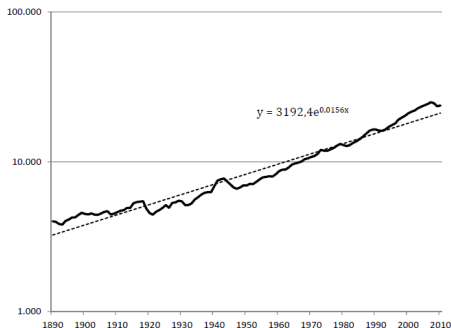


# Produktivitets- og vækstudsigterne på det lange sigt

Carl-Johan Dalgaard  
Økonomisk Institut, Københavns Universitet & CEPR

NøF 26.2.2016



**Figure:** BNP per capita, England: 1890-2010. Anm.: Logaritmisk skala. Kilde: Bolt og van Zanden (2014, EHR).

- Baseret på de sidste godt 100 år: fristende at tro væksten i BNP per indbygger vil fortsætte
  - 2 verdenskrige; afglobalisering; den store depression; den kolde krig etc

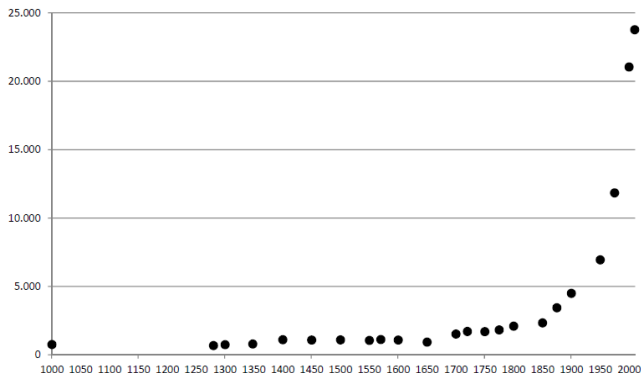


Figure: BNP per capita, England: 1000 e.v.t. - 2010. Kilde: Bolt, J. and J. L. van Zanden (2014, EHR).

- Baseret på de sidste ca 1000 år: Vækst tydeligt ingen “naturlov”
  - Det 20. århundrede er - meget - specielt i historisk perspektiv.

- Hvorfor kan indkomst per indbygger overhovedet stige?
- Nødvendig betingelse: teknologiske fremskridt; vidensakkumulation
- Hvorfor?
  - Replikationsargumentet: fordobling af rivaliserende input (kapital; arbejdskraft)  $\Rightarrow$  fordobling af output  $\Rightarrow$  konstant skalafkast.
    - *Per capita* output uændret v fordobling af input.
    - Fordobling af blot kapital  $\Rightarrow$  øget per capita indkomst, men aftagende marginal afkast (jf konstant skala til  $K$  og  $L$ )  $\Rightarrow$  process kan ikke understøttes på lang sigt (Solow, 56, QJE)
  - Viden (teknologisk fremskridt) er *ikke*-rivaliserende  $\Rightarrow$  stigende skalaafkast aggregeret  $\Rightarrow$  mulighed for vedvarende stigninger i levestandarden (Romer, 1990, JPE).

- Tekniske fremskridt har fundet sted ligeså længe der har været mennesker. Hvorfor først vedvarende vækst for nylig??
  - Malthusiansk mekanisme modvirkede, at innovationer ledte til stigninger i *per capita* indkomsten (Ashraf- Galor, 2011, AER)
  - Viden var desuden mere “porøs” (indkaplset i mennesker frem til bogtrykkerkunsten). Befolkningskriser  $\Rightarrow$  Teknologisk tilbagegang. (Aiyar m.fl, 2008, JEG)
- Acceleration i TFP væksten i forbindelse med den Industrielle Revolution
  - Fertilitetstransitionen sikrer, at TFP vækst kan “sætte sig” i stigninger i levestandarden

- I fravær af tilbagevenden til historiske fertilitetsmønstre bliver kernespørgsmålene
  - Vil innovationstempoet været det samme fremover, som i de sidste godt 100 år?
  - Vil innovationerne slå igennem på BNP per indbygger i samme omfang som i de sidste godt 100 år?
- To hypoteser:
  - 1 “Singularitetshypotesen” (~ McAfee & Brynjolfsson; Joel Mokyr). ICT, robotter, kunstig intelligens vil generere en (meget kraftig) acceleration i væksten.
  - 2 Afmatningshypotesen (~ Gordon; Tyler Cowen; Charles Jones). Lavere tempo på innovation fremover (IT har været en “skuffelse”)

- 1 **Efterspørgselsforhold**
- 2 Udbudsforhold
  - 1 Afmatningshypotesen
  - 2 Singularitetshypotesen
- 3 Andre forhold
- 4 Afrunding

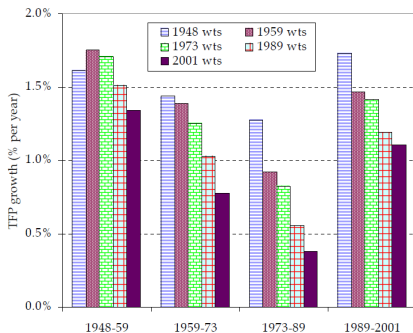
- Konceptuelt ( $j = \text{sektor}$ ):

$$\underbrace{\frac{\dot{A}}{A}}_{\text{Aggregeret TFP vækst}} = \sum_j \underbrace{\theta_j}_{\text{BNP andel}} \times \underbrace{g_j}_{\text{Sektorniveau TFP vækst}}$$

- Efterspørgselsforhold har haft stor betydning historisk
- Ex: (Første) Industrielle Revolution
  - Initial situation: Landbrug vs industri
  - Tekstilproduktion udsat for markante tekniske fremskridt (spindemaskinen; maskinisering af vævning)
  - Landbrug: indkomstuelastisk efterspørgsel (Engel's lov)
  - Indkomststigning drejer efterspørslen mod industri
  - $\Rightarrow$  Innovationer i fremstilling slår stadig mere markant igennem på BNP



- Situationen i det 21. århundrede?
- Version 1 (“Baumol-syge”; Afmatningshypotesen)
  - Initial situationen: Service vs Industri
  - Service: Indkomstelastisk efterspørgsel
  - Stigning i indkomsten øger dermed budgetandelen for service
  - Beskendent relativt innovationstempo i service  $\Rightarrow$  vigende vækst
- Version 2 (“Baumol-eufori”; Singularitetshypotesen)
  - “ICT” sektorer (telekom; internet etc) vs. “resten”
- Nordhaus (2008 Contrib.to Mac; 2016) opstiller et sæt af test af “version 1” hhv “version 2”



**Figure:** TFP vækst for varierende basis år og perioder: 1948-2001. Anm: 58 industrier (ca 80% af aggregeret BNP i 2001).

- Hartwig (2011, RIW) finder lignende resultater for USA og EU (EU KLEMS data), ligeledes konsistent med Baumol's omkostningssyge. Nordhaus (2016) finder ikke signifikante tegn på "Baumol-eufori".

- 1 Efterspørgselsforhold
- 2 **Udbudsforhold**
  - 1 Afmatningshypotesen
  - 2 Singularitetshypotesen
- 3 Andre forhold
- 4 Afrunding

- **Vil innovationstempoet gå ned? Ja**, for det er det allerede!
- Krugman (som han i 2011 gjorde opmærksom på i NYT, at han skrev i 1996):

*I live in a house with a late-50s-vintage kitchen, never remodelled. The nonself-defrosting refrigerator, and the gas range with its open pilot lights, are pretty depressing (anyone know a good contractor?) — but when all is said and done it is still a pretty functional kitchen. The 1957 owners didn't have a microwave, and we have gone from black and white broadcasts of Sid Caesar to off-color humor on The Comedy Channel, but basically they lived pretty much the way we do.*

- Gordon 2012:

*A thought experiment helps to illustrate the fundamental importance of the inventions of IR #2 compared to the subset of IR #3 inventions that have occurred since 2002. You are required to make a choice between option A and option B. With option A you are allowed to keep 2002 electronic technology, including your Windows 98 laptop accessing Amazon, and you can keep running water and indoor toilets; but you can't use anything invented since 2002 [...] I have posed this imaginary choice to several audiences in speeches, and the usual reaction is a guffaw, a chuckle, because the preference for Option A is so obvious.*

- Kan hænde folk fniser af en anden årsag...



Figure: Må jeg låne dit WC? Harappa 2600 f.v.t

- Omvendt er der ting der ikke er gået i stå ...

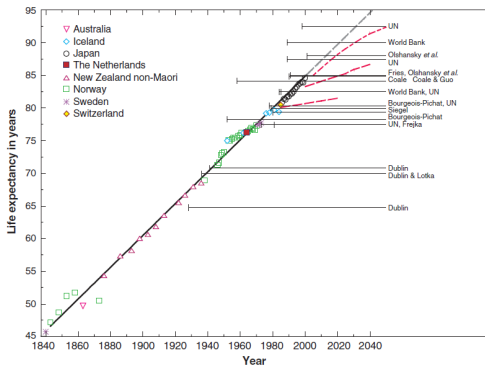


Figure: Oeppen og Vaupel (2002): Broken limits to life expectancy. Science.

- Anekdote-bussen ender som regel i en blindgyde.

- 1 Efterspørgselsforhold
- 2 Udbudsforhold
  - 1 **Afmatningshypotesen**
  - 2 Singularitetshypotesen
- 3 Andre forhold
- 4 Afrunding



- Hvad kunne *teoretisk* set tale for, at væksten aftager i fremtiden? At innovationstempoet går ned?
- Teoretisk argument: “Færre lavthængende frugter”; “duplikerings-eksternaliteter” (Groth, 1992, NØT; Jones, 1995, JPE; Jones og Williams, 2000, JEG)
- Grundlæggende:

$$\dot{A}_t = \bar{\delta} L_t^\lambda A_t^\phi, \quad \lambda \leq 1, \phi \neq 0, \bar{\delta} > 0.$$

$\phi < 1 \Rightarrow$  “lavthængede frugter”;  $\lambda < 1$  (duplikering).

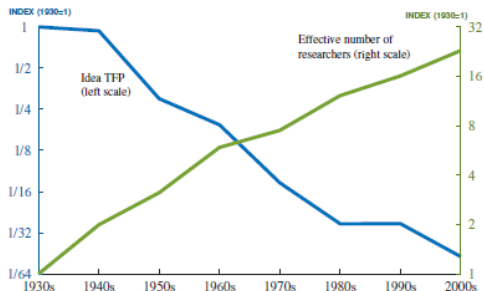
- Med Bloom et al (2016) kan vi kan definere Forskning og udvikling (FoU) TFP:

$$\frac{\dot{A}_t / A_t}{L_t^{FoU}} \equiv \text{FoU TFP}$$

# Udbudsforhold

## Afmatningshypotesen: Empiri

- Empirisk synes forskningsproduktiviteten at være aftagende (Bloom m.fl, 2016). Aggregeret:



Note: Idea TFP is the ratio of Idea Output, measured as TFP growth, to research effort. See notes to Figure 1. Both idea TFP and research effort are normalized to the value of 1 in the 1930s.

- Tilsvarende indenfor specifikke områder (e.g. “Moore’s lov”; medicinal branchen m.v.).

- Betyder ikke, at væksten må og skal aftage ...
- Lavere forskningsproduktivitet men mere FoU input  $\rightarrow$  konstant (eksponentiel) vækst
- Fx: i modellen ovenfor:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\lambda}{1 - \phi} n^{FoU},$$

hvor  $n^{FoU}$  er vækst i forskningspersonale (mere generelt: ressourcer anvendt på forskning)

- Bloom et al's estimerer tilsiger at FoU indsatsen skal fordobles ca hvert 13. år ( $\sim$  vækst på ca. 5 % p.a.) for at fastholde konstant eksponentiel vækst.

# Udbudsforhold

Afmatningshypotesen: lokale vs globale mønstre?

