

Science competencies in a Danish context

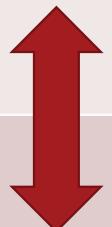
Jan Sølberg
Associate professor

KØBENHAVNS UNIVERSITET



Danish curriculum from a teacher perspective

INTENDED	Ideal	Vision (rationale or basic philosophy underlying a curriculum)
	Formal/Written	Intentions as specified in curriculum documents and/or materials
IMPLEMENTED	Perceived	Curriculum as interpreted by its users (especially teachers)
	Operational	Actual process of teaching and learning
ATTAINED	Experiential	Learning experiences as perceived by learners
	Learned	Resulting learning outcomes of learners

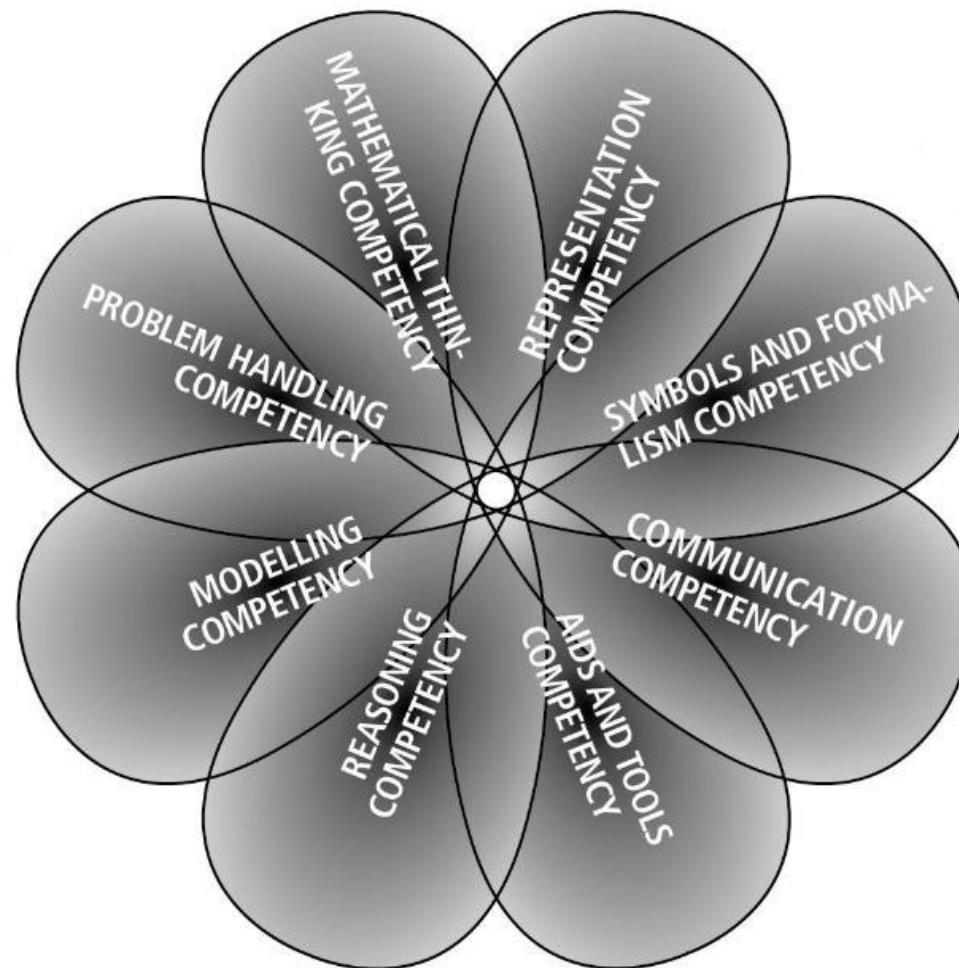


van den Akker, 2013, p. 56

A brief historical overview

Year	Event	Relevance
1980's	<i>Science Technology in Society</i>	International focus on mastery in science
1990	<i>Science for All Americans is published</i>	Focus on scientific literacy in USA
1995	National Standards reform	Early steps towards describing mastery ambitions for mathematics and science
2000-2002	KOM Project	Description of eight mathematical competencies

The KOM flower



Niss et al, 2016.

A brief historical overview

Year	Event	Relevance
1980's	<i>Science Technology in Society</i>	International focus on mastery in science
1990	<i>Science for All Americans is published</i>	Focus on scientific literacy in USA
1995	National Standards reform	Early steps towards describing mastery ambitions for mathematics and science
2000-2002	<i>KOM Project</i>	Description of eight mathematical competencies
2003	<i>Fremtidens naturfaglige uddannelser (FNU) is published</i>	First attempt at describing science competencies in Denmark

First take on science competencies (FNU)

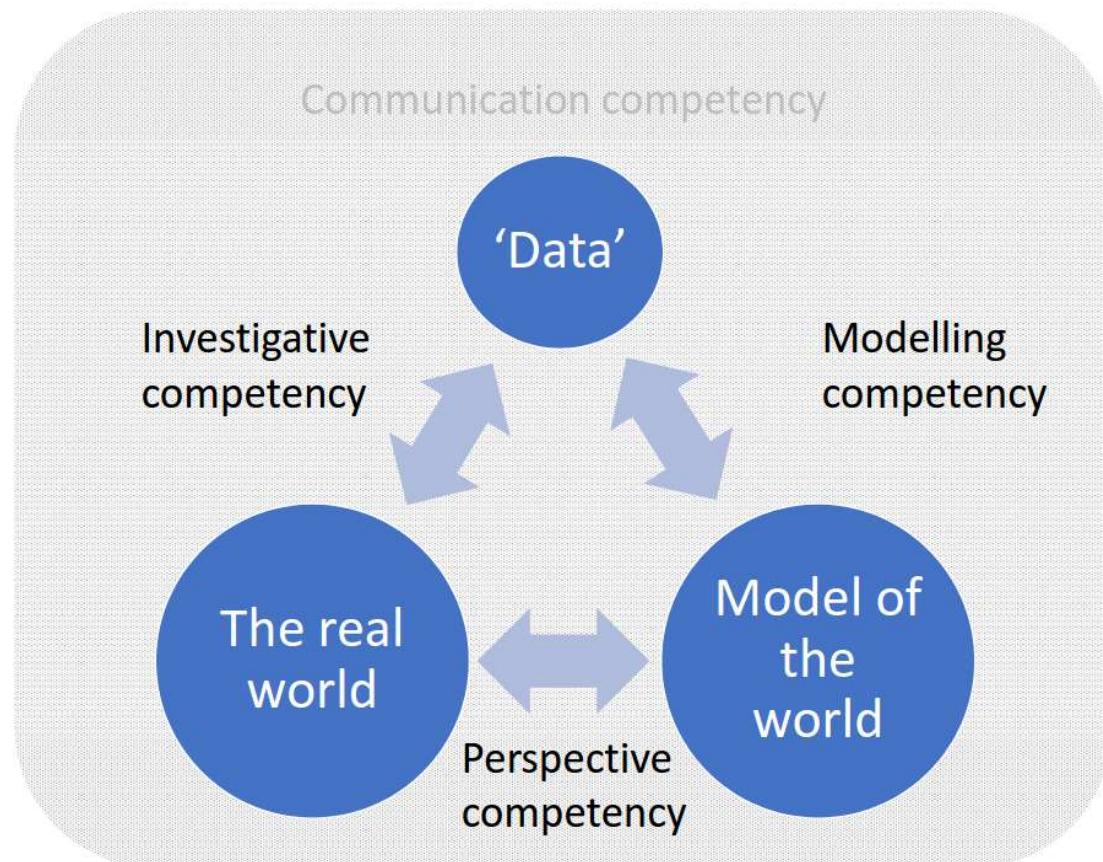
- **Empirikkompetence** (observation og beskrivelse, eksperimentere, klassifikation, manuelle færdigheder, dataindsamling og behandling, sikkerhed, vurdering af usikkerhed og hensigtsmæssighed, kritisere metoder, generalisering mellem praksis og teori, ...)
- **Repræsentationskompetence** (symboler og repræsentationer, iagttage, præsentere, skelne og skifte mellem forskellige repræsentationsniveauer, analysere, forstå forklaringskraft, abstrahere, reducere, ...)
- **Modelleringskompetence** (problemformulere, opstille, skelne mellem model og virkelighed, reducere, analysere, præcisere, anvende hensigtsmæssigt, verificere, falsificere, bestemme kausalitet, kritisere, videreudvikle, ...)
- **Perspektiveringskompetence** (indre sammenhæng, sammenhæng med ikkefnaturfag, historisk/kulturel sammenhæng, relation til den nære og den fjerne omverden, reflektere over naturvidenskabernes og teknologiens roller i samfundsudvikling, kritisk vurdere naturfaglig viden i forhold til anden viden, ...)

Andersen et al., 2003

A brief historical overview

Year	Event	Relevance
1980's	<i>Science Technology in Society</i>	International focus on mastery in science
1990	<i>Science for All Americans is published</i>	Focus on scientific literacy in USA
1995	National Standards reform	Early steps towards describing mastery ambitions for mathematics and science
2000-2002	<i>KOM Project</i>	Description of eight mathematical competencies
2003	<i>Fremtidens naturfaglige uddannelser (FNU) is published</i>	First attempt at describing science competencies in Denmark
2007	The "Rocard-report" is published	Emphasis on Inquiry in science, 7th EU Framework emerges
2009	National Standards reform	Mathematics is described in competency terms as the only subject
2008-2012	<i>KOMPIS Project</i>	Examining competency-oriented teaching from a teachers' perspective

A model of science competencies (KOMPIS project)



From Christiansen, 2013

A brief historical overview

Year	Event	Relevance
1980's	<i>Science Technology in Society</i>	International focus on mastery in science
1990	<i>Science for All Americans is published</i>	Focus on scientific literacy in USA
1995	National Standards reform	Early steps towards describing mastery ambitions for mathematics and science
2000-2002	<i>KOM Project</i>	Description of eight mathematical competencies
2003	<i>Fremtidens naturfaglige uddannelser (FNU) is published</i>	First attempt at describing science competencies in Denmark
2007	<i>The "Rocard-report" is published</i>	Emphasis on Inquiry in science, 7th EU Framework emerges
2009	National Standards reform	Mathematics is described in competency terms as the only subject
2008-2012	<i>KOMPIS Project</i>	Examining competency-oriented teaching from a teachers' perspective
2014	National Standards reform	All subjects are described in competency terms

