

# Kompetencer i matematik ved overgangen mellem det almene gymnasium og universitetet:

## En SOLO-analyse af progression og vidensformer i læreplaner og kursusbeskrivelser

Bettina Dahl (Søndergaard), lektor, ph.d. Centre for Science Education, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet



Bettina Dahl (Søndergaard) er lektor i matematikdidaktik på Centre for Science Education på Det Naturvidenskabelige Fakultet på Aarhus Universitet. Hun har tidligere været seminarieadjunkt i matematik på Aalborg Seminarium, Assistant Professor i »Secondary Mathematics Education«

på Virginia Tech i USA, Rådgiver på Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim, Research Officer i EU uddannelsespolitik på University of Oxford i England samt årsvikar i matematik og samfundsfag på Aalborg Katedralskole. Hun har en ph.d. i matematikdidaktik fra Roskilde Universitetscenter, en cand.scient. i matematik og samfundsfag fra Aalborg Universitet og en M.Sc. i Educational Research Methodology fra University of Oxford i England. Hun forsker primært inden for matematikdidaktik, lærings-teori, særligt dygtige elever, uformelle læringsmiljøer samt progression af matematikkompetencer. Hun underviser også på Aarhus Universitets adjunkt pædagogikum

### Reviewet artikel

Artiklen analyserer læringsmålene for det almene gymnasium og kursusbeskrivelser for to universiteter med fokus på progression og vidensformer. Analysen er kvantitativ og bruger SOLO-taksonomien som måleinstrument. Konklusionen er, at der sker et spring nedad i kompetencer ved overgangen, og det diskuteres, om aftagerinstitutionen udvikler andre vidensformer end tidligere trin.

### Introduktion

Artiklen fokuserer på overgangen i matematik mellem det almene gymnasium (stx) og universitetet i et makrodidaktisk (Winsløw, 2006, s. 18) perspektiv. Kajander og Lovric skriver, at overgangen »between secondary and tertiary education in mathematics is a complex phenomenon covering a vast array of problems and issues« (2005, s. 149). Et af sådanne problemer er »a considerable mismatch between secondary and tertiary level concerning subject matter as well as competencies« (Brandell et al., 2008, s. 52). Med hensyn til kompetencer og vidensformer anses eksempelvis rutinefærdigheder og viden om formler og teoremer (procedural viden) som nødvendige ved problemløsning og for at forstå begreber og teorier på universitetet. Dette er forskelligt fra målene på gymna-

sieniveau, hvor udregninger og formler bliver betragtet som hindringer for, at eleverne kan opnå en dybere forståelse (konceptuel viden) (Brandell et al., 2008, s. 44). Artiklen undersøger derfor, om der er forskel på de matematiske kompetencer, som elever forventes at opnå på stx, og de kompetencer, der sigtes efter på to universiteters matematikkurser. Det er et curriculum-studium, som analyserer *matter meant* frem for *matter taught* og *learnt* (Bauersfeld, 1979, s. 204-206). Førstnævnte er ikke lig de andre, men i 7-trinsskalaen gives karakterer på baggrund af, i hvor høj grad eleven/den studerende opfylder de officielt angivne læringsmål, som er udtrykt i kompetencer. Det vil sige, at *matter meant* i høj grad er et styringsredskab.

Artiklens fokus er derfor, om der er progression i matematiske kompetencer, set fra systemets forventninger, ved overgangen mellem stx og to universiteter. Kompetencerne er udtrykt som læringsmål i læreplaner for stx og kursusbeskrivelser på universiteterne. Desuden diskuterer artiklen, hvilke vidensformer læringsmålene lægger op til. En længere version kan ses i Mathiasen et al. (2009, s. 114-131).

## Kompetencer

På alle niveauer indeholder curricula både beskrivelser af stofmængden og de kompetencer, der forventes opnået. Begrebet 'kompetencer' bruges i mange sammenhænge og betydninger. KOM-projektet (Kompetencer og Matematiklæring) (Niss, 2002) udarbejder et kompetencebaseret system til at beskrive curricula og progression i matematikundervisningen for alle niveauer i Danmark. Der argumenteres for, at læseplaner bør fokusere på de kompetencer, elever og studerende skal opbygge på et givet trin. Rapporten beskriver otte centrale matematiske kompetencer for alle trin (Niss, 2002, s. 43-62): *Tankegangs-, problembehandlings-, modellerings-, ræsonnements-, repræsentations-, symbol- og formalisme-, kommunikations- og hjælpemiddelkompetence*. At besidde en kompetence vil sige at være i stand til at udføre bestemte handlinger med det indhold, der er beskrevet ved substantiver i pensumlisten. De otte kompetencer kan besiddes i varierende grad og er stort set identiske med de otte kompetencer i PISA (OECD, 1999, s. 43). Disse kompetencer betragtes som en ikke-hierarkisk liste af generelle matematiske færdigheder for hvert uddannelsesstrin. Inddelingen er også meget lig den amerikanske lærerforening, *National Council of Teachers of Mathematics*, (NCTM, 2000) for 1.-12. trin.

For stx beskriver Læreplanen blandt andet 2. *Fagligt indhold og faglige mål* (Undervisningsministeriet, 2008). De faglige mål (læringsmålene) beskriver et antal kompetencer, som eleven skal kunne anvende på indholdet til eksamen. Universiteterne har også tilføjet kompetencer til kursusbeskrivelsernes indholdsliste. Universiteterne har dog anvendt forskellige metoder til disse kompetencebeskrivelser. Fælles for alle er, at læringsmå-

lene i de faglige mål og kursusbeskrivelser stadfæster de matematiske kompetencer, som elever eller studerende forventes at opnå, og at man har brugt et rigt ordvalg til at beskrive niveauet af disse kompetencer.

## Måling af kompetenceprogression

For at måle graden af kompetenceprogression er det nødvendigt med en målestok, der beskriver forskellige niveauer af at besidde en kompetence. Kompetencer kommer til udfoldelse i aktiviteter: »Kernen i en kompetence er med andre ord indsigt-baseret handleberedthed, hvor 'handling' kan være både fysiske, adfærdsmæssige – herunder sproglige – og mentale« (Niss, 2002, s. 125). Kompetencebeskrivelserne i læringsmålene angiver, hvad elever og studerende skal lære at kunne gøre (verber) med det, de skal lære noget om (substantiver). Dette er i tråd med *Outcomes-Based Education*-tankengangen (OBE) eksempelvis set i Bigg's teori om *constructive alignment* og den tilhørende SOLO-taksonomi (Biggs, 2003), som jeg kommer ind på i nedenstående. En OBE-tankegang ligger også bag 7-trinsskalaen og Bolognaprocessen, der består af 46 europæiske lande, der frivilligt reformerer deres tertiære uddannelsessystemer henimod større konvergens for at øge mobiliteten for studerende, lærere og forskere. Fra 2003 har Bolognaprocessen også fokus på curriculumreformer, og i *Bologna Stocktaking Report* (2007, s. 3) anbefales det at have curricula baseret på læringsmål (*learning outcomes*). Folketinget vedtog i 2006 7-trinsskalaen, der er designet til at måle *graden af målopfyldelse* og konstrueret op ad den europæiske ECTS-skala (European Credit and Transfer System). For eksempel gives karakteren 7: »for den gode præstation, der demonstrerer omfattende opfyldelse af fagets mål, med en del mangler«.

### SOLO-taksonomien

SOLO-taksonomien (Biggs & Collis, 1982, s. 17-31 & Biggs, 2003, s. 34-53) står for *Structure of the Observed Learning Outcome* og har fem niveauer. I Brabrand og Dahl (2008, 2009) defineres *SOLO kompetence progression* som at bevæge os op gennem stadig højere SOLO-niveauer. Her opleves først en *kvantitativ* forbedring, idet man bliver i stand til at behandle stadig flere aspekter (SOLO 2-3). Senere erfares *kvalitative* forbedringer, når man bliver i stand til at integrere, danne strukturer og generalisere (SOLO 4-5). En kort beskrivelse af de fem niveauer er som følger:

**SOLO 1: Pre-Structural Level** (Før-strukturelt niveau). Eleven/den studerende har ikke forståelse men muligvis en samling spredt information.