- Inden mørket sænker sig
- Generaliseret forskningsproduktionsfunktion (Dalgaard og Kreiner, 2003, SJE)

$$\dot{A} = \left( \mu A^{\frac{\rho-1}{\rho}} + (1-\mu) L^{\frac{\rho-1}{\rho}} \right)^{\frac{\rho}{\rho-1}}, \rho > 0$$

- Der er stadig aftagende marginal afkast i  $A$  som i den simple ramme ovenfor (lavhængende...)
- Men hvis  $\rho > 1$  vil væksten i grænsen være givet ved ( $L$  fast):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{A}}{A} = \mu.$$

- I dette tilfælde kræves altså ikke vedvarende vækst i FoU indsatsen.
- Konceptuelt: Kræver at  $A$  "input" dominerer produktionen på langt sigt (computere der kan substitute for mennesker?).

- Mere generelt ( $\dot{A} = F(A, L)$ ):

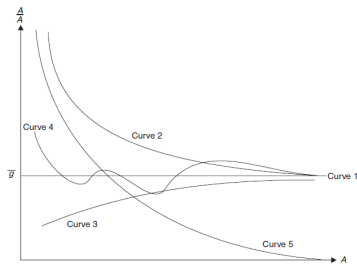


Fig. 1. Knowledge growth as a function of the stock of knowledge

Figure: Kilde: Dalgaard og Kreiner (2003)

- Aftagende FoU TFP fortæller os potentielt intet om formen på FoU “funktionen”.

- 1 Efterspørgselsforhold
- 2 Udbudsforhold
  - 1 Afmatningshypotesen
  - 2 **Singularitetshypotesen**
- 3 Andre forhold
- 4 Afrunding

# Udbudshypotesen

## Singularitetshypotesen: Teori

- Singularitetshypotesen knytter sig snævert til forventningerne til IT
- Kraftig vækst i computerkraften (Moore's lov)
  - Beregningskapaciteten for mennesker anslås til at være i omegnen af  $10^{18}$  per sekund; Supercomputere vil måske nå dette niveau i år.
  - I dag synes det ikke urealistisk at computere kan erstatte uddannet arbejdskraft (fx journalister, advokater ... og økonomiprofessorer)
  - Implikationer af 3D printere; selvkørende biler m.v.?
- Måske på sigt sådan, at computere næsten helt kan erstatte mennesker i produktionsøjemed?

- Hvad kan teoretisk set generere en “singularitet”?
- En lille model (Nordhaus, 2016)

$$Y = \left( \delta (A_K K)^{\frac{E-1}{E}} + (1 - \delta) L^{\frac{E-1}{E}} \right)^{\frac{E}{E-1}}, \quad E > 0$$

$$\dot{K} = sY - \delta K$$

- $K$  skal her tænkes som “IT-agtig kapital” / Informationskapital
- $A_K$  kapitaludvidende tekniske fremskridt (a la Moore’s lov)
- Antag  $E > 1$ , hvilket ikke behøver at være urealistisk (Duffy og Papageorgiou, 2000, JEG), og at  $A_K$  vokser over tid.
  - Implikation af  $E > 1$ : Indebærer, at produktionsfunktionen i grænsen  $Y = cA_K K$ .



# Udbudshypotesen

## Singularitetshypotesen: Teori

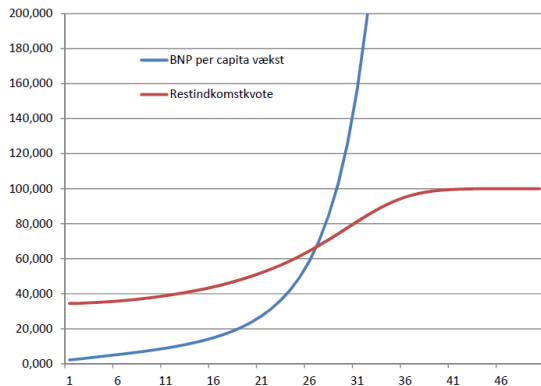


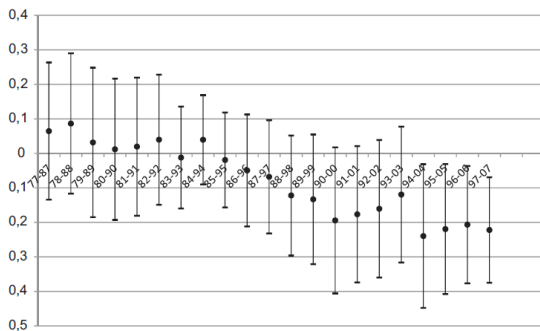
Figure:  $E = 1.25$ ;  $\dot{A}_K / A_K = 0.1$ ; ingen befolkningsvækst.

