fortschritt entsteht durch Forschungs- und Entwicklungstätigkeit (F&E).
- F&E Ausgaben hängen ab von:
 - Der Produktivität des Forschungsprozesses, d.h. wie Ideen und neue Produkte aus F&E entstehen.
 - Der Profitabilität des Forschungsprozesses, d.h. wie Unternehmen von Investitionen in eigene F&E profitieren.

Endogener technischer Fortschritt (2)

Die **Determinanten der Produktivität** sind u.a.:

- **Interaktion** zwischen **Grundlagenforschung** (Suche nach generellen Prinzipien und Resultaten) und **angewandter Forschung** (Umsetzung dieser Resultate in spezifische Verfahren)
- **Land**: Einige Länder scheinen in der Grundlagenforschung erfolgreicher zu sein, andere in der angewandten F&E
- **Zeit**: Es dauert oft viele Jahre, bis das volle Potenzial einer großen Entdeckung realisiert wird.

Wissen

- **Wissen ist ein Produktionsfaktor**
 - Wissen ist ein quasi-öffentliches Gut (Universitäten, Schulen, Internet)
- Problem: Bei der Erstellung von Wissen entstehen **positive externe Effekte (Spillover)**
 - Daher wird Wissen in zu geringem Maße bereitgestellt/produziert
 - Ansatz für staatliche Intervention

Externalität und technischer Fortschritt

- Wenn Firmen nicht in der Lage sind, die Früchte der Entwicklung neuer Produkte zu ernten, dann werden sie F&E gar nicht erst betreiben.
- Spezielle Determinanten sind hier:
 - Die Natur des Forschungsprozesses. Lohnt es sich der Erste zu sein der ein neues Produkt entwickelt?
 - Eigentumsrechte. **Patente** geben dem Unternehmen, das ein neues Produkt entwickelt hat, für eine bestimmte Zeit das Recht, andere von der Produktion bzw. Nutzung dieses Produkts auszuschließen.

COMPANY	2021
1 SIEMENS AG	1720
2 ROBERT BOSCH GMBH	1289
3 BASF SE	1284
4 SIEMENS ENERGY AG	748
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN	
5 FORSCHUNG E.V.	564
6 VOLKSWAGEN AG	459
7 BAYER AG	437
7 CONTINENTAL AG	437
9 EVONIK AG	406
10 MERCK KGAA	384
11 COVESTRO AG	378
12 HENKEL GROUP	326
13 THYSSENKRUPP AG	259
14 INFINEON TECHNOLOGIES AG	239
15 DEUTSCHE TELEKOM AG	202
16 CARL ZEISS AG	174
17 ZF FRIEDRICHSHAFEN AG	168
18 KNORR-BREMSE AG	167
19 FRESENIUS SE & CO. KGAA	163
BOEHRINGER INGELHEIM PHARMA GMBH	
20 & CO. KG	162
21 AUDI AG	161
22 SCHAEFFLER AG	160

Patente (Europäisches Patentamt)

D 2012 65655
D 2020 133715

Patente pro Mill EW

Schweiz	969
Schweden	488
Dänemark	456
Niederlande	381
Finnland	381
Deutschland	310
Japan	172
US	140
UK	82

Externalitäten und Wachstum

- Einführung eines zusätzlichen Produktionsfaktors A (z.B: Humankapital: Romer (1986, JPoEC).

$$Y = K^\alpha L^{1-\alpha} A^\gamma$$

⇒ bei $\gamma > 0$ steigende Skalenerträge

⇒ Problem der Entlohnung des Faktors A , da

- Nichtrivalität,
- Nichtanwendung des Ausschlussprinzips,
- A entsteht als externer Effekt der Investitionen in Sachkapital.

6.2 Die Beziehung zwischen A und Wachstum Ein Modell mit Innovationssektor (1)

Weil, D. (2005), Economic Growth, Kapitel 8.2. Bezieht sich auf Lucas (1989)

Zwei Sektoren:

- **Produktionssektor**

$$Y = A(1 - \alpha)L$$

- Der Output wird produziert mit allen Arbeitskräften, die nicht im Forschungssektor eingesetzt werden $(1 - \alpha)L$

- **Innovationssektor**

$$\hat{A} = \frac{\alpha L}{\mu}$$

- Die **Innovationsrate** \hat{A} hängt positiv ab vom eingesetzten Forschungspersonal und negativ von den Kosten der Innovation
- $\alpha L \equiv$ Beschäftigungsanteil des Forschungssektors (Forscher)
- $\mu \equiv$ Kosten einer Innovation in Arbeitseinheiten

Ein Modell mit Innovationssektor (2)

- Output pro Kopf im VA Gewerbe $y = A$
- Wachstum des Pro-Arbeiter-Outputs

$$\hat{y} = \hat{A} = \frac{\alpha L}{\mu}$$

Die Innovationsrate \hat{A}

- steigt mit der Zahl der Forscher F&E
 - sinkt mit den Kosten der Forschung
- Ein Anstieg des Anteils der Forscher erhöht die Produktivität und langfristig und dauerhaft das Wachstum. Kurzfristig sinkt der Output pro Kopf.

