

# Den økonomiske væksts komponenter

Peter Lotz

Institut for Erhvervs- og Samfundsforskning, Handelshøjskolen i København

*SUMMARY: The slower economic growth after the oil-crisis has renewed interest in explaining of changes in productivity. The main part of recent analyses is basically refinements of what has become known as the Growth Accounting tradition. This article reviews the original contributions, starting with Solow's seminal article from 1957, emphasizing the work of Denison and the debate with Jorgenson and Griliches in the late Sixties, and finally showing the inability of the Growth Accounting method to explain the slowdown in productivity. Ways out of this dead end may be found in the writings of Nelson & Winter.*

---

## 1. Indledning

Inden for rammerne af en teoriehistorisk gennemgang af de vigtigste bidragydere beskriver og kritiserer denne artikel den del af teorierne om økonomisk vækst, der under betegnelsen »growth accounting« (på dansk »vækstens årsagsforklaringer«) dominerede den empirisk orienterede debat om væksten i 1960'erne.

Ligesom der i efterkrigstiden var et åbenlyst behov for at finde årsagerne til den ekstraordinært høje vækst, kalder den tilsvarende meget lave vækst siden begyndelsen af 70'erne på en forklaring. Talrige konferencer er blevet holdt om temaet »the productivity slowdown«, og det er ikke blot i høj grad de samme analysemetoder, men også de samme personer, der nu forsøger at forklare vækstens pludselige forsvinden, som i 50'erne og 60'erne analyserede boom'et.

Hensigten med growth accounting er (som navnet antyder) at opregne de forskellige bidrag til den økonomiske vækst. I sin grundform opererer growth accounting kun med tre bidrag til væksten, nemlig øget forbrug af kapital, øget forbrug af arbejde og et residual, som under betegnelsen »den totale faktorproduktivitet« (TFP) blev fortolket som tekniske fremskridt. Udgangspunktet er således det enkle, at væksten i output er et resultat af forøgelse af input og/eller af en mere effektiv udnyttelse af de forskellige input.

# Den økonomiske væksts komponenter

Peter Lotz

Institut for Erhvervs- og Samfundsforskning, Handelshøjskolen i København

*SUMMARY: The slower economic growth after the oil-crisis has renewed interest in explaining of changes in productivity. The main part of recent analyses is basically refinements of what has become known as the Growth Accounting tradition. This article reviews the original contributions, starting with Solow's seminal article from 1957, emphasizing the work of Denison and the debate with Jorgenson and Griliches in the late Sixties, and finally showing the inability of the Growth Accounting method to explain the slowdown in productivity. Ways out of this dead end may be found in the writings of Nelson & Winter.*

---

## 1. Indledning

Inden for rammerne af en teoriehistorisk gennemgang af de vigtigste bidragydere beskriver og kritiserer denne artikel den del af teorierne om økonomisk vækst, der under betegnelsen »growth accounting« (på dansk »vækstens årsagsforklaringer«) dominerede den empirisk orienterede debat om væksten i 1960'erne.

Ligesom der i efterkrigstiden var et åbenlyst behov for at finde årsagerne til den ekstraordinært høje vækst, kalder den tilsvarende meget lave vækst siden begyndelsen af 70'erne på en forklaring. Talrige konferencer er blevet holdt om temaet »the productivity slowdown«, og det er ikke blot i høj grad de samme analysemetoder, men også de samme personer, der nu forsøger at forklare vækstens pludselige forsvinden, som i 50'erne og 60'erne analyserede boom'et.

Hensigten med growth accounting er (som navnet antyder) at opregne de forskellige bidrag til den økonomiske vækst. I sin grundform opererer growth accounting kun med tre bidrag til væksten, nemlig øget forbrug af kapital, øget forbrug af arbejde og et residual, som under betegnelsen »den totale faktorproduktivitet« (TFP) blev fortolket som tekniske fremskridt. Udgangspunktet er således det enkle, at væksten i output er et resultat af forøgelse af input og/eller af en mere effektiv udnyttelse af de forskellige input.

Der er to hovedproblemer, som skal løses ved konstruktionen af sådanne multifaktor-produktivitetsmål som TFP, nemlig dels et dataproblem og dels et sammenvejningsproblem. Dataproblemet er et næsten uoverstigeligt problem, som jeg imidlertid kun perifert vil komme ind på<sup>1</sup>. Sammenvejningsproblemet eksisterer ikke for enfaktor-produktivitetsmål som arbejdsproduktiviteten, men når flere input skal vægtes sammen, må man have nogle regler for hvilke vægte, der skal vælges. Som vi skal se, begrundes disse valg i sidste instans i en produktionsfunktion, hvilket jeg skal diskutere betimeligheden af.

## 2. Solows residual

En vigtig anledning til etableringen af growth accounting var Solows klassiske artikel fra 1957. Solow estimerede en neoklassisk produktionsfunktion af typen

$$Q = A(t)f(K,L), \quad (1)$$

hvor han antager Hicks-neutrale tekniske fremskridt og homogenitet. Under disse antagelser kan (1) omskrives til

$$\dot{q}/q = \alpha \dot{k}/k + \dot{A}/A, \quad (2)$$

hvor  $k = K/L$ ,  $q = Q/L$ , og  $\alpha$  er kapitalens produktionselasticitet, der under fuldkommen konkurrence er lig kapitalens indkomstandel.

Under disse antagelser kunne Solow måle residualt  $\dot{A}/A$ , der opgøres som forskellen mellem væksten i arbejdsproduktiviteten og væksten i  $K/L$ -forholdet vægtes med kapitalens indkomstandel. Når udviklingen i  $q$ ,  $\alpha$  og  $k$  kendes, kan  $\dot{A}/A$  derfor beregnes, og det førte til 1957-artiklens opsigtsvækkende resultat, at kun ca. 10 pct. af væksten i arbejdsproduktiviteten kunne tilskrives en øget mekaniseringsgrad, dvs. et øget  $K/L$ -forhold, idet de ca. 90 pct. måtte tilskrives residualt  $\dot{A}/A$ , som blev betegnet »tekniske fremskridt«<sup>2</sup>.

