

# Enkeltfag eller fagintegration i naturfagene?



Jens Dolin, Institut for  
Naturfagsdidaktik,  
Københavns Universitet

**Abstract:** *Det er en aktuel debat, hvorvidt de naturvidenskabelige fag skal undervises integreret i dele af uddannelsessystemet, eller hvorvidt de skal undervises og læres som adskilte fag. Debatten afspejler både uddannelsespolitiske, faginterne og didaktiske skillelinjer, hvor de bagvedliggende præmisser ikke altid er tydelige. Artiklen tager udgangspunkt i det grundlæggende spørgsmål i enhver didaktik 'Hvorfor skal børn og unge have naturvidenskab?' og afdækker konsekvenserne heraf, hvis svaret er 'fordi de skal være naturvidenskabeligt dannede'.*

*Artiklen argumenterer for at integreret naturfag fremmer elevernes naturvidenskabelige dannelse mere end enkeltfag. Det vises hvorledes fagenes lukkethed og status vanskeliggør integration og giver nogle bud på hvorledes integration kan realiseres på forskellige uddannelsesniveauer.*

## Indledning – om problematikken og dens aktualitet

Debatten i naturfagene om *fagintegration* versus *fagopdeling* er ikke ny og hænger sammen med den almindelige uddannelsespolitiske debat om tværfaglighed kontra særfaglighed. Også her i MONA er tværfaglighedsproblematikken i de naturvidenskabelige fag behandlet, senest i en oversigtsartikel, *Tværfaglig undervisning i folkeskolens naturfag* (Sillasen & Linderoth, 2017), og en artikel om fagintegration mellem fysik og matematik i gymnasiet, *FYMA – om integration af to fag* (Christensen, 2018).

Det er uden for denne artikels rammer at afdække selve tværfaglighedsbegrebet, men bredt forstået vil en tværfaglig tilgang til undervisning i de naturvidenskabelige fag (som i alle fag) sige at elevernes læring sker via aktiviteter på tværs af faggrænserne. De fleste teoretikere opridser en systematik i arten af aktiviteter på tværs af de involverede fag, typisk gående fra støttefaglighed og flerfaglighed over fagintegration til fagoverskridelse (Dolin & Goddixen, 2017; Klein, 2019). Den vigtigste skelnen ligger mellem *multidisciplinaritet* og *interdisciplinaritet*. I den første form vil flere fag bidrage individuelt til et fælles tema eller problem hvilket allerede sker

i vid udstrækning på alle trin i det danske uddannelsessystem. Ved den anden form for tværfaglighed arbejdes med en fælles, overordnet problemstilling som fagene bidrager til og underordner sig, og der kan være forskellige grader af opløsning af fagstrukturen. Denne artikel koncentrerer sig om den sidste form for tværfaglighed hvor det vigtigste i undervisningen ikke er fagene, men sagen. Det er vurderingen af hvorvidt sagen skal have prioritet over fagene i (dele af) uddannelsessystemet, der er i centrum i artiklen, og dette hænger uløseligt sammen med de formål der opstilles for uddannelserne, og de forskellige uddannelses- og undervisningsstrukturers evne til at opfylde disse formål.

## Hvorfor skal unge have naturfag?

Argumenterne for at børn og unge skal have naturfag, er traditionelt samlet i fire grupper (Sjøberg, 1998):

- Økonomiargumentet (forberedelse til arbejde og uddannelse i højteknologisk samfund).
- Nytteargumentet (praktisk mestring af dagligdagen).
- Demokratiargumentet (grundlag for meningsdannelse og deltagelse i demokratiet).
- Kulturargumentet (naturvidenskaben er en vigtig del af vores kultur).

Herudover nævner Svein Sjøberg at naturfagene – i lighed med andre fag – kan stimulere nysgerrighed, kreativitet og fantasi, og vælger at medtage disse sider under de to sidste kategorier. Sjøberg betegner de to første kategorier som *instrumentelle*, dvs. de er midler til at nå andre mål, mens de to sidste bliver kategoriseret som *dannelsesperspektiver* idet de har værdi i sig selv ved at bidrage til et meningsfuldt liv for den enkelte. Efter en grundