

Föreläsning 8  
Teknisk tillväxt

- Vad är och vad driver teknisk utveckling?
- Kan vi inkludera teknisk utveckling och befolkningstillväxt i Solow modellen?
- Vilket är viktigast kapitalackumulering eller teknologisk utveckling?

F8: sid. 1

---

---

---

---

---

---

---

---

12-1

Teknologiska utveckling  
och tillväxt

- Teknologiska utveckling har många dimensioner. Det kan innebära:
  - Större produktion
  - Bättre produkter
  - Nya produkter
  - En större variation av produkter
- I varje fall menar vi att värdet av produktionen blir högre, *given* mängden produktionsfaktorer (kapital och arbetskraft).

F8: sid. 2

---

---

---

---

---

---

---

---

Teknologiska utveckling och  
produktionsfunktionen

- Låt oss använda variabeln  $A$ , för att beteckna den teknologiska nivån. Vi kan då skriva produktionsfunktionen som

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

(+ + +)

- En praktisk, men mer restriktiv form är

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

- Notera att;
  - produktionen beror på mängden kapital och arbetskraft *och* den teknologiska nivån  $A$ .
  - Högre  $A$ , gör varje arbetare mer produktiv men har ingen direkt effekt på kapitalet.

F8: sid. 3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Teknologisk utveckling och produktionsfunktionen

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

- Den specifikation vi valt innebär att det går åt färre anställda att skapa en viss produktion givet kapitalmängden ju högre  $A$  är.
- Teknologisk utveckling, dvs att  $A$  ökar över tiden, leder också till att  $AN$  ökar. Arbetskraften blir mer och mer effektiv eller med andra ord, mängden arbetskraft mätt i vad de kan åstadkomma, i effektivitetsenheter (**efficiency units**) ökar över tiden. Med andra ord mängden *effektiv arbetskraft* (**effective labor**) ökar när  $A$  ökar.
- Vi antar också som förut att  $F$  funktionen uppvisar konstant skalavkastning (CRS), dvs för varje  $x$ .

$$xY = F(xK, xAN)$$

F8: sid. 4

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Effektiv arbetskraft – ett exempel

År	Teknologisk nivå = $A$	Antalet arbetare = $N$	Mängden effektiv arbetskraft = $AN$
1	10	100	1000
2	12	105	1260
3	13	110	1430

F8: sid. 5

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Teknologisk utveckling och produktionsfunktionen

- Det visar sig nu praktiskt att arbeta med produktion per effektiv arbetskraftsenhet (istället för som förut per arbetare). Vi delar därför med  $AN$  och använder att  $F$  är CRS

$$\frac{Y}{AN} = \frac{1}{AN} F(K, AN) = F\left(\frac{K}{AN}, 1\right)$$

- För att förenkla notationen definierar vi om

$$\frac{Y}{AN} = F\left(\frac{K}{AN}, 1\right) \equiv f\left(\frac{K}{AN}\right)$$

- I ord, produktion (BNP) per effektiv arbetskraftsenhet beror på mängden kapital per effektiv arbetskraftsenhet.
- Med kvadratrotsspecifikationen får vi

$$\frac{Y}{AN} = \sqrt{\frac{K}{AN}}$$

F8: sid. 6

---

---

---

---

---

---

---

---

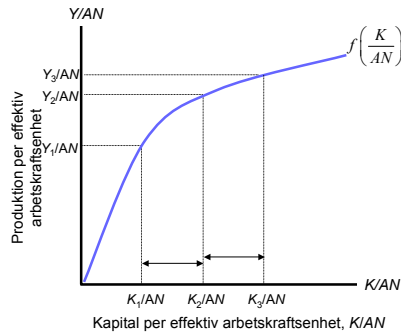
---

---

## Teknologisk utveckling och produktionsfunktionen

### Produktion respektive kapital per effektiv arbetskraftsenhet.

På grund av avtagande marginalavkastning på kapital leder ökningarna i mängden kapital per effektiv arbetskraftsenhet till mindre och mindre ökningarna i produktion per effektiv arbetskraftsenhet.