Dette store residual, der af samtidige økonomer meget rammende blev betegnet »a measure of our ignorance«, blev den direkte anledning til growth accounting, som netop forsøger at forklare så meget som muligt af det uforklarede restled. Den grundlæg-

1. Måleproblemer er meget væsentlige for opgørelsen af disse produktivitetsmål. Traditionelt har interessen været koncentreret om input-målene, specielt kapitalmålet, men ved sammenligning af vækst i forskellige sektorer bliver det essentielt at udvikle troværdige deflatorer for produktionen i de hurtigt voksende brancher som fx computerbranchen.

2. Solows egen reaktion på undersøgelsens resultat blev arbejdet med en vintage-model for derved at øge kapitalens forklaringskraft. En antagelse om »embodied« tekniske fremskridt i den nyeste årgang af kapitalapparatet svarer til at forhøje kapitalens indkomstandel, hvilket reducerer det uforklarede residual (se Nelson, 1964).

gende metode i growth accounting kan i princippet forstås som en to-trins raket: Først tager man en Cobb-Douglas produktionsfunktion:

$$Q = AK^\alpha L^\beta e^{\lambda t} \quad (3)$$

Man estimerer herefter  $\lambda$ , som jo normalt kaldes de »disembodied tekniske fremskridt«, men som også kan fortolkes som den totale faktorproduktivitet (TFP), og som i øvrigt svarer til Solows residual. Dette residual kan så i andet trin deles op i bidrag fra en række kvantificerbare faktorer, der ikke indgår som direkte input i produktionen. Disse faktorer »forklarer« en del af TFP, men tilbage bliver et nyt (og mindre) residual, som af de fleste kaldes »øget viden«.

### 3. Denison

Edward F. Denison er den forfatter, der mest entydigt repræsenterer growth accounting. Hans første bidrag kom i 1962, og han har løbende ajourført og udvidet sine undersøgelser. Nadiri (1970) opsummerer Denisons metode i følgende formel:

$$dQ = \mu \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i dX_i + \sum_{j=1}^m Y_j + J \right), \quad (4)$$

hvor  $dQ$  er realvæksten i produktionen,  $\mu$  er et mål for skalaøkonomier,  $X_i$  og  $\alpha_i$  står for produktionsfaktorer og deres respektive faktorandele,  $Y_j$  refererer til ændringer i forskellige uligevægtsfaktorer og  $J$  er et rest-led.

Faktorerne  $X_1, \dots, X_n$  svarer til de bidrag, der i tabel 1 er opgjort under »Bidrag fra vækst i samlet faktor-input«,  $\mu$  svarer til »Stordriftsfordele«,  $J$  til »Viden« og  $Y$ -erne dækkes af de resterende variable.

Det ses, at (4) har visse lighedspunkter med en traditionel neoklassisk produktionsfunktion. Faktisk ville en formel af typen

$$dQ = \sum \alpha dX + J \quad (5)$$

fuldt ud repræsentere en neoklassisk tankegang. I en fuldkommen-konkurrence-verden vil  $\alpha$ -erne, der i den generelle produktionsfunktion  $Q = F(X_1, X_2, \dots, X_n, t)$  udtrykker faktorernes grænseproduktivitet, kunne erstattes af de relative priser, og  $J$  fortolkes som disembodied tekniske fremskridt.

Denison er imidlertid opmærksom på andre end de sædvanlige knappe faktorerers indflydelse på væksten og har derfor inkluderet dels et udtryk for eventuelle skalafordele og dels nogle udtryk for afvigelser fra fuldkommen-konkurrence-tilstanden. De

sidste udtryk dækker fejlallokeringer på sektorer, institutionelle restriktioner, utilstrækkelig aggregeret efterspørgsel, timelags i ibrugtagningen af best-practice-techniques og hindringer for spredning af viden samt stordriftsfordele.

Hovedpointen hos Denison er at frasortere de påvirkninger af væksten, som ikke kan betegnes som forøget viden, så rest-leddet bliver et rent udtryk for de tekniske fremskridt. Derfor justerer han arbejdsinputtet for øget uddannelse i den udstrækning, forøgelsen blot kan betragtes som en kvantitativ udvidelse af undervisningen. Hvis man vil undersøge uddannelsens effekt på produktivitetsvæksten, kan man enten direkte estimere den samlede human-capital beholdnings koefficient i en regressionsligning med produktionsvæksten som forklaret variabel og human-capital som forklarende variabel, eller man kan som Denison (og senere Griliches) justere arbejdsinputtet for kvalitet ved at beregne afkastet på investering i uddannelse. Arbejdsstyrken inddeles efter uddannelseslængde, og ved at benytte de relative lønforskelle som vægte kan det uvejede gennemsnit justeres for ændringer i uddannelsesniveau. Denison antager, at 60 pct. af lønforskellene kan tages til indtægt på kvalitetsforskelle, så hvis der er 40 pct. lønforskel mellem personer med 10 og 12 års skolegang, vil personer – eller rettere disse personers arbejdstimer – med 12 års skolegang blive vægtet  $0,6 \times 0,4 = 24$  pct. højere end personer med 10 års skolegang. Denison beregnede, at øget undervisning forøgede arbejdsstyrkens kvalitet i USA fra 1929-1957 svarende til en forøgelse af arbejdsstyrken på 0,93 pct. p.a., hvilket kunne forklare hele 23 pct. af den årlige vækst i produktionen.

Som det ses af tabel 1, fandt Denison i sin sammenlignende undersøgelse af USA og ni vesteuropæiske lande i perioden 1950-62 (Denison, 1967)<sup>3</sup>, at for Danmark bidrog arbejde med 0,59 pct. p.a. af den samlede vækst i nationalindkomsten på 3,51 pct. p.a. Den vigtigste ingrediens i disse 0,59 pct. stammer fra en øget beskæftigelse, nemlig 0,70 pct., mens uddannelse giver 0,14 pct. Når man herfra trækker virkningerne af nedsat arbejdstid og forøgelse af kvindernes erhvervsdeltagelse (det trækker fra, fordi kvinders grænseproduktivitet måles ved lønninger, der gennemsnitligt var lavere end mænds), får man nettovirkningen af arbejdskraftens bidrag til væksten, nemlig de 0,59 pct. p.a.