- Centrale testbare implikationer af “singularitetsmodellen” og empiriske fund (Nordhaus, 2016)
- Kraftig acceleration i væksten
  - Ingen tegn på accelererede vækst 1948-2012 i USA
- Stigende restindkomstkvote
  - Observeres i USA; såvel som i mange andre lande (Karabarbounis og Neiman, 2014, QJE)
  - Informationskapitalens andel af kapitalindkomsten i vækst (omend stadig lille)
- Stigende  $K/Y$  forhold (hvor  $K$  er “informationskapital”)
  - Informationskapitalen (IT relateret kapital) er vokset hurtigere end kapitalbeholdningen, men ikke nok til at flytte  $K/Y$  forholdet op.
- “Singulariteten” synes ikke nært forestående.

- En anden måde at undersøge singulariteten: erstatter computere mennesker (automatisering)?
- Indflydelsesrigt studie (i medierne i al fald): Frey-Osborne (2013) estimerer, at 47% er alle job i USA vil kunne automatiseres
  - Kaarsen (2015) estimerer at tallet i DNK er 37%
- Men måske urealistisk at antage at alle funktioner indenfor en jobkategori forsvinder?
  - Arntz m.fl. (2016) disaggregerer - holder sig til funktionsniveau - og finder at blot 9% af alle job kan automatiseres i OECD i snit (ligeledes 9% i DNK)
- Tyder også på, at singulariteten ikke er nært forestående ...

- Et tredje perspektiv er om ICT har styrket væksten hidtil?
- Vækstregnskaber (fx Jorgenson og Stiroh, 2000, BPEA). Men selvkært ingen kausalitet.
- Aggregeret vækst på tværs af US delstater (Andersen m.fl. 2012, ReStat)
  - Teknologi indbygget i IT kapital; mindre (IT) investeringer → langsommere udbredelse af gevinster → langsommere vækst
  - Høj IT nedslidning → mindre investeringslyst
  - Årsag til variation i nedslidning? IT kapital ekstremt følsom overfor *strømkvalitet*
  - Årsag til variation i strømkvalitet? Lynnedslag (c. 30% af strømudsving i US skyldes lynnedslag)

FIGURE 6.—LIGHTNING-GROWTH NEXUS, 1977–2007



The figure shows estimates for  $b_2$  (and the associated 95% confidence interval) from regressions of the form:  $G = b_0 + b_1 \log(y_{t-10}) + b_2 \log(\text{lightning}) + e$ , where  $y$  is gross state product per worker and  $t = 1987, \dots, 2007$ . For 48 states; estimated by OLS.

- IT (lyn) kan redegøre for c 50% af vækstspændet ( $\sim 2.3\%$  p.a.) mellem høj og lavvækst stater 1995-2007. Men perioden er kort...

- 1 Efterspørgselsforhold
- 2 Udbudsforhold
  - 1 Afmatningshypotesen
  - 2 Singularitetshypotesen
- 3 **Andre forhold**
- 4 Afrunding

- **Substitutionsmuligheder** : menneskeskabt kapital vs naturkapital.
  - Naturressourcer; i nogen instanser i *fast* udbud. Tilpas ringe evne til at “gøre os fri” af essentielle naturressourcer kan standse væksten (selv hvis der ér tekniske fremskridt).
  - P.t. tyder empirien dog - om noget - på substitutionselasticiteter  $> 1$ .
- **Aldring**. I dag flere på planeten over 65 end under 5. Sikkert for første gang i historien
  - Stigende forsørgerbyrde (påvirker BNP per indbygger); dog ingen naturlov, at arbejdslivet nødvendigvis ender ved 65 ...
  - Effekt på efterspørgsstrukturen?
  - Ældre synes at være mere risikoaverse (Dohmen-Sunde, 2016); potentiel effekt via innovation?
  - Politisk økonomi?
- **Er det 20 århundrede overhovedet udtryk for “steady state vækst”?**