**SOLO 2: Uni-Structural Level (U)** (Et-strukturelt niveau). Eleven/den studerende kan håndtere et enkelt aspekt og skabe åbenlyse forbindelser. Han kan bruge terminologi, identificere (huske ting), udføre simple instruktioner/algoritmer osv.

**SOLO 3: Multi-Structural Level (M)** (Fler-strukturelt niveau). Eleven/den studerende kan operere med flere aspekter men ser ikke disse i sammenhæng. Han ser træerne men ikke skoven og er i stand til at beskrive, klassificere, kombinere, anvende metode osv.

**SOLO 4: Relational Level (R)** (Relationsniveau). Eleven/den studerende forstår relationen mellem forskellige aspekter og hvordan de tilsammen danner en struktur. Han kan nu se skoven og kan sammenligne, anvende teori og forklare i form af årsag/virkning osv.

**SOLO 5: Extended Abstract Level** (Udvidet abstrakt niveau). Eleven/den studerende generaliserer strukturen ud over det givne, ser strukturen fra forskellige aspekter, og bruger ideer i nye sammenhænge. Han kan hypotesere, kritisere osv.

Pegg og Tall (2005) taler om en UMR-cyklus (uni-structural, multistructural, relational), hvor begreber på R-niveau indgår som objekt på U-niveau. 7-trinsskalaen er uadskillelig fra læringsmål- og OBE-tankegangen, og disse er inden for samme undervisningstradition som eksempelvis SOLO-taksonomien.

*Læringsmål og SOLO-taksonomien på universitetsniveau*  
Brabrand og Dahl (2008, 2009) undersøgte SOLO-progression på blandt andet Det Naturvidenskabelige Fakultet (NAT) på Aarhus Universitet (AU). Baggrunden var, at alle universiteter inden sommeren 2007 skulle tilføje *fagets mål* (læringsmål) til sine kursusbeskrivelser på grund af den nye karakterskala. Brabrand<sup>1</sup> (formand) og jeg var del af Arbejdsgruppen, der gav et seminar i januar 2007 til alle vip'ere på NAT/AU om, hvordan man kan formulere læringsmål ved brug af SOLO-taksonomien. Dernæst skabte hvert institut fem 'institut-specifikke gode eksempler', som efterfølgende blev revideret og godkendt af Arbejdsgruppen. På baggrund af disse eksempler samt vejledning af Arbejdsgruppen blev de resterende læringsmål beskrevet og endeligt godkendt af Studienævnet, hvis formand også var i Arbejdsgruppen. Brabrand og jeg sammenlignede NAT/AU med Det Naturvidenskabelige Fakultet på Syddansk Universitet (NAT/SDU), som havde valgt samme strategi, og hvor Brabrand var kursuseder. Formålet med sammenligningen var ikke at undersøge, hvad delene i processen enkeltvis havde bidraget med, men i stedet hvad slutproduktet siger om SOLO-niveauerne for de enkelte kurser og programmer.

For hvert kursus udregnedes ud fra læringsmålene først et SOLO-gennemsnit, dernæst et SOLO-gennemsnit for bachelor- og kandidatniveau. Nedenstående eksempel angiver de tilhørende SOLO-niveauer i parentes efter kompetencerne/verberne:

Eksempel: *Ringe og talteori* (SDU; bachelordel, 5 ECTS)

Når kurset er færdigt forventes den studerende at kunne:

- *Gengive* (2) definitioner og resultater fra algebra og talteori inden for kursets pensum.
- *Anvende* (4) teorien til at *løse* (3) opgaver med udgangspunkt i kursets pensum.
- *Argumentere* (4) for skridtene i opgaveløsningen.
- *Gennemføre* (3) stringente og fuldstændige beviser for påstande med udgangspunkt i kursets pensum.
- *Benytte* (4) matematisk terminologi og symboler fra mængdelære, funktionsteori, logik, talteori og ringteori.
- *Identificere* (2) matematiske strukturer inden for kursets pensum i konkrete eksempler.