F8: sid. 7

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Från produktion till kapitalackumulering

- Den dynamiska relationen mellan produktion och kapital inkluderar nu följande länkar:
  1. Relationen mellan produktion och kapital per effektiv arbetskraftsenhet.

$$\frac{Y}{AN} = f\left(\frac{K}{AN}\right)$$

F8: sid. 8

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Från produktion till kapitalackumulering

2. Relationen mellan investeringar och produktion per effektiv arbetskraftsenhet.
  - som tidigare är  $I = S = sY$ .
  - dela med AN och använd 1 så får vi investeringar per effektiv arbetskraftsenhet:

$$\frac{I}{AN} = \frac{sY}{AN} = sf\left(\frac{K}{AN}\right)$$

F8: sid. 9

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Från produktion till kapitalackumulering

### 3. Relationen mellan investeringar och förändringar i mängden kapital per effektiv arbetskraftsenhet.

- För att  $K$  ska hålla jämna steg med  $AN$  måste man kompensera för deprecieringen ( $\delta K$ ) och dessutom se till att  $K$  växer lika mycket som  $AN$ .
- Antag att  $N$  har en tillväxttakt på  $g_N$  och  $A$  en tillväxttakt på  $g_A$ .  $AN$  växer då med takten  $g_N + g_A$ .
- Investeringarna  $s f(K/AN)$  måste därmed vara minst  $\delta K + (g_N + g_A)K$  för att inte  $K/AN$  ska falla.
- Genom att dela med  $AN$  får vi ett *investeringsbehov per effektiv arbetskraftsenhet* givet av

$$(\delta + g_A + g_N) \frac{K}{AN}$$

F8: sid. 10

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

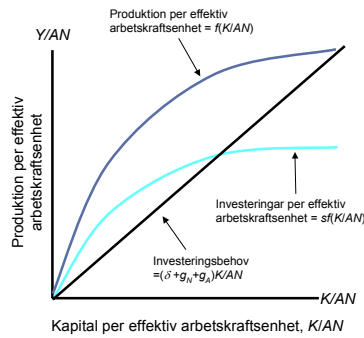
## Solow-modellen med teknologisk utveckling och befolkningstillväxt

**Dynamisk anpassning av produktion och kapital per effektiv arbetskraftsenhet.**

**Slutsats:**

Om  $K/AN$  är lågt är investeringarna större än investeringsbehovet.

Om  $K/AN$  är tillräckligt högt är investeringarna mindre än investeringsbehovet.



F8: sid. 11

---

---

---

---

---

---

---

---

---

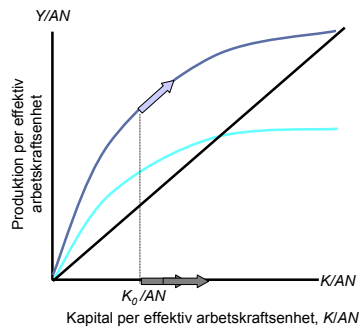
---

## Solow-modellen med teknologisk utveckling och befolkningstillväxt

**Dynamisk anpassning av produktion och kapital per effektiv arbetskraftsenhet.**

**Slutsats:**

Om  $K/AN$  är lågt är investeringarna större än investeringsbehovet och kapitalstocken per effektiv arbetskraftsenhet växer.



F8: sid. 12

---

---

---

---

---

---

---

---

---

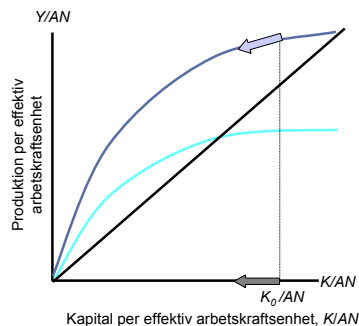
---

## Solow-modellen med teknologisk utveckling och befolkningstillväxt

**Dynamisk anpassning av produktion och kapital per effektiv arbetskraftsenhet.**

**Slutsats:**

Om  $K/AN$  är högt är investeringarna mindre än investeringsbehovet och kapitalstocken per effektiv arbetskraftsenhet sjunker.



F8: sid. 13

---

---

---

---

---

---

---

---

---

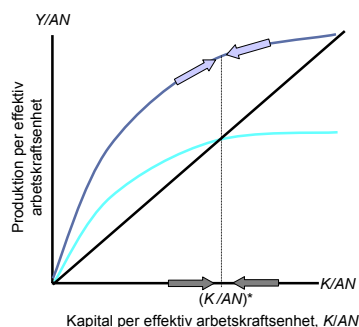
---

## Solow-modellen med teknologisk utveckling och befolkningstillväxt

**Dynamisk anpassning av produktion och kapital per effektiv arbetskraftsenhet.**

**Slutsats:**

På lång sikt rör sig ekonomin mot en punkt där investeringarna per effektiv arbetskraftsenhet är precis lagom stora för att täcka investerings-behovet. Där är  $K/AN$  konstant, dvs  $K$  växer i samma takt som  $AN$ .