Separation of competencies and subject matter areas

Subject matter areas

Science competencies

Kompetence-område	Kompetencemål	Fag	Undersøgelser i naturfag	Evolution	Økosystemer	Krop og sundhed	Celler, mikrobiologi og bioteknologi	
Undersøgelse	Eleven kan designe, gennemføre, evaluere og vurdere undersøgelser i biologii.	1 Eleven kan formidle sig undervejs en algrænsset problemstilling med naturen.	Eleven har viden om undervejsundersøgelser, anvendelsesmuligheder og begrænsninger.	Eleven kan undersøge organismeres systemiske og klasifikation.	Eleven har viden om økologisk systematik og klassifikation.	Eleven kan undersøge organismeres funktioner.	Eleven har viden om fædres sammenhæng og energibehold, herunder med digitale teknologier.	Eleven kan undersøge celler og mikroorganismer.
		2 Eleven kan indsamle, bearbejde og udlevere data.	Eleven har viden om teknikken for udarbejdelse af undersøgelser i naturfag.	Eleven kan undersøge og fortolke organismeres tilpassning til levesteder.	Eleven har viden om organismeres morfologi og fylogenetiske tilpassinger.	Eleven kan undersøge om miljøfaktorer i forskellige biotoper.	Eleven har viden om miljøfaktorer, der påvirker økosystemer, og gennemfører udredning med digitale datateknologi.	Eleven kan undersøge celler og mikroorganismeres funktioner.
Modellering	Eleven kan anvende og vurdere modeller i biologii.	1 Eleven kan anvende modeller til forklaring af fænomener og prædictionsstegn i naturfag.	Eleven har viden om modellering i naturfag.	Evolution	Økosystemer	Krop og sundhed	Celler, mikrobiologi og bioteknologi	
		2 Eleven kan vurdere modellers anvendelighed og begrænsninger.	Eleven har viden om vurderingskriterier for modeller i naturfag.	Eleven kan med modeller forklare forløbene i arters udvikling over tid.	Eleven har viden om grundlæggende evolutionsmekanismer.	Eleven kan med modeller forklare stoffens kredsløb i økosystemer.	Eleven kan med modeller forklare funktionen af og sammenhængen mellem skelet, muskler, sær og nervesystem.	Eleven har viden om sammenhænge med stimuli og respons.
Perspektivering	Eleven kan perspektivere biologii til forskellige sammenhænge og relaterer indholdet i faget til udvikling.	1 Eleven kan beskrive naturfaglig problemløsning i den nære omverden.	Eleven har viden om aktuelle problemløsninger med naturfagligt indhold.	Eleven kan diskutere konsekvenser af miljøpåvirkninger og gennempræjektioner med henblik på evolutionsretur udvikling.	Eleven har viden om miljøpåvirkninger og gennempræjektioner med henblik på evolutionær udvikling.	Eleven har viden om sammenhænge mellem økosystemer.	Eleven har viden om sammenhænge mellem sundhed, livsstil og levesteder hos sig selv og andre med henblik på verdensudvikling.	Eleven har viden om sammenhænge mellem sundhed, livsstil og levesteder.
Kommunikation	Eleven kan kommunikere om naturfag.	1 Eleven kan forklare, hvordan naturvidenskabelig viden diskutes og udvides.	Eleven har viden om processer i udvejling af naturvidenskabelig viden.	Argumentation	Ørdkendskab	Faglig læsning og skriving		
		2 Eleven kan kommunikere om naturfag.	Eleven har formidlet viden og argumenterne for den på et naturfagligt grundlag.	Eleven har viden om præsens og argumenterne for den på et naturfagligt grundlag.	Eleven har viden om fagbegreb og fagterminologi.	Eleven har viden om matematisk og teknisk udtryk, sig praktisk og ræsonnerende ved brug af fagord og begreber.	Eleven har videt om matematisk basis og tekniske bokstaver i naturfag.	Eleven har viden om matematisk basis og tekniske bokstaver i deres objektivitet.

Investigative

Modelling

Perspective

Communication

Competence areas in chemistry

Content knowledge

knowing chemical phenomena, terms, and laws; assigning them to basic concepts

Scientific inquiry

using experimental and other research methods and models

Communication

Accessing and exchanging information in a factual and professional manner

Socio scientific issues

Recognizing and evaluating chemical facts in different contexts

(KMK, 2004, p. 7)