SOLO-gennemsnit:  $(2 + ((4+3)/2) + 4 + 3 + 4 + 2) / 6 = 3,1$

Klassifikationen af verber bygger dels på Biggs (2003, s. 48) dels på en analyse af 632 kursusbeskrivelser fra NAT/AU og NAT/SDU. Under analysen konsulteredes flere af de universitetslærere, som havde forfattet læringsmålene, tre universitetspædagoger på Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet (SUN) på AU, som havde stået for en lignende implementering på SUN samt Catherine Tang og John Biggs. Denne proces medførte, at nogle verber blev omklassificeret. Vi ekskluderede desuden kommunikationsaktiviteter (KA) som eksempelvis at 'arbejde' og 'være involveret i', som SOLO-taksonomien ikke omhandler.

Man kan argumentere for, at i matematik er det ikke lige let/svært for eksempel at 'forklare' (SOLO 4) inden for alle områder og på alle niveauer. Det må dog antages, at hvert område er internt konsistent således, at man ikke kan 'forklare' inden for et område uden at besidde en del af de lavere SOLO-kompetencer, for eksempel 'beskrive' og 'formulere' i SOLO 3, hvilke igen hviler på SOLO 2-kompetencer så som 'definere' og 'referere'. Det er netop derfor, det er interessant at undersøge, om der er SOLO-progression, men det er også vigtigt at fremhæve, at SOLO-progression ikke nødvendigvis er det samme som progression i sværhed, idet indholdets abstraktionsniveau også spiller en rolle. En liste af over de fleste verber, der blev anvendt på NAT/AU og NAT/SDU ses i nedenstående.

## Metode

De matematiske kompetencer, som elever og studerende forventes at opnå, bliver undersøgt gennem en analyse af læreplanerne. For stx drejer det sig om de faglige mål på niveau A, B og C og for universitetsniveauet de læringsmål, som blev tilføjet kursusbeskrivelserne på matematikkurser på AU og SDU. AU og SDU blev valgt, da disse specifikt valgte at beskrive deres læringsmål ud fra kompetencetænkningen i SOLO-taksonomien.

SOLO 2	SOLO 3	SOLO 4	SOLO 5
Angive	Afgøre	Analysere	Afgrænse
(Be)regne	Anvende/benytte metode	Anvende/benytte teori	Bedømme
Bestemme	Behandle/-arbejde	Argumentere	Diskutere
Danne	Beskrive	Begrunde	Ekstrapolere
Definere	Bevise	Eksemplificere	Estimere
Finde	Demonstrere	Forklare	Evaluerer
Gengive	Formulere	Implementere	Fortolke
Genkende	Gennemføre	Konkludere	Generalisere
Håndtere	Give overblik over	Konstruere	Hypotesere
Identificere	Illustrere	Modellere	Kritisere
Navngive	Karakterisere	Relatere	Reflektere
Omformulere	Klassificere	Sammenfatte	Refutere
Opstille	Kombinere	Sammenligne	Perspektivere
Oversætte	Konvertere	Strukturere	Rationalisere
Referere	Løse	Tilpasse	Ræsonnere
Skitsere	Redegøre for	Tolke	Skønne
Søge	Simulere	Udlede	Teoretisere
(Ud)vælge	Udtrykke	Udnytte	Vurdere

Figur 1. Klassificering af SOLO-verb, AU og SDU. Fuld liste: <http://www.itu.dk/people/brabrand/solo.xml>.

## Antagelser

Ud over validiteten af ovennævnte SOLO-klassificering, hviler analysen på følgende antagelser:

### *Brug af samme SOLO klassifikation til stx*

Verberne har ikke en fast SOLO-tilknytning selv om jeg relaterer til Biggs' (2003) oprindelige klassificering. Fokus er på, hvordan et verbum er anvendt i den konkrete kontekst; eksempelvis om det er et-strukturelt, fler-strukturelt, relationelt eller udvidet abstrakt. I praksis viste det sig dog, at klassificeringen i Figur 1 også passede godt på stx, selvom de faglige mål ikke er skrevet op ad denne taksonomi. Nogle få verber er omklassificeret. Det drejer sig eksempelvis om 'demonstrere', der er SOLO 3 i Figur 1, men nogle af anvendelserne på stx er på fler-strukturelt niveau og mere i tråd med 'eksemplificere' og 'forklare', som er SOLO 4. 'Demonstrere' indgår dog kun en gang på AU og tre gange på SDU, hvorfor selv en generel omklassificering af dette verbum ikke vil ændre resultaterne for AU og SDU. Kompetencerne skal altid ses i den sammenhæng, de indgår i, og ud fra de overordnede definitioner på SOLO-niveauerne, hvilket også var princippet i Brabrand og Dahl (2008, 2009). Selv hvis mange verber blev brugt anderledes på stx og AU/SDU, ville dette ikke berøre undersøgelsens validitet, da fokus *ikke* var at opstille en række verber med kun én SOLO-værdi, men i stedet at undersøge på hvilket SOLO-niveau (et-strukturelt, osv.) verberne er brugt. Det er således et interessant biprodukt af undersøgelsen, at verberne stort set anvendes ens, og at vi derfor *har* en overordnet liste (Figur 1).

### *Progression manifesterer sig i verber*

Parallelt med en kompetenceprogression sker der en progression i indhold og abstraktionsniveau. Nærvæ-

rende undersøgelse beskæftiger sig dog alene med kompetenceprogression. Dette er relevant, idet eksempelvis KOM-rapporten argumenterer for, at læreplaner bør fokusere på de kompetencer, elever og studerende skal opnå, og endvidere fordrer 7-trinsskalaen, at karakterer gives på baggrund af læringsmål – altså kompetencer.

### *Delene i et sæt læringsmål indgår med lige vægt*

Delene indgår med lige vægt. Det antages, at det ikke afviger signifikant fra den ægte vægt, man kunne få, hvis der var tildelt vægte til hvert delpunkt i læringsmålene. Desuden har AU og SDU benyttet sammenlignelige skabeloner til kursusbeskrivelser, og Niveau A-C er opskrevet efter samme mønster.

### *Ens numerisk afstand mellem SOLO-niveauerne*

Det antages, at de kvalitative læringsmæssige trin fra eksempelvis SOLO 2-3 og SOLO 3-4 er lige stor, og at niveauerne er diskrete. En sådan kvantificering af kvalitative data er ikke uvant i uddannelsesforskning. Oppenheim (1992) diskuterer eksempelvis kvantitative forskningsmetoder som Likert-skalaen, der kvantificerer grader af enighed og uenighed ved brug af tal, ofte 1-5.

## Matematiske kompetencer på universitetsniveau

Der var tilsyneladende ikke SOLO-progression i læringsmålene fra bachelor- til kandidatniveau i matematik på AU og SDU (Brabrand & Dahl; 2008, 2009). SOLO-gennemsnittene på AU var højere på bachelordelen end på kandidatdelen, men der var en mindre progression på SDU:

	Bachelor	Kandidat
AU	3,2	2,9
SDU	2,8	2,9
Samlet AU + SDU	3,0	2,9

Figur 2. SOLO-gennemsnit for bachelor- og kandidatuddannelserne på AU og SDU.

### Matematiske kompetencer for stx

Figur 3 viser et udsnit af de faglige mål for Niveau A, B og C for stx for samme delområde. Der er udregnet SOLO-delgennemsnit for disse udsnit og med fed angives det overordnede SOLO-gennemsnit for Niveau A-C. Et verbum i firkantet parentes tydeliggør, hvilken SOLO-kompetence der er tale om.

Der er således SOLO-progression fra Niveau C til A.

### Progression? Diskussion og konklusion

I figur 4 ses en tabel over SOLO-gennemsnittene. Det fremgår, at ved overgangen vil eleverne til en vis grad begynde forfra i SOLO-niveau. Tilsyneladende har hvert uddannelsesstrin sin egen SOLO-cyklus, og overordnet er niveauet konstant til faldende. I parentes bemærkes, at SOLO-niveauerne for trin- og slutmålene i grundskolen er henholdsvis: 3,1 (3. klasse), 3,2 (6. klasse) og 3,5 (9. klasse) (Mathiasen et al., 2009, s. 128).