I Denisons undersøgelse er kapital blot opdelt i fire grupper: fast kapital (erhvervsbygninger, maskiner og anlæg), lagre, boliger og aktiver i udlandet. Bidraget fra kapital er 0,96 pct. p.a., hvoraf fast kapital yder 0,66 pct., mens jord indgår med meget ringe bidrag. Kapital korrigeres ikke for kvalitetsforbedringer, hvilket han da også er blevet kritiseret for, men dels er de korrektioner, der foretages på arbejde, heller ikke udtryk

---

3. Metoden i denne undersøgelse afviger på mindre punkter fra ovennævnte opgørelse af bidraget fra uddannelse.

Tabel 1. Væksten i Danmark 1950-62

	Vækst i nationalindkomst (NNI)			Vækst i NNI pr. beskæftiget		
	1950-62	1950-55	1955-62	1950-62	1950-55	1955-62
Nationalindkomst	3.51	1.58	4.92	2.56	1.11	3.62
Bidrag fra vækst i samlet faktorinput	1.55	1.38	1.67	.62	.91	.40
Arbejde	.59	.47	.68	-.11	.12	-.27
Beskæftigelse	.70	.35	.95	-	-	-
Arbejdstimer	-.18	.04	-.34	-.18	.04	-.34
Kønsfordeling	-.07	-.06	-.07	-.07	-.06	-.07
Uddannelse	.14	.14	.14	.14	.14	.14
Kapital	.96	.91	.99	.77	.81	.73
Boliger	.13	.14	.12	.10	.12	.12
Tilgodehav. i udlandet	.02	.01	.03	.02	.01	.03
Fast kapital (ikke bolig)	.66	.64	.66	.53	.58	.49
Lagre	.15	.12	.18	.12	.10	.12
Jord	.00	.00	.00	-.04	-.02	-.06
Bidrag fra vækst i produktionen pr. inputenhed	1.96	.20	3.25	1.94	.20	3.22
Viden	.76	.75	.76	.75	.75	.75
Ændringer i timelag i anvendelse af viden m.v.						
Forkortelse i kap.'s levetid	.04	.10	.00	.04	.10	.10
Andet	-.32	-.70	-.01	-.31	-.70	-.01
Forbedret ressourcefordeling						
I landbruget	.41	.29	.49	.40	.29	.48
I »selvst. erhvervsdrivende«	.18	.16	.19	.18	.16	.19
Internationalt	.09	.09	.09	.09	.09	.09
Stordriftsfordele	.35	.20	.47	.35	.20	.47
Andet	.15	.53	.63	.15	.53	.63

Kilde: Denison (1967), her taget fra P. Nørregaard Rasmussens kapitel i Groth (1984).

for tekniske fremskridt, men kun for forskydninger i sammensætningen af arbejdsstyrken, dels er problemerne med måling af kapital-beholdningen så store, at Denison anså kvalitetsjusteringer på baggrund af tekniske fremskridt for en næsten uoverkommelig opgave.

Denison beregner således først en årlig vækstrate for arbejde som summen af vækstraterne for beskæftigelse (antal personer), for antal årlige arbejdstimer, for køns- og aldersfordelingen og for uddannelse. Denne samlede vækstrate vægtes så med arbejdes indkomstandel i det pågældende år (og land). Tilsvarende vægtes de andre faktorinput, og forskellen mellem summen af de vægtede faktorvækstrater og væksten i natio-

nalindkomsten defineres så som vækstraten for output pr. inputenhed. Dette restled fortolkes som inputfaktorernes øgede produktivitet, dvs. den totale faktorproduktivitet, som i Danmark er estimeret til 1,96 pct. p.a. Denne størrelse deles op i bidrag fra stordriftsfordele ( $\mu$  i (4)), uligevægtsfænomener ( $y$ -erne) og forøget viden ( $J$ ). For USA viste residualt sig at være 0,76 pct. p.a., og da Denison ikke regnede med at time-lags for ibrugtagning af ny viden og lignende diffusionsrelaterede størrelse ændrede sig i USA i perioden, blev de 0,76 pct. fortolket som den »globale« forøgelse af viden, og dette estimat blev derfor overført til Europa. Beregningsteknisk er residualt for de europæiske lande derfor »Andet« under »Ændringer i timelag, anvendelse af viden m.v.« (se tabel 1).

Diskussionen om »embodiment« af tekniske fremskridt i kapitalgoderne har ikke i USA-undersøgelsen givet anledning til inddragelse af variable som for eksempel kapitalbeholdningens alder eller andre variable, der afspejler vintage-ideen. Det er dog ikke, fordi Denison ikke overvejede sådanne variable, men han argumenterede, at siden aldersfordelingen i USA havde været nogenlunde stabil, ville den ikke kunne forklare ret meget<sup>4</sup>. For Europa var Denison imidlertid pragmatisk nok til at lade variabelen »Forkortelse i kapitalapparatets levetid« indgå i forklaringen af rest-leddet i undersøgelserne af væksten, og den giver da også et beskedent bidrag til forklaringen i perioden 1950-55, men det forsvinder i 1955-62. Til gengæld viste tallene for Europa, at omfordeling af ressourcer mellem sektorerne<sup>5</sup> havde så stor forklaringskraft, at næsten alle forskellene mellem landenes vækstrater kunne henføres til reallokeringsbidrag.

Denison estimerede bidraget fra to skift i ressourceanvendelse: Dels fra landbrug til byerhverv og dels fra selvstændige til lønmodtagere. Metoden går ud på at måle det bidrag, som fx 1950-nationalindkomsten ville have været større, hvis beskæftigelsesmønsteret fra 1955 havde været gældende i 1950. For bevægelsen fra landbrug til byerhverv sker estimeringen ved først at beregne gevinsten i byerhvervets nationalindkomst og dernæst at fratække nedgangen i landbrugets indkomst<sup>6</sup>.