F8: sid. 14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Solow-modellen – balanserad tillväxt

- I steady state, så växer  $AN$  och  $K$  i samma takt (med lika många procent per år), nämligen med takten  $g_A + g_N$ . Eftersom  $F(K, AN)$  uppvisar konstant skalavkastning så växer också  $Y$  (BNP) med samma takt.
- Tillväxten bestäms av de exogena variablerna  $g_A$  och  $g_N$ , dvs den teknologiska utvecklingstakten och befolkningstillväxten.
- Tillväxttakten i steady state är oberoende av sparkvoten.
- Eftersom kapitalmängden, mängden effektiv arbetskraft och BNP alla växer i samma takt, brukar vi säga att ekonomin uppnått **balanserad tillväxt (balanced growth)**.

F8: sid. 15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Balanserad tillväxt

**Tabell 12-1 Balanserad tillväxt**

Tillväxttakter:		
1	Kapital per effektiv arbetskraftsenhet	0
2	BNP per effektiv arbetskraftsenhet	0
3	Kapital per arbetare	$g_A$
4	BNP/capita	$g_A$
5	Arbetskraft	$g_N$
6	Kapital	$g_A + g_N$
7	BNP	$g_A + g_N$

F8: sid. 16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

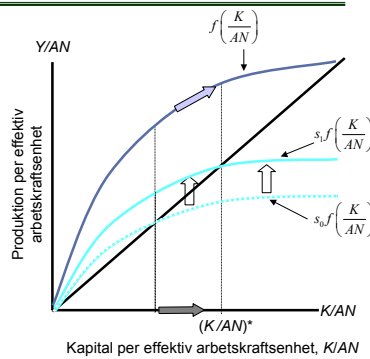
---

## Effekten av högre sparkvot

Vad händer om sparkvoten ökar från  $s_0$  till  $s_1$  om ekonomin från början var i steady state?

Högre sparkvot skiftar investeringskurvan  $s f(K/AN)$  uppåt. Direkt efter skiftet är investeringarna högre än investeringsbehovet.

**Slutsats:**  
Kapital och BNP per effektiv arbetskraftsenhet ökar till det nya steady state har uppnåtts.



F8: sid. 17

---

---

---

---

---

---

---

---

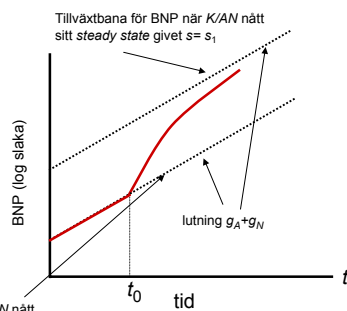
---

---

## Effekten av högre sparkvot

Vad händer med BNP om sparkvoten ökar från  $s_0$  till  $s_1$  vid tidpunkten  $t_0$ ?

**Slutsats:**  
Tillväxten är  $g_A + g_N$  fram till  $t_0$ . Därefter är den temporärt högre tills BNP kommer upp till en ny högre tillväxtbana med samma tillväxttakt.



Tillväxtbana för BNP när  $K/AN$  nått sitt steady state givet  $s = s_0$

F8: sid. 18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

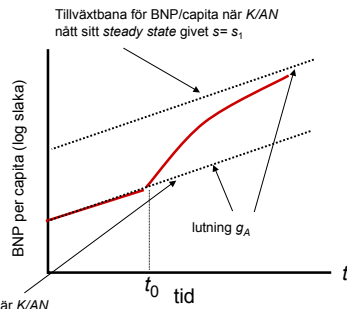
---

## Effekten av högre sparkvot

Vad händer med BNP/capita om sparkvoten ökar från  $s_0$  till  $s_1$ . Vid tidpunkten  $t_0$ ?

### Slutsats:

Tillväxten är  $g_A$  fram till  $t_0$ . Därefter är den temporärt högre tills BNP kommer upp till en ny högre tillväxtbana med samma tillväxttakt.



F8: sid. 19

---

---

---

---

---

---

---

---

## 12.2 Forskning och utveckling

- Teknologisk utveckling är i moderna ekonomier till stor del ett resultat av medvetna forsknings och utvecklings (FoU) strategier hos företag (**research and development, R&D**). Forskning och utveckling syftar till att öka framtida vinster för företaget och är därmed att betrakta som en investering. Men, resultatet är en idé, inte en produkt.
- Incitamenten att investera i forskning beror både på:
  - hur fruktbar forskningen är, dvs hur många bra idéer man kan förväntas skapa i förhållande till spenderade pengar, och
  - hur väl det företag som investerade i FoU själv kan skörda de ekonomiska vinsterna av de nya idéerna, graden av *appropriability* (*the degree of appropriability*).