En grund til det konstant til faldende SOLO-niveau kan antages at være, at jo vanskeligere matematikindhold, jo vanskeligere er det at opnå et højt SOLO-niveau. Dette skyldes, at matematik er et vertikalt fag, hvor teorier, teknikker og kompetencer bygges op kumulativt. Dette er i modsætning til horisontale fag (eksempelvis geografi), hvor forskellige domæner eksisterer side om side, somme tider interagerende, men uden at bygge på hinanden som forudsætninger (Madsen &

Winsløw, 2009). På NAT/AU og NAT/SDU var der progression for de andre fag på nær matematik. Det må også antages, at eksempelvis at modellere (SOLO 4) og kritisere (SOLO 5) matematik er lettere på lavere niveauer, og det derfor kan være naturligt at observere et vist fald. Man kan derfor argumentere for, at der parallelt foregår en progression i teoriindhold, som ikke beskrives af SOLO-taksonomien. Dette passer dog ikke med KOM-rapportens argumentation for nødvendigheden af at beskrive matematiske kompetencer progressivt gennem hele uddannelsessystemet. Under alle omstændigheder kan det heller ikke være meningen, at der faktisk er en regression; specielt ikke da et kandidatstudium leder frem til et speciale, der typisk er forskningslignende og således må være på SOLO 4-5. Omvendt betyder matematiks vertikale natur tilsyneladende, at SOLO-taksonomien ikke fanger alle aspekter af progressionen i matematiske kompetencer.

En anden forklaring er, at de to uddannelsessystemer har forskellige formål. Det er ikke alle med A-niveau på stx, der senere studerer matematik på universitetet, selvom A-niveau er en forudsætning for dette studium. A-niveau giver derimod adgang til mange forskellige studier. De forskellige SOLO-niveauer i de to enheder kan tilkendegive, at de har hver deres særkende og forståelse for, hvad det vil sige at *lære matematik*. Det er ikke hensigten med denne artikel at argumentere for at nedbryde disse enheder. De repræsenterer tværtimod traditioner og har andre formål end blot at indgå i en fælles fødekæde. Man kan derfor ikke forvente en fuldstændig glidende overgang. En pæn progression er ikke målet i sig selv, da en ny uddannelse kan være elevens mulighed for en ny start, og at blive mødt med nye krav er en naturlig del af det at uddanne sig.

Med 7-trinsskalaen er forventningen, at i tråd med ECTS-skalaen vil ca. 10% af dem, der består, få 12, og således vise en fuldstændig opfyldelse af fagets mål med ingen eller få uvæsentlige mangler. Det er derfor særligt disse, som kan forvente at opleve en kløft mellem de kompetencer, de har været vant til på stx og dem, de præsenteres for på universitetet. Det er således en særlig

Faglige mål	Niveau C	Niveau B	Niveau A
	Eleverne skal kunne:		
	Anvende (3) simple geometriske modeller og håndtere (2) simple geometriske problemstillinger.	Redegøre for (3) foreliggende geometriske modeller og håndtere (2) geometriske problemstillinger.	Opstille geometriske modeller (4) og løse (3) geometriske problemer på grundlag af trekantsberegninger samt kunne give en analytisk beskrivelse [at analysere] (4) af geometriske figurer i koordinatsystemer og udnytte (4) dette til at svare (KA) på givne teoretiske og praktiske spørgsmål.
SOLO del-gennemsnit	5/2 = 2,5	5/2 = 2,5	15/4 = 3,75
SOLO gennemsnit, alt	3,0	3,2	3,4

Figur 3. Eksempel på SOLO-gennemsnit for de faglige mål for Niveau A, B og C på stx.

STX			Universitet	
Niveau C	Niveau B	Niveau A	Bachelor	Kandidat
3,0	3,2	3,4	3,2 (AU)	2,9 (AU)
			2,8 (SDU)	2,9 (SDU)

Figur 4. SOLO-gennemsnit fra stx til kandidatniveau på AU og SDU.

udfordring for universiteterne at tage imod de dygtige elever fra stx.