Overwhelming number of goals

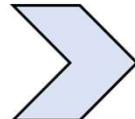
Kompetence-område	Kompetence-mål	Faser	Færdigheds- og videnområder og -mål							
Undersøgelse	Eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i biologi.		Undersøgelser i naturtag	Evolution	Økosystemer	Krop og sundhed	Celler, mikrobiologi og bioteknologi			
		1. Eleven kan formidле og understøtte en afgået problemstilling ved at engagere med et fagligt indhold.	Eleven har viden om undersøgelsesmetoders systematiske tilhørigheder og begrænsninger.	Eleven kan undersøge organismeres systematiske tilhørigheder og begrænsninger.	Eleven har viden om biologisk systematik og klassifikation.	Eleven kan undersøge organismeres livsform.	Eleven har viden om kroppens næringssubstrat og energibehov.	Eleven kan undersøge celler og mikroorganismer.	Eleven har viden om celler og mikroorganismer opbygning.	
		2. Eleven kan indsamle og vurdere data fra egen og andres undersøgelser.	Eleven har viden om indsamling og validering af data.	Eleven kan undersøge og forklare organismeres tilpasning til levestedet.	Eleven har viden om organismeres morfologiske, anatomiske og fysiologiske tilpasninger.	Eleven kan undersøge organismeres livsbetingelser i forskellige biotoper.	Eleven har viden om miljøfaktorer i forskellige biotoper.	Eleven har viden om kroppens næringssubstrat og energibehov.	Eleven har viden om celler og mikroorganismer væxt og vækststegnelse.	
		Investigative competency		in on pers på arten og praktiske og undersøgende arbejdsopgaver.		in on pers på arten og praktiske og undersøgende arbejdsopgaver.		Ecosystems		
Modellering	Eleven kan anvende og vurdere modeller i biologi.		Modellering i naturtag	Evolution	Økosystemer		Celler, mikrobiologi og bioteknologi			
		1. Eleven kan anvende modeller til forklaring af forstærkere og forstørre og udvides.	Eleven har viden om modellering i naturtag.	Eleven kan med modeller forklare arter udvikling over tiderne.	Eleven har viden om grundlæggende evolutionsprincipper.	Eleven kan med modeller forklare stoffers tilhørighed i økosystemer.	Eleven har viden om stoffer i biologiske kredsløb.	Eleven kan undersøge mikroorganismers funktion i forskellige miljøer.	Eleven har viden om mikroorganismers betydning i forhold til mennesker og akvakultur.	
		Skills and knowledge goals related to investigations in different ecosystems:								
Perspektivering	Elev på biologien og et indlæg til uddannelsen og videnskabene		Student can conduct investigations into basic conditions necessary to sustain life in various organisms		Student knows about vital conditions for life in various organisms					
		Student can investigate basic conditions necessary to sustain life in different biotopes		Student knows about environmental factors in various biotopes						
		Student can examine and compare food chains and food webs in different biotopes		Student knows about food chains, food webs and cycles of organic compounds						
Kommunikation	Eleven kan kommunikere om naturfaglige forhold med biologi		Formidling	Argumentation	Ordkendskab	Faglig læsning og skrivning				
		1. Eleven kan kommunikere om naturfag ved brug af egne ord.	Eleven har viden om metoder til at formidle naturfaglige forhold.	Eleven kan formidle en påstand og argumentere ved hjælp af et naturfagligt grundlag.	Eleven har viden om påstande og begrænsninger.	Eleven kan muntligt og skriftligt udtrykke egne opfattelser ved hjælp af ord og begreb.	Eleven kan muntligt tæse og skrive tekster i naturtag.	Eleven har viden om ord og begreb i naturtag.	Eleven har viden om naturfaglige teknologier og deres anvendelse.	
		2. Eleven kan vurdere kvaliteten af egen og andres kommunikation om naturfaglige forhold.	Eleven har viden om kvalitetskrav til naturfaglige argumentationer.	Eleven kan vurdere godligheden af egen og andres naturfaglige argumentation.	Eleven har viden om kvalitetskrav til forskellige typer af argumenter i naturfaglig sammenhæng.					
		3. Eleven kan vurdere kvaliteten af egen og andres kommunikation om naturfaglige forhold.								

A brief historical overview

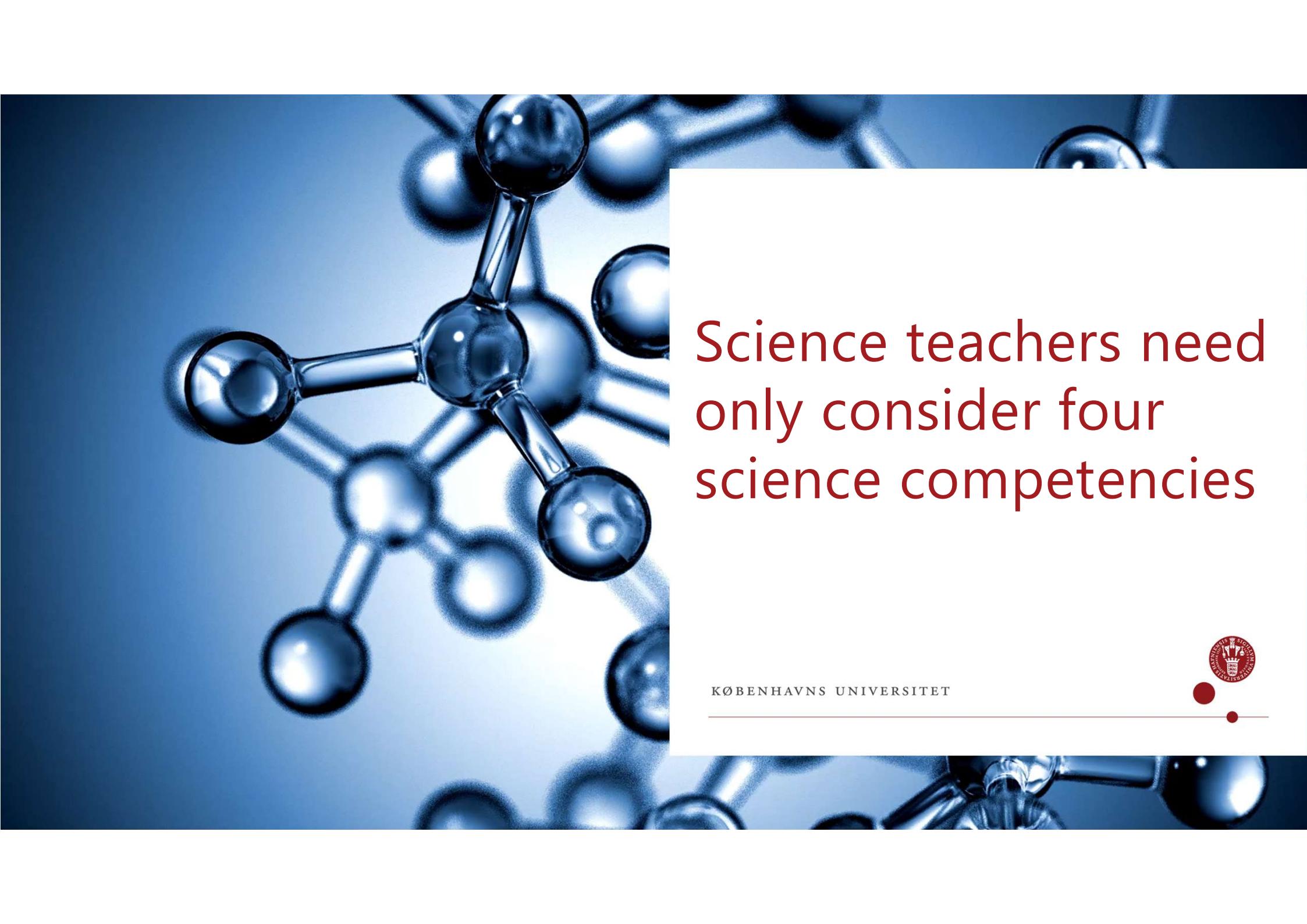
Year	Event	Relevance
1980's	<i>Science Technology in Society</i>	International focus on mastery in science
1990	<i>Science for All Americans is published</i>	Focus on scientific literacy in USA
1995	National Standards reform	Early steps towards describing mastery ambitions for mathematics and science
2000-2002	<i>KOM Project</i>	Description of eight mathematical competencies
2003	<i>Fremtidens naturfaglige uddannelser (FNU) is published</i>	First attempt at describing science competencies in Denmark
2007	<i>The "Rocard-report" is published</i>	Emphasis on Inquiry in science, 7th EU Framework emerges
2009	National Standards reform	Mathematics is described in competency terms as the only subject
2008-2012	<i>KOMPIS Project</i>	Examining competency-oriented teaching from a teachers' perspective
2014	National Standards reform	All subjects are described in competency terms
2018	National Standards revision	Objectives in terms of knowledge and skills become suggestions

Two-dimensional description

Subject matter areas		Area 1	Area 2	...	Area n
Competencies					
Competency 1					
Competency 2					
...					
Competency m					



Subject matter areas		Area 1	Area 2	...	Area n
Competencies					
Competency 1					
Competency 2					
...					
Competency m					



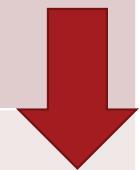
Science teachers need
only consider four
science competencies

KØBENHAVNS UNIVERSITET



Moving forward – getting teachers involved

INTENDED	Ideal	Vision (rationale or basic philosophy underlying a curriculum)
	Formal/Written	Intentions as specified in curriculum documents and/or materials
IMPLEMENTED	Perceived	Curriculum as interpreted by its users (especially teachers)
	Operational	Actual process of teaching and learning
ATTAINED	Experiential	Learning experiences as perceived by learners
	Learned	Resulting learning outcomes of learners



van den Akker, 2013, p. 56

Issues and challenges for discussion

National standards are unclear
for science teachers

(Elmose, 2018)

Teachers have difficulties with
process-oriented approaches

(Nielsen & Nielsen, 2019,
Sølberg, 2020)

Organisational restraints limit
opportunities for competency-
based science teaching

(Sølberg et al., 2015; Sølberg
& Waadgaard, in press)

National assessment practices
do not align with competency-
based teaching

(Dolin, 2016; Nielsen &
Nielsen, 2021, Guldager et al.,
2019)

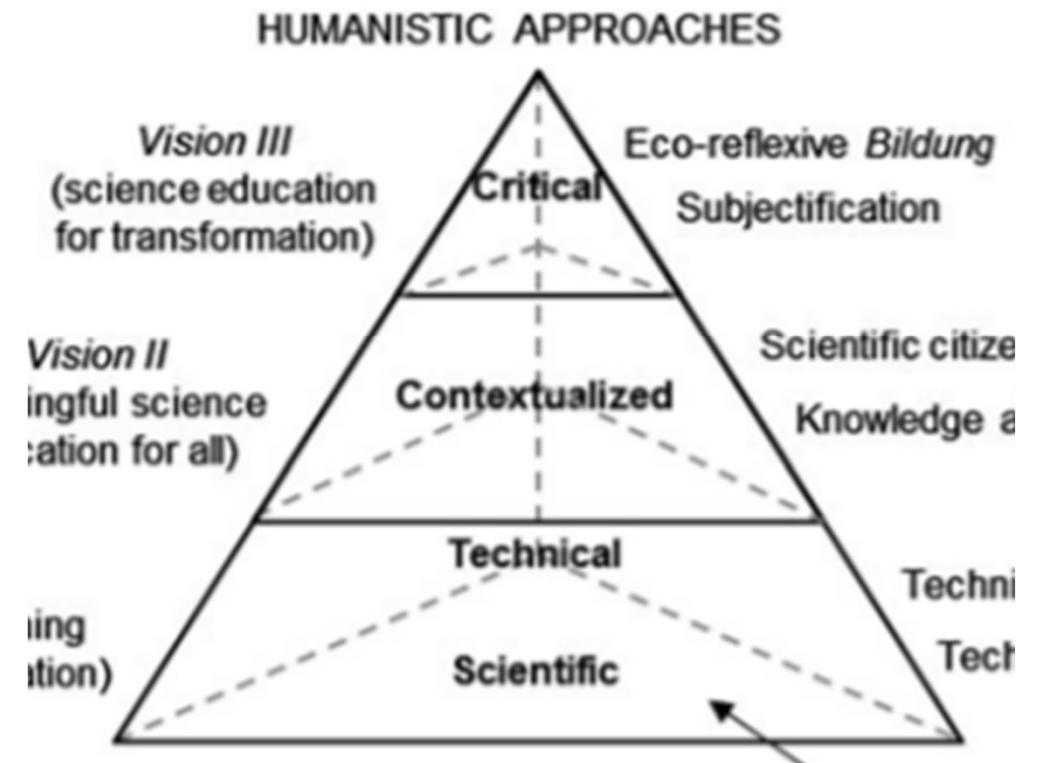
It is difficult for science
teachers to operationalise and
assess competencies