F8: sid. 20

---

---

---

---

---

---

---

---

## Forskningens fruktbarhet

- Graden av fruktbarhet beror på i stor utsträckning på hur väl grundforskning och mer tillämpad forskning kan samverka.
- Vissa länder förefaller ha en relativ fördel i endera grundforskning eller tillämpad forskning (t.ex. Frankrike resp. Japan).
- Det tar ofta lång tid innan resultat inom grundforskningen exploateras fullt ut i kommersiella applikationer.

F8: sid. 21

---

---

---

---

---

---

---

---

## Graden av appropriierbarhet

- Om ett företag inte *själva* kan tjäna pengar på de idéer deras FoU-avdelning producerar kommer de att sluta med denna verksamhet. Faktorer om avgör hur ett företag själv kan exploatera frukten av sin FoU är:
  - Graden av legalt skydd, **Patentskydd** ger ett företag som utvecklat en ny produkt eller ett nytt sätt att göra en viss produkt rätt att utestänga andra från att använda eller producera denna under en (begränsad) tid.
  - Om idéen kan kopplas till någon speciell produkt eller process.
  - Hur länge man med den nya produkten kan vara "herre på tappan" innan någon annan hittar på något ännu bättre.

F8: sid. 22

---

---

---

---

---

---

---

---

## 12-3 Fakta om tillväxt igen

- Snabb tillväxt kan komma från två källor:
  - Snabb teknologisk utveckling. Längs den balanserade tillväxtbanan växer BNP/capita med  $g_A$ .
  - Tillväxt i  $K/AN$ . Då växer BNP/capita snabbare än  $g_A$ .
- **Vilket är viktigast, nya idéer eller nya maskiner?**

F8: sid. 23

---

---

---

---

---

---

---

---

## Kapitalackumulering vs bättre teknik

**Tabell 12-2** Genomsnittlig årlig tillväxt i BNP/capita respektive teknologisk tillväxt i fem rika länder, 1950-1987

	Tillväxt BNP per Capita			Teknologisk tillväxttakt		
	1950-73 (1)	1973-87 (2)	Change (3)	1950-73 (4)	1973-87 (5)	Change (6)
Frankrike	4.0	1.8	-2.2	4.9	2.3	-2.6
Tyskland	4.9	2.1	-2.8	5.6	1.9	-3.7
Japan	8.0	3.1	-4.9	6.4	1.7	-4.7
Storbritannien	2.5	1.8	-0.7	2.3	1.7	-0.6
USA	2.2	1.6	-0.6	2.6	0.6	-2.0
Genomsnitt	4.3	2.1	-2.2	4.4	1.6	-2.8

F8: sid. 24

---

---

---

---

---

---

---

---



## Kapitalackumulering vs bättre teknik

- I tabellen ser vi att
  1. Tillväxten under 1950 till 1973, berodde på snabb teknologisk tillväxt snarare än ovanligt snabb kapital ackumulering
  2. Den lägre tillväxttakten verkar bero på en långsammare tillväxt i teknologifaktorn (A).
  3. Konvergensen bland dessa länder verkar bero på att de upphinnande länderna haft högre tillväxttakt i teknikfaktorn A, men

F8: sid. 25

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Kapitalackumulering vs bättre teknik

- I vissa fall, t.ex. the Asiatiska tigrarna, har snabb kapitalackumulering varit mycket betydelsefull.
- Kan vara svårt att mäta pris/kvalitet på investeringsvaror. Om priset snabbt faller och/eller kvaliteten förbättras utan att tillräcklig hänsyn tas till detta underskattas kapitalackumuleringens bidrag till tillväxten och teknikfaktorns överskattas.
- Ökningen i tillväxttakt i BNP/capita i USA sedan 1995 verkar till stor del bero på snabbare ackumulering av IT-kapital. Detta har initierats av snabba prisfall på IT-kapitalvaror som i sin tur orsakats av snabb teknologisk tillväxt i IT-producerande sektorer.