- At forløb a la dét illustreret for 20. årh. England ovenfor sku være udtryk for et “steady state” forløb er reelt en teoretisk konstruktion
- Udløber af teorier udviklet til at forstå økonomisk vækst i det 20 århundrede (“Kaldor’s facts”)
  - Solow (1956); Ramsey-Cass-Koopmans (1965); Diamond (1965); allehånde endogene vækst modeller á la Romer (1990, JPE), Aghion-Howitt (1992, Ec’trica) etc. er **konstrueret** til at generere Kaldor’s fact om konstant vækst.
- Bekymring: De 20 århundrede var meget specielt ...



- Nyere vækstteorier (“Unified Growth Theory”; Galor/Weil 2000, AER m.fl) søger at beskrive forløb a la dét illustreret ovenfor vdr 2. årtusind e.v.t. i England.
- Afsættet til per capita vækst understøttet af fertilitetstransitionen (der erfaringsmæssigt falder sammen med afsættet til vækst, og som “fanges” i modellerne)
  - Demografisk transition leder til intensivning af uddannelsesinvesteringer (Becker’s “kvalitet vs kvantitet), som er med til at understøtte vækstaccelerationen
- Men den gevinst kan være ved at klinge ud ...

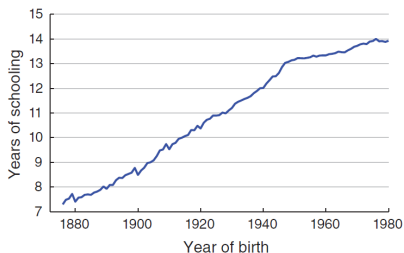


FIGURE 3. EDUCATIONAL ATTAINMENT BY BIRTH COHORT

- Generisk træk på tværs af verden (Cervellati-Sunde-Zimmerman, 2015 IMF ER)
- “Renses der ud” for dette har residual TFP væksten været mindre end 1 pct p.a (Dalgaard-Strulik, 2013 EER).
  - Hvis korrekt vil TFP væksten sandsynligvis løje af i takt med at væksten i uddannelse gør det samme

- 1 Efterspørgselsforhold
- 2 Udbudsforhold
  - 1 Afmatningshypotesen
  - 2 Singularitetshypotesen
- 3 Andre forhold
- 4 **Afrunding**

- Afmatning vs. Singularitetshypotesen
  - Efterspørgselsforhold
    - Baumol's omkostningsyge synes at have været et dræn på væksten; kan fremtiden bringe "Baumol eufori"?
  - Udbudsforhold
    - "Forskningsproduktiviteten" synes at have været aftagende; "lavthængende frugter", konsistent med afmatningshypotesen. Dog uklart om man kan/bør extrapolere.
    - Substitutionsmuligheder mellem arbejdskraft og informationskapital
  - Andre forhold
    - Vigende stigningstakt i uddannelsesniveauet; aldrig; substitutionsmuligheder (naturkapital)

- Men måske går det alt sammen? Et perspektiv fra 1929:

*We are suffering just now from a bad attack of economic pessimism. It is common to hear people say that the epoch of enormous economic progress which characterised the nineteenth century is over; that the rapid improvement in the standard of life is now going to slow down –at any rate in Great Britain; that a decline in prosperity is more likely than an improvement in the decade which lies ahead of us.*

*I believe that this is a wildly mistaken interpretation of what is happening to us. We are suffering, not from the rheumatics of old age, but from the growing-pains of over-rapid changes, from the painfulness of readjustment between one economic period and another. The increase of technical efficiency has been taking place faster than we can deal with the problem of labour absorption; the improvement in the standard of life has been a little too quick*

TAK FOR JERES OPMÆRKSOMHED!