(Nielsen, Dolin & Tidemand,
2018)

Competency-based learning
progressions are challenging

(Dolin, Nielsen, Tidemand,
2017)

We need teaching practices that align with higher level ambitions



Literature

- Andersen, N. O., Busch, H., Horst, S., & Troelsen, R. (2003). Fremtidens naturfaglige uddannelser. *Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie*, 7/2003.
- Christiansen, J. L. (2013). Kompetenceorienteret naturfagsundervisning. I J. L. Christiansen, N. J. Hansen, J. Madsen, & B. Lindhardt (red.), *KOMPIS - Kompetencemål i praksis: Et udviklings- og forskningsprojekt i dansk, matematik og naturfag 2009-2012*. (s. 29-39). Forskning og udvikling, UC Sjælland.
- Dolin, J. (2016). Concerns with using test results for political and pedagogical purposes: A Danish perspective. In *Assessment in Education* (pp. 91-112). Springer, Cham.
- Elmose, S. (2018). Naturfaglig kompetence i ministeriets udlægning Kan læreren bruge begrebet som målkategori?. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*, (2).
- Guldager, I., Auning, C., & Steiner, M. (2019). Hvordan påvirker naturfagslæreres undervisningstilgang elevers udvikling af undersøgelseskompetencer frem mod den fælles naturfagsprøve?. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*, 44-58.
- Nielsen, S. S. (2015). Fælles Mål og modelleringskompetence i biologiundervisningen-forenkling nødvendiggør fortolkning. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*, (4).
- Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2019). A competence-oriented approach to models and modelling in lower secondary science education: practices and rationales among Danish teachers. *Research in Science Education*, 1-29.
- Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2021). Models and Modelling: Science Teachers' Perceived Practice and Rationales in Lower Secondary School in the Context of a Revised Competence-Oriented Curriculum. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(4).
- Niss, M.; Bruder, R.; Planas, N.; Turner, R.; Villa-Ochoa, J.A. Survey team on: Conceptualisation of the role of competencies, knowing and knowledge in mathematics education research. *ZDM Math. Educ.* 2016, 48, 611–632.
- Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis – hvad har vi lært af KOMPIS?. *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, (2).
- Sølberg, J. (2020). To metaforer for læring og kompetenceorienteret undervisning. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*, 16-16.
- Sølberg, J. & Waaddegaard, N. (in press). Lærernes udfordringer med kompetenceorienteret naturfagsundervisning. I Fougt, S. S., Bundsgaard, J. Hanghøj, T. & Misfeldt, M. (red.). *Håndbog i scenariedidaktik*. Aarhus Universitetsforlag.
- van den Akker, J. (2013). Curricular Development Research as Specimen of Educational Design Research. In Plomp, T, & Nieveen, N. (Eds.), *Educational Design Research* (53-70). Enschede, the Netherlands: Netherlands Institute for Curriculum Development.