$y = Y / ((1 - \alpha)L)$, daher: $y = A$

Wachstumsrate von y ist $d \ln y = \frac{dy}{y} = \hat{y}$, daher: $d \ln y = d \ln A \rightarrow \hat{y} = \hat{A}$

Diskussion - Externalitäten

- **Hypothese** aus dem Modell:
Eine Verdoppelung des Ressourceneinsatzes in der Wissensproduktion (z.B. Wissenschaftler) bewirkt zumindest langfristig eine Verdoppelung der Wachstumsrate
- **Fakt ist aber:** De facto steigen das in F&E tätige wissenschaftlichen Personal deutlich stärker als die Wachstumsraten der Ökonomie (Literaturüberblick in Jones, JPolEc 1995)
- Daher Modifikation (Weil S. 268):

$$\hat{y} = \hat{A} = \frac{\alpha}{\mu} \hat{L}$$

6.3 Produktivität und Humankapitalexternalität

Studie: Brunow/Hirte (2009): Effekte der Altersstruktur auf Produktivität

- Räumliche Querschnittsregression
- 176 Arbeitsmarktregionen in Deutschland
- IABS: Beschäftigtenstichprobe der Bundesagentur für Arbeit
- Produktionsfunktion von Lucas (1989) mit Humankapitaleffekten / -externalität

$$Y = A(K^\alpha L^{1-\alpha})H^\gamma$$

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln k_i + \gamma \ln s_{H,i} + \beta_j X_{ji} + \varepsilon_i$$

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 s_{30-39} + \alpha_2 s_{40-49} + \alpha_3 s_{50-65}$$

Table 3: Regressions without age pattern

ln y	OLS		ML spatial error		ML spatial Durbin	
	Model 1		Model 2		Model 3	
	old (1)	new (2)	old (3)	new (4)	old (5)	new (6)
cons	2.92***	3.01***	2.93***	2.97***	1.2	1.76***
ln k	0.31***	0.31***	0.32***	0.32***	0.34***	0.33***
ln h	0.083***	0.104***	0.095***	0.11***	0.095***	0.111***
East	-0.27***	-0.26***	-0.27***	-0.25***	-0.25***	-0.24***
DivB	0.036	0.018	0.044	0.027	0.035	0.019
DlocB	0.035*	0.039**	0.062***	0.069***	0.06***	0.064***
W ln k					0.53*	0.52*
W DivB						-0.45***
W DlocB					-0.41***	-0.5***
λ			0.688***	0.659***	0.035	-0.035
AIC			-397.1	-396.6	-402.4	-402.3

6.4 Wachstum und Produktvielfalt

- Viele Modelle erklären Wachstum durch eine Zunahme der Produktvielfalt (Romer 1990; siehe Barro/Sala-i-Martin 6.1)
- Produktionsfunktion einer Firma i

$$y_i = AL_i^{1-\alpha} \left(\int_j x_{ij}^\alpha d_j \right)$$

Input: Vielfalt von Vorleistungen erhöht Output der Firma

- Bei N identischen Firmen ist der aggregierte Output:

$$Y = AL^{1-\alpha} \alpha^\alpha N$$

Wachstum und Produktvielfalt (2)

- Innovationssektor $\dot{N} = \frac{H}{\mu/N} \rightarrow \hat{N} = \frac{H}{\mu}$

Mit H als Zahl der Forscher.

Ein Anstieg der Variantenzahl N reduziert die Innovationskosten (Spillover-Effekte!)

- Der Pro-Beschäftigten-Output wächst dann mit (s.o.)

$$\hat{y} = \hat{A} + \hat{N} = \hat{A} + \frac{H}{\mu}$$

- Der Pro-Kopf-Output wächst schneller, wenn mehr Forscher in F&E eingesetzt werden.

Diskussion: Endogenes Wachstum

- Ist Wachstum endogen (technischer Fortschritt, Innovation, Ausdifferenzierung von Produkten, Qualitätsveränderungen), so gibt es Politikoptionen
- Dann wird auch Konvergenz von unterschiedlichen Institutionen/Politiken abhängen
- Viele Modellierungen arbeiten mit Wissens-Spillover-Effekten.
- Problem: Es gibt *Tacit Knowledge*.
 - Das ist nicht kodifizierbar und daher nur über Personen übertragbar. Dies kann Spillover-Effekte schwächen und räumlich beschränken.
- Rolle von Unternehmensgründungen
 - Produktvielfalt, Qualität der Innovationen
 - schöpferische Zerstörung (Schumpeter)

EU-Politik und Wachstum

- Konvergenz ist nicht selbstverständlich. Sie ist durch Politik beeinflussbar
- Innovations-/Technologieförderung sowie Bildungspolitik können gemäß dieser Ansätze Wachstum beeinflussen
- Um Konvergenz herzustellen, sollten weniger entwickelte Regionen stärker gefördert werden
- Problem:
 - Trotz Politik ist Konvergenz nicht eindeutig zu beobachten.
 - Mögliche Ursachen – ist evtl. Politik eine der Ursachen der Polarisierung?

Takeaway

- Grundlegende Treiber von Wachstum, die in der endogenen Wachstumstheorie untersucht werden, sind
 - Totale Faktorproduktivität und Arbeitsproduktivität
 - Forschung und Entwicklung, Wissen
 - Bildung und Humankapital
 - Innovation
 - Produktvielfalt

Literatur

Grundlage für das Kapitel:

- Barro, R., Sala-i-Martin, X., 1998. *Wirtschaftswachstum*. Oldenbourg.
- Weil, D., 2005., *Economic Growth*.

Sonst

- Brunow, S., Hirte, G., 2009. The Age Pattern of Human Capital and Regional Productivity, *Papers in Regional Science* 88, 799-823
- Jones, C.I., 1995. R&D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy* 103, 759-784
- Lucas, R.E. , 1989. On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42
- Romer, P.M., 1986. Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy* 94, 1002-1037
- Romer, P.M., 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy* 98, part 2: 1-102