Med hensyn til vidensformer antager jeg, at høje SOLO-niveauer forudsætter konceptuel viden, mens lavere SOLO-niveauer ikke udelukker konceptuel viden, men i større grad kan opnås ved procedural viden. Dette kan have indflydelse på de undervisningsmetoder, som lærerne benytter, da nogle undervisningsformer i højere grad giver mulighed for udvikling af nogle vidensformer end andre (jævnfør Brandels et al. (2008) betragtninger). Det vil sige, at overgangen mellem systemerne kan betyde, at nye universitetsstuderende oplever en kløft mellem de videns- og undervisningsformer, de var vant til, og de nye. Dette kan antages alt andet lige at gøre det vanskeligere at påbegynde et studium. Dette forudsætter dog også, at der er sammenhæng mellem *matter meant* og *matter taught*. I Dahl (2004) fremgik det desuden, at elevers læringshistorie (den måde de er vant til at blive undervist på) spiller en rolle for, hvordan de senere bedst er i stand til at lære, og det anbefales, at en lærers valg af undervisningsmetoder sker inden for ZPT (zone of proximate teaching). ZPT er et begreb udviklet af Dahl (2004). En lærer bør variere sine undervisningsformer, men gradvist. Universitetslærere bør være opmærksomme på de kompetencer og vidensformer, de studerende har erhvervet sig fra stx, og eventuelt tage denne forskel eksplicit op med de nye studerende, hvormed SOLO-springet ikke bliver et problem men en lærerig udfordring.

## Referencer

- Bauersfeld, H. (1979). Research related to the mathematical learning process. In International Commission on Mathematical Instruction, ICMI (Eds.), *New Trends in Mathematics Teaching* (Vol. IV, pp. 119-213). Paris: UNESCO.
- Biggs, J. B. (2003). *Teaching for Quality Learning at University*. Maidenhead: Open University Press
- Biggs, J., & Collis, K., F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy, Structure of the Observed Learning Outcome*. London: Academic Press.
- Bologna Process Stocktaking Report (2007). Report from a working group appointed by the Bologna Follow-up Group to the Ministerial Conference in London, May 2007.
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2008). Constructive Alignment and the SOLO Taxonomy: A Comparative Study of University Competences in Computer Science vs. Mathematics. *Conferences in Research and Practice in Information Technology*, 88, 3-17.
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Using the SOLO-Taxonomy to Analyze Competence Progression of University Science Curricula *Higher Education*, 58(4), 531-549.
- Brandell, G., Hemmi, K., & Thunberg, H. (2008). The Widening Gap: A Swedish Perspective. *Mathematics Education Research Journal*, 20(2), 38-56.
- Dahl, B. (2004). Analysing cognitive learning processes through group interviews of successful high school pupils: Development and use of a model. *Educational Studies in Mathematics*, 56, 129-155.
- Kajander, A., & Lovric, M. (2005). Transition from Secondary to Tertiary Mathematics: McMaster University Experience. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 36(2-3), 149-160.
- Mathiasen, H., Dahl (Søndergaard), B., Kølben de Wit, C., Blach, C., Ågård, D., Bendixen, F. H., Andersen, H. L., Enggaard, K., Lindenskov, L., Misfeldt, M., Andersen, A. M., Sørensen, H. (2009). *Overgangsproblemer som udfordringer i uddannelsessystemet*. Århus: CUL/D.
- Madsen, L. M., & Winslow, C. (2009). Relations between Teaching and Research in Physical Geography and Mathematics at Research Intensive Universities. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(4), 741-763.
- NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics:VA, USA.
- Niss, M. (2002). *Kompetencer og matematiklæring*. Uddannelsesstyrelsen Temahæfteserie, nr. 18. København: Undervisningsministeriet.
- OECD (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Programme for International Students Assessment (PISA), Paris: OECD.
- Oppenheim, A. N. (1992). *Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement*. London: Pinter.
- Pegg, J., & Tall, D. (2005). The fundamental cycle of concept construction underlying various theoretical frameworks. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 37(6), p. 468-475.
- Undervisningsministeriet (2008). *Læreplaner*. København: Undervisningsministeriet. Set 23. maj 2009, fra <http://www.uvm.dk/Uddannelse/Gymnasiale%20uddannelser/Fagenes%20sider/Fag%20L-R/Matematik%20-%20stx.aspx>
- Winslow, C. (1994). *Didaktiske elementer: En indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.

## Noter

- 1 Claus Brabrand er lektor på IT-Universitetet i København.