Resultatet af Denisons undersøgelse er altså, at Solows store uforklarede resultat nu

4. Denisons metode er her i overensstemmelse med Jorgensons, der ikke mener, at det i praksis er muligt at skelne mellem embodied og dis-embodied tekniske fremskridt, hvorimod Kendrick mener, at aldersfordelingen har meget stor forklaringskraft på den totale faktorproduktivitet.

5. Dette bidrag kan ses som et forsøg på at kvantificere den såkaldte »Petty-effekt«.

6. Eksempelvis beregnes første skridt ved først at registrere forøgelsen af beskæftigelsen i byerhvervene over perioden. Denne beskæftigelsesfremgang antages primo i perioden med tilsvarende tilførsel af andre produktionsfaktorer at ville have givet anledning til en proportional forøgelse af produktionen. Da der imidlertid sandsynligvis ikke sker en lignende reallokering af de andre input (og kvaliteten af det overførte arbejde antages at være under middel), skønnes beskæftigelsesvæksten kun at give anledning til en vækst i produktionen på 75-80 pct. heraf, afhængig af land. Tilsvarende resonnementer gøres gældende for andet trin og for reallokeringen mellem selvstændige og lønmodtagere.

blev splittet op i mange mindre komponenter, der hver især yder bidrag til væksten i faktorproduktiviteten. Der er stadig et uforklaret element, nemlig de 0,76 pct. p.a. for USA, som Denison kalder »viden«, men som kunne kaldes meget andet, da det er og bliver et uforklaret residual.

#### 4. Additivetsantagelsen

Essensen i growth accounting er i korthed »to allocate the growth rate of output among the determinants that produced growth« (Denison, 1974, p. 1). Man forsøger at give kvantitative bud på betydningen af væksten i de forskellige input og i output pr. input-enhed. Med de statistiske metoder, der anvendes, må disse komponenter indgå hver for sig, så man kan udskille hver komponents selvstændige betydning for den totale vækst. Man får så nogle meget præcise estimater for disse komponenters betydning, hvilket gør det muligt rent kvantitativt at vurdere alternative investeringer i en nations samlede produktionsapparat. For eksempel insisterer Denison i ovennævnte undersøgelse på at måle effekten af borgernes forøgede viden som to forskellige årsager til vækst: Dels som et input fra en kvalitativt forbedret arbejdsstyrke og dels som et bidrag fra restleddet »øget viden«.

Desværre hviler disse estimater på en tvivlsom forudsætning om additivitet, dvs. en antagelse om, at hvert bidrag er uafhængigt af størrelsen af de andre bidrag. Vintage-modellerne prøver at tage højde for ét åbenlyst afhængighedsforhold, nemlig tekniske fremskridt og udskiftning af det faste kapitalapparat, men der er naturligvis mange flere: Øget uddannelsesniveau giver bedre resultater af investeringer i nyt kapitalapparat, skalafordele giver mulighed for større F&U-indsats, ligesom der ikke tages hensyn til samspillet mellem fx ændret produktmix og F&U, samt mellem skalafordele og markedsstruktur. Graden af komplementaritet mellem forskellige faktorer varierer naturligvis med faktortype, men den varierer sandsynligvis også over tid og mellem forskellige økonomier.

Givet er det derfor, at antagelsen om uafhængighed mellem bidragene i den traditionelle growth accounting er urealistisk. Ikke blot er vintage-ideen om sammenhæng mellem kapitalens alder og effektivitet sund, men afhængigheden eller komplementariteten er af endnu større omfang. Selv om betjeningen af mere effektive maskiner måske ikke altid kræver en mere veluddannet arbejdsstyrke, så kræver udviklingen af det mere effektive kapitalapparat sandsynligvis en stadig større og højere kvalificeret F&U-stab.

Tilsvarende er der et oplagt afhængighedsforhold mellem tekniske fremskridt og reallokering af ressourcer. Et efterspørgselsskift kan fx gøre det profitabelt at skifte fra én branche til en anden, således at elementet »ressource-allokering« kan tilskrives et selvstændigt bidrag til væksten. Sandsynligvis sker reallokeringen imidlertid lige så of-

te på grund af nye tekniske muligheder i andre anvendelser, og i det tilfælde vil en gevinst ved reallokering være et resultat af tekniske fremskridt. Men et endnu mere realistisk billede af forholdet mellem tekniske fremskridt og reallokering fås, når Schmooklers påvisning af efterspørgslens indflydelse på den teknologiske udvikling inddrages. Så får man nemlig en muligvis selvforstærkende proces, hvor et (tilfældigt) teknisk gennembrud i en sektor skifter efterspørgselskurven udad, hvilket forstærker interessen for at frembringe tekniske fremskridt i den pågældende sektor og samtidig på grund af det højere aktivitetsniveau både bringer mere ny (og dermed mere effektiv) kapital i anvendelse og stimulerer læreprocesserne både inden for sektoren og i de sektorer, der producerer produktionsudstyret.

I bedste fald kan sådanne gode spiraler revolutionere hele produktionssystemet, som fx jernbanerne og stålindustrien gjorde det i midten af 1800-tallet (se også Lotz, 1985, kap. 4).

### 5. Jorgenson & Griliches

Mens Denison opgjorde input efter omkostningsprincippet, hævdede Jorgenson og hans skiftende medarbejdere, at det var mere rimeligt at opgøre input efter effektivitetsprincippet. Der er ingen nævneværdig forskel i behandlingen af arbejde, men for kapital afviger metoderne kraftigt<sup>7</sup>.

Udgangspunktet for Jorgenson & Griliches (1967) er identiteten i nationalregnskabsstatistikken

$$\sum q_i Y_i = \sum p_j X_j, \quad (6)$$

hvor  $q_i$  og  $Y_i$  er pris og mængde for den  $i$ -te outputvare, og  $p_j$  og  $X_j$  tilsvarende for inputvarer. Ved totaldifferentiation af (6) fås

$$\sum w_i \left( \frac{\dot{q}_i}{q_i} + \frac{\dot{Y}_i}{Y_i} \right) = \sum v_j \left( \frac{\dot{p}_j}{p_j} + \frac{\dot{X}_j}{X_j} \right), \quad (7)$$

hvor  $w_i = \frac{q_i Y_i}{\sum q_i Y_i}$  og  $v_j = \frac{p_j X_j}{\sum p_j X_j}$ , og hvor  $\sum w_i = \sum v_j = 1$ .

---

7. De næste par sider bygger på Jorgenson et al. (1972) og Gollop & Jorgenson (1980).

For at kunne måle den totale faktorproduktivitet, defineret som

$$A = \frac{Y}{X}, \quad (8)$$

må man have nogle mængdeindeks for  $Y$  og  $X$ .

I stedet for de sædvanlige Laspeyres og Paasche indeks benytter Jorgenson og Griliches sig af det indeks, som Solow anvendte i sin 1957-artikel, hvor værdiandelene bruges som vægte. Dette indeks kaldes Divisia-indekset.

I kontinuert tid vil vækstraten i Divisia-mængdeindekset være:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \sum w_i \frac{\dot{Y}_i}{Y_i} \quad \text{og} \quad \frac{\dot{X}}{X} = \sum v_j \frac{\dot{X}_j}{X_j} \quad (9)$$

og i prisindekset:

$$\frac{\dot{q}}{q} = \sum w_i \frac{\dot{q}_i}{q_i} \quad \text{og} \quad \frac{\dot{p}}{p} = \sum v_j \frac{\dot{p}_j}{p_j}. \quad (10)$$

Ændringen i den totale faktorproduktivitet kan da skrives som:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{X}}{X} = \sum w_i \frac{\dot{Y}_i}{Y_i} - \sum v_j \frac{\dot{X}_j}{X_j} \quad (11)$$

eller, hvilket på grund af (7) er ækvivalent hermed,

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{p}}{p} - \frac{\dot{q}}{q} = \sum v_j \frac{\dot{p}_j}{p_j} - \sum w_i \frac{\dot{q}_i}{q_i}. \quad (12)$$

Disse indeks opfylder i modsætning til Laspeyres og Paasche indeksene både faktorombytningskriteriet og tidsombytningskriteriet.

Formålet med denne indeks-eksersits er for Jorgenson & Griliches at forbinde empiriske data, med den formaliserede produktionsteori. Hvis man nemlig har en produktionsfunktion med konstant skalaafkast som for eksempel

$$F(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m; X_1, X_2, \dots, X_n) = 0, \quad (13)$$

kan skift i produktionsfunktionen defineres ved F:

$$G\dot{F} = \sum \left( \frac{F_i Y_i}{\sum F_i Y_i} \frac{\dot{Y}_i}{Y_i} \right) - \sum \left( \frac{F_j X_j}{\sum F_j X_j} \frac{\dot{X}_j}{X_j} \right), \quad (14)$$

hvor  $F_i = \frac{\delta F}{\delta Y_i}$ ,  $F_j = \frac{\delta F}{\delta X_j}$  og  $\frac{1}{G} = \sum F_i Y_i = \div \sum F_j X_j$ .

Hvis der nu også forudsættes fuldkommen konkurrence, så alle de marginale substitutionsforhold mellem par af input- og outputvarer er lig de korresponderende relative priser, kan ændringer i den totale faktorproduktivitet udtrykkes som skift i produktionsfunktionen. Det betyder, at

$$G\dot{F} = \frac{\dot{A}}{A}, \quad (15)$$

Hvor  $\dot{A}/A$  er et veldefineret Divisia indeks.

Jorgenson & Griliches har hermed etableret en økonomisk fortolkning af de bebrebsløse indekstal ved at kæde dem sammen med den neoklassiske produktionsteori.

Det er efter min mening et elegant kunstgreb, som dog ikke skjuler, men snarere fremhæver, de meget restriktive antagelser, der ligger bag. Den fuldkommen-konkurrence-økonomi, eller den del heraf, der refererer til »producer equilibrium«, er helt åbenbart urealistisk, hvilket bl.a. ses af de høje bidrag fra uligevægtsfænomener, som både Denison (se afsnit 3) og Kendrick (se afsnit 8) fandt.

### 6. Produktionsfunktionen i growth accounting

Som det er fremgået, undviger Jorgenson & Griliches (1967) ligesom Solow (1957) at specificere produktionsfunktionen, men nøjes med at bearbejde et generelt udtryk, fx  $Q = A(t)F(K, L)$ . Totaldifferentiering af dette udtryk giver:

$$\frac{dQ^*}{Q^*} = F_L \frac{dL}{L} + F_K \frac{dK}{K}, \quad (16)$$

hvor

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dQ^*}{Q^*} + \frac{dA}{A}.$$

Nelson (1973) udfører den integration af (16), som falder naturlig, når man er ude efter at opgøre det samlede bidrag fra kapital og arbejde over en længere periode:

$$\log Q^*(T) - \log Q^*(0) = \int_0^T \left( F_L(t) \frac{d \log L(t)}{dt} + F_K(t) \frac{d \log K(t)}{dt} \right) dt. \quad (17)$$

*Tabel 2. Årlige vækstrater for output, input og faktorproduktivitet for USA 1945-65; den private sektor*

	Output	Input	Produktivitet
Oprindeligt skøn	3.49	1.83	1.60
Skøn efter korrektion for:			
a. Summationsfejl +	3.39	1.84	1.49
b. Fejl ved bestemmelse af investeringsgodepriser +	3.59	2.12	1.41
c. Fejl p.g.a. udnyttelsesgrad +	3.59	2.57	0.96
d. Fejl ved summation af kapitalens ydelser +	3.59	2.97	0.58
e. Fejl ved summation af arbejdsydelser	3.59	3.47	0.10

*Kilde:* Jorgenson & Griliches (1967), her fra samme kilde som tabel 1.

Accepterer man den diskutale - men sædvanlige - neoklassiske forudsætning om aflønning til grænseproduktet, ser det ud til, at Solows og Jorgensons tidligere omtalte metode, hvor Divisia indeks bruges til løbende at veje input, er uafhængig af antagelser om produktionsfunktionen. Nelsons indvending er så, at grænseprodukterne, der jo estimeres ved priserne, er opstået som resultat af udviklingen både i væksten i input og de tekniske fremskridt. Imidlertid er de relevante vægte på højresiden af (17) de grænseprodukter, som ville have eksisteret uden tekniske fremskridt, dvs.  $F_i(K/L(t), A(O))$ , og ikke vægtene fra Divisiaindekset, som måler  $F_i(K/L(t), A(t))$ .

Growth accounting forsøger at undgå en specificering af produktionsfunktionen, men problemstillingen dukker så bare op et andet sted. Problemet er måske ikke uløseligt, men man skal uden for den rene growth accounting for at estimere produktionsfunktionen eller »bare« substitutions-elasticiteten, og det er som bekendt også forbundet med store vanskeligheder.

### 7. Jorgenson & Griliches (fortsat)

Har man imidlertid accepteret det teoretiske grundlag for growth accounting, kan man gå videre til udarbejdelse af datamaterialet. Her afviger Jorgenson & Griliches som nævnt mest tydeligt fra Denison i kapital-målet. Det falder naturligt at fortolke kapitalindsatserne i produktionsfunktionen (13) som strømstørrelser, og det gør Jorgenson & Griliches da også, selvom det volder mange vanskeligheder. Kapital handles jo ikke i ydelser, idet leverandør og bruger af ydelserne sædvanligvis er samme økonomiske enhed. Man må derfor splitte investeringsmål op i pris- og mængdemål, akkumulere mængderne efter fradrag af afskrivninger og endelig vurdere mængden af ydelser fra beholdningerne. Det virker umiddelbart som et hasarderet projekt at vove sig ud

i, og diskussionen i Jorgenson et al. (1972) mellem hovedaktørerne Jorgenson, Griliches og Denison afslører da også stor uenighed. Eksempelvis beregner Jorgenson & Griliches (p. 80-81) den totale faktorproduktivitet under syv forskellige antagelser om måling af input, hvilket giver årlige vækstrater fra 1,03 pct. til 1,96 pct. i perioden 1950-62!

For Jorgenson & Griliches var udgangspunktet en hypotese om, at hvis data for input og output er korrekte, og hvis faktorernes effektivitet afspejles i priserne, så vil restleddet fordampe. Når de således (modsat Denison) opgør input efter effektivitetsprincippet, er det fordi pointen for dem er at finde de korrektioner i mængder og priser, der skal til for at få regnestykket til at gå op. Det lykkes dem da også at få bragt den totale faktorproduktivitet helt ned på 0,1 pct. p.a. i deres 1967-artikel (se tabel 2).

Denisons kritik fik dem imidlertid til at ændre flere af deres beregninger, og Denison konkluderede i Jorgenson et al. (1972), at nu lå estimaterne af den totale faktor så tæt, at de faktisk var enige om restleddets størrelse. Denison sagde 1,38 pct. p.a. i 1952-62, og Jorgenson & Griliches sagde 1,14 pct. p.a.

### 8. Kendrick

Som det sidste eksempel på growth accounting skal jeg kort referere en undersøgelse af John W. Kendrick, som måske er den ældste i branchen, idet han allerede i midten af 50'erne beregnede total og partiel faktorproduktivitet for National Bureau of Economic Research i USA. Den her kommenterede undersøgelse (Kendrick, 1981) bærer imidlertid præg af Denisons metode, der kun er ændret på meget få punkter. Jeg indskrænker mig til at kommentere Kendricks behandling af arbejdsinput, omfordeling af ressourcer og forøget viden.

Som refereret ovenfor korrigerer Denison arbejdsinputtet for øget kvalitet ved at tage højde for forøget uddannelse og ændret kønsfordeling. Kendrick opgør derimod arbejde som et uvejlet gennemsnit af arbejdstimer. Kendrick placerer dermed alle bidrag fra mere effektivt arbejde under produktivitetstigninger, diametralt modsat Jorgenson m.fl., der jo snarere måler arbejdsinputtet ved dets bidrag til produktionen, men også til forskel fra Denison, der splitter effektivitetsforøgelsen op i én del, øget undervisning og ændret kønsfordeling, som indgår i arbejdsinputtet, og en anden del omfattende visse skift i arbejdsstyrkens sammensætning, der indgår som et bidrag til væksten i produktionen pr. input-enhed.

Ernst R. Berndt (1980) fortolker disse forskelle således, at mens Jorgenson og hans medarbejdere, og for det meste også Denison, er ude på at opgøre output og input så præcist som muligt, så kan Kendrick's hensigt med sine analyser fortolkes til at være af en mere fundamental natur, nemlig at måle udviklingen af velfærd over tid: hvor

meget får leverandørerne af arbejdsinputtet i gennemsnit ud af en times arbejde<sup>8</sup>.

Når brancherne i en dynamisk økonomi udvikler sig forskelligt over tiden, og faktormængderne ikke tilpasser sig de ændrede aflønningsforhold øjeblikkeligt, så vil hastigheden i tilpasningsprocessen påvirke den samlede vækst i økonomien. Erkendelsen af, at den fuldkomne konkurrence ikke får frit spillerum, har tilskyndet pragmatiske empirikere til at inddrage mål for uligevægtsfænomenerne i deres undersøgelser. Både Kendrick og Denison medtager derfor en variabel som »forbedret ressourcefordeling«. De omfatter hos Denison kun omfordeling af arbejdsinputtet, mens den hos Kendrick også måler effekten af kapitalens skift. (Hos Jorgenson m.fl. opses denne post i kvalitetsforbedringer af faktorerne). Da kvalitetsforbedringer af arbejde hos begge måles ved aflønningen af forskellige arbejds kategorier, er der her taget højde for en del af arbejdets omfordelingseffekter, men selv om der kun opgøres et bidrag fra to skift, nemlig fra beskæftigelse i landbruget over i resten af økonomien og fra status som selvstændig i byerhvervene til status som lønmodtager (hos Denison optræder også en international omfordeling), så giver omfordelingen af arbejdsstyrken også hos Kendrick store bidrag til væksten. Kapitalens bidrag, som jo altså kun måles direkte af Kendrick, er ligeledes højt, men der er uenighed mellem Kendrick (1981) og Gollop & Jorgenson (1980) om udviklingen over tid.

Mens Denison ikke specificerer vidensbidraget, deler Kendrick dette bidrag op i tre faktorer: Forskning og udvikling (F&U), uformel videnstilgang og diffusionsraten. Kendrick estimerer bidraget fra F&U ved at kumulere de årlige F&U-udgifter til en F&U-beholdning under skyldig hensyntagen til timelags mellem projektstart og kommerciel anvendelse. Ved samtidig at estimere den samfundsmæssige afkastningsgrad af F&U kan det samlede bidrag opgøres<sup>9</sup>.

Det uformelle vidensbidrag er opgjøret som det residual, der fremkommer, efter at F&U og diffusionsbidragene er fratrukket den samlede vækst i viden. Bidraget fortolkes af Kendrick til at stamme fra den forskning og udvikling, der udføres som bifunktioner i mindre virksomheder, og som derfor ikke indgår i opgørelsen af de samlede F&U-udgifter.

Ændringer i diffusionsraten opgøres på basis af ændringer i kapitalbeholdningens gennemsnitsalder ud fra den betragtning, at en hurtigere udskiftning af kapitalappara-

---

8. Kendricks principielle holdning afspejler sig også i kapital-målet, idet hans modstand mod at korrigere for udnyttelsesgrad ikke som hos Jorgenson og Denison begrundes i for dårligt datamateriale, men i overensstemmelse med afvisningen af effektivitetskorrektioner baseres på argumentet: Omkostningerne ved at have et kapitalapparat til rådighed er uafhængige af udnyttelsesgraden.

9. Zvi Griliches har gennemført en række undersøgelser af F&U-kapitalens rentabilitet og F&U-bidraget til TFP (se fx kap. 3 i Lotz, 1985).

tet afspejler forbedrede muligheder for indførelse af den nyeste og bedste teknik. Diffusionsraten er altså et forsøg på at måle »embodiment« effekten.

### 9. Manglende uafhængighed

Årsagssammenhængen fremgår implicit af growth accounting: væksten i produktionen er virkningen af de mange bidrags forøgede størrelse. Ligesom jeg har kritiseret growth accounting for at antage additivitet mellem de enkelte bidrag, kan den kritiseres for en usikker årsags-virkning-fastlæggelse. Som fx hos Kendrick lægges der op til, at F&U via forbedrede processer (enten direkte eller indirekte ved, at nye produkter indgår i produktionen) øger den totale faktorproduktivitet, som så igen bidrager til den samlede vækst. Det er a priori rimelig plausibelt, men det målte bidrag giver naturligvis ingen forklaringer på, hvorfor F&U øger produktiviteten osv. Der sammenlignes i virkeligheden kun vækstrater, hvilket ikke udelukker den (i dette tilfælde også mulige) modsatte årsagssammenhæng eller for den sags skyld en tredje faktors påvirkning<sup>10</sup>.

For at illustrere kompleksiteten kan man som Nelson (1973) forestille sig en model, hvor enhver produktiv forøgelse af mekaniseringsgraden, dvs. enhver forøgelse af K/L-forholdet, som forøger Q/L-forholdet, kræver tekniske fremskridt. Og hvor omvendt alle tekniske fremskridt er embodied, så enhver ibrugtagning af ny teknologi kræver investering. Samtidig kræver fremstilling og opstilling af ny teknologi uddannet arbejdskraft, som ved fravær af tekniske fremskridt ikke vil være mere produktiv end al anden arbejdskraft.

En sådan (ekstrem) model gør growth accounting absurd, ingen fremskridt kan opnås uden bidrag fra alle forhold: uddannelse, kapital og ny teknologi. Hvilken af de to modeller, den almindelige med (næsten) uendelig substitutionselasticitet internt mellem forskellige typer kapital og arbejde og ret høj substitutionselasticitet (i hvert fald et stykke fra 0) mellem de aggregerede mål for K og L, eller den utroligt kompakte model opridset ovenfor, der er mest realistisk, kan kun afgøres ud fra studier på brancheniveau eller endnu mere disaggregeret.

### 10. Afslutning

Når man anvender growth accounting til at forklare de sidste femten års krise, får man nogle højst ejendommelige resultater. Det viser sig nemlig, at den totale faktorproduktivitet fra at have udgjort det største bidrag til væksten i 1950'erne og 1960'erne, pludselig i 1973 falder så drastisk, at bidraget bliver negativt! Det bidrag, som fortolkes som en proxy for den teknologiske udvikling, trækker nu fra i væksten.

Det er umuligt ud fra datamaterialet at udpege nogle oplagte årsager til dette resultat (se Denison, 1984). Man kunne måske have ventet noget lignende, for growth accounting er egentlig »blot« en slags udvidet nationalregnskabsstatistik, som under en række

---

10. Se Mansfield (1972) for en oversigt over sådanne årsags-virknings-sammenhænge.

restriktive forudsætninger, herunder først og fremmest en produktionsfunktion, er i stand til at splitte væksten i produktionen op i en stribe elementer, udvalgt blandt kvantificerbare økonomiske fænomener.

Hovedproblemet med growth accounting og beslægtede analyser er således efter min mening, at de valgte forudsætninger ikke kan rumme hele den økonomiske virkelighed. Produktionsfunktionsforudsætningen med dens optimeringsantagelse tillader ikke forklaringer, der indeholder så aktuelle elementer som øget usikkerhed, slack, labour hoarding etc., og de deraf følgende bevægelser inden for produktionsmulighedsområdet. Heller ikke virkningerne af energiprisstigningerne lader sig formidle gennem Denison's og Jorgenson's metoder. En syntetisk historie om energiprisernes effekter kunne lyde således: Prisstigningerne virker som en skat på OECD-landenes indkomster og ændrer dermed den reelle nutidsværdi af den eksisterende kapitalbeholdning. Samtidig gør den investeringer i energiintensive kapitalanlæg relativt mindre værd, hvilket gælder for såvel fysisk kapital som for F&U-programmer.

En sådan historie, som omfatter bl.a. ekstraordinære afskrivninger, uligevægtsfænomener samt udeblevne gevinster gennem »learning-by-doing« osv., lader sig ikke indpasse i growth accounting. Den kræver en meget mere fleksibel modelbygning, som endnu ikke er færdigudviklet, men som man specielt i Nelson & Winter (1982) og Nelson (1986) kan skimte omridset af.

### Litteratur

- Berndt, Ernst R. 1980. Comment. I: Gollop & Jorgenson (1980).
- Denison, Edward F. 1967. *Why growth rates differ: Postwar experience in nine western countries*. Washington, D.C.
- Denison, Edward, F. 1974. *Accounting for United States economic growth 1929-1969*. Washington, D.C.
- Denison, Edward F. 1984. Accounting for slower economic growth: An update. I: Kendrick, John W., *International comparisons of productivity and causes of the slowdown*. Cambridge, Mass.
- Gollop, Frank M. & Dale W. Jorgenson. 1980. US productivity growth by industry 1947-73. I: Kendrick, John W. & Beatrice N. Vaccara (eds.). *New developments in productivity measurement and analysis*. Chicago, Ill.
- Groth, Christian. 1984. *Noter til vækst og fordeling*. Memo. Københavns Universitets Økonomiske Institut.
- Jorgenson, Dale W. & Zvi Griliches. 1967. The explanation of productivity change. I: Jorgenson et al. (1972).
- Jorgenson, Dale W. & Zvi Griliches & Edward F. Denison. 1972. The measurement of productivity. *Survey of current business*, Vol. 52, No. 5, Part II.
- Kendrick, John W. 1981. Why productivity growth rates change and differ. I: Giersch, Herbert (ed.). *Towards an explanation of economic growth*. J.C.B. Mohr. Tübingen.
- Lotz, Peter. 1985. Blindgyder og opbrud i økonomisk teori om tekniske fremskridt. Stor opgave, november 1985. Økonomisk Institut, Københavns Universitet.

restriktive forudsætninger, herunder først og fremmest en produktionsfunktion, er i stand til at splitte væksten i produktionen op i en stribe elementer, udvalgt blandt kvantificerbare økonomiske fænomener.

Hovedproblemet med growth accounting og beslægtede analyser er således efter min mening, at de valgte forudsætninger ikke kan rumme hele den økonomiske virkelighed. Produktionsfunktionsforudsætningen med dens optimeringsantagelse tillader ikke forklaringer, der indeholder så aktuelle elementer som øget usikkerhed, slack, labour hoarding etc., og de deraf følgende bevægelser inden for produktionsmulighedsområdet. Heller ikke virkningerne af energiprisstigningerne lader sig formidle gennem Denison's og Jorgenson's metoder. En syntetisk historie om energiprisernes effekter kunne lyde således: Prisstigningerne virker som en skat på OECD-landenes indkomster og ændrer dermed den reelle nutidsværdi af den eksisterende kapitalbeholdning. Samtidig gør den investeringer i energiintensive kapitalanlæg relativt mindre værd, hvilket gælder for såvel fysisk kapital som for F&U-programmer.

En sådan historie, som omfatter bl.a. ekstraordinære afskrivninger, uligevægtsfænomener samt udeblevne gevinster gennem »learning-by-doing« osv., lader sig ikke indpasse i growth accounting. Den kræver en meget mere fleksibel modelbygning, som endnu ikke er færdigudviklet, men som man specielt i Nelson & Winter (1982) og Nelson (1986) kan skimte omridset af.

### Litteratur

- Berndt, Ernst R. 1980. Comment. I: Gollop & Jorgenson (1980).
- Denison, Edward F. 1967. *Why growth rates differ: Postwar experience in nine western countries*. Washington, D.C.
- Denison, Edward, F. 1974. *Accounting for United States economic growth 1929-1969*. Washington, D.C.
- Denison, Edward F. 1984. Accounting for slower economic growth: An update. I: Kendrick, John W., *International comparisons of productivity and causes of the slowdown*. Cambridge, Mass.
- Gollop, Frank M. & Dale W. Jorgenson. 1980. US productivity growth by industry 1947-73. I: Kendrick, John W. & Beatrice N. Vaccara (eds.). *New developments in productivity measurement and analysis*. Chicago, Ill.
- Groth, Christian. 1984. *Noter til vækst og fordeling*. Memo. Københavns Universitets Økonomiske Institut.
- Jorgenson, Dale W. & Zvi Griliches. 1967. The explanation of productivity change. I: Jorgenson et al. (1972).
- Jorgenson, Dale W. & Zvi Griliches & Edward F. Denison. 1972. The measurement of productivity. *Survey of current business*, Vol. 52, No. 5, Part II.
- Kendrick, John W. 1981. Why productivity growth rates change and differ. I: Giersch, Herbert (ed.). *Towards an explanation of economic growth*. J.C.B. Mohr. Tübingen.
- Lotz, Peter. 1985. Blindgyder og opbrud i økonomisk teori om tekniske fremskridt. Stor opgave, november 1985. Økonomisk Institut, Københavns Universitet.

- Mansfield, Edwin. 1972. Contribution of R&D to economic growth in the United States. *Science*, Vol. 175, No. 4021.
- Nadiri, M. Ishaq. 1970. Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: A Survey. *Journal of Economic Literature*, Vol. VIII. December 1970.
- Nelson, Richard R. 1964. Aggregate production functions and medium-range growth projections. *American Economic Review*, Vol. 54. September 1964, No. 5, pp. 575-606.
- Nelson, Richard R. 1973. Recent exercises in growth accounting: New understanding or Dead end? *American Economic Review*, Vol. 63, pp. 462-468.
- Nelson, Richard R. 1986. The tension between process stories and equilibrium models: Analyzing the productivity-growth slowdown of the 1970s. I: Langlois, Richard N. (ed.). *Economics as a process*. Cambridge, 1986.
- Nelson, Richard R. & Sidney G. Winter. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass.
- Schmookler, Jacob. 1966. *Invention and economic growth*. Cambridge, Mass.
- Solow, Robert M. 1957. Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 39, pp. 312-320.