F8: sid. 26

---

---

---

---

---

---

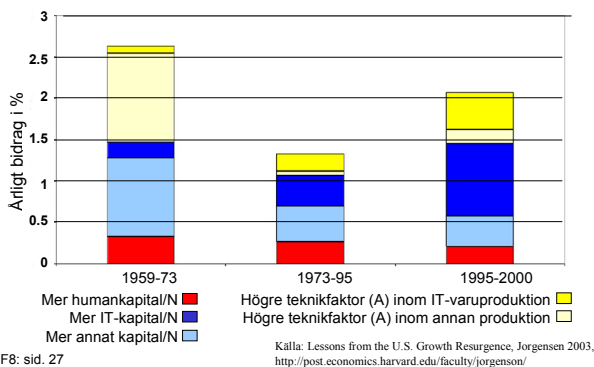
---

---

---

---

## Bidrag till tillväxt i BNP/arbetad timme USA



F8: sid. 27

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 12.4

### Tillväxtens gåta

- Den största delen av skillnaden i BNP per capita mellan rika och fattiga länder kan inte förklaras med skillnader i kapitalintensitet utan måste hänföras till teknikfaktorn.
- Men kom ihåg att teknikfaktorn i praktiken är en restterm, dvs det som inte kan förklaras med skillnader i kapitalstock och utbildningsnivå.
- Faktorer som politisk instabilitet, dåligt definierade äganderättigheter, brist på entreprenörer, dåligt utvecklade finansiella marknader och korruption är säkert betydelsefulla för möjligheten att komma ikapp de rika länderna.
- De länder som de senaste 20 åren vuxit snabbt har alla haft en snabb tillväxt av fysiskt kapital och humankapital men har inte alltid följt samma utvecklingsstrategi. En del har satsat på utrikeshandel, fria marknader och lite statlig inblandning medan andra använt sig av statliga subventioner till strategiskt viktiga branscher.

F8: sid. 28

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Utländska investeringar

- Solow-modellen är en modell för en sluten ekonomi. Därmed måste alla investeringar finansieras med inhemskt sparande. I praktiken är detta inte helt sant. Som vi såg i föreläsning 2 gäller att total sparande  $(S + T - G) = I + X - IM$ . Med andra ord, en given mängd investeringar kan finansieras med inhemskt sparande och/eller nettoimport  $(IM - X)$ .
- Om ett utländskt företag köper eller bygger upp ett inhemskt företag kallas det direktinvesteringar (**foreign direct investment, FDI**). Köper man en mindre andel av ett företags aktier kallas det portföljinvestering.
- Om man (orealistiskt) skulle anta att fysiskt kapital kan flöda fritt och utan friktioner skulle skillnader i  $K/AN$  mellan olika länder utjämnas omedelbart (efter att hänsyn t.ex. skatter tagits hänsyn till). Varför? Jo, i länder med högt  $K/AN$  är marginalprodukten hos kapital lägre än i länder med lågt  $K/AN$ . Kapital skulle därför flöda till länder med lägre  $K/AN$ .
- Vi skulle sedan kunna använda Solow-modellen för att analysera världen som helhet.  $BNP/AN$  skulle vara densamma i balanserad tillväxt i alla länder och bestämd av världens totala sparkvot.

F8: sid. 29

---

---

---

---

---

---

---

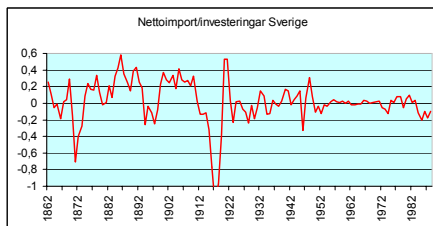
---

---

---

### Utländska direktinvesteringar

- I praktiken är det rimliga att anta att verkligheten ligger mellan dessa extremer. Kapital kan röra sig men inte fritt och utan kostnader. En del av kapitalackumuleringen kan då komma ifrån omvärlden. I grafen nedan visas hur mycket av kapitalackumuleringen som finansierats genom nettoimport i Sverige sedan 1862. Som vi ser är det en mindre del, men inte obetydlig, särskilt fram till första världskriget.



F8: sid. 30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

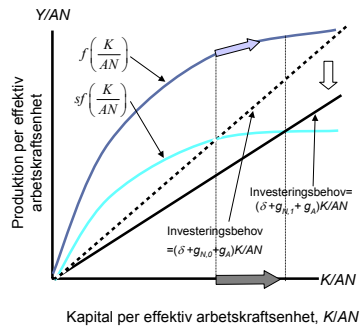
## Effekten av lägre befolkningstillväxt

Vad händer om befolkningstillväxten minskar från  $g_{N,0}$  till  $g_{N,1}$  om ekonomin från början var i steady state?

Lägre befolkningstillväxt skiftar investeringsbehovet nedåt. Direkt efter skiftet är investeringarna högre än investerings-behovet.

**Slutsats:**

Kapital och BNP per effektiv arbetskraftsenhet ökar till det nya steady state har uppnåtts. I detta är tillväxt i BNP/capita oförändrad, dvs =  $g_A$



F8: sid. 31

---



---



---



---



---



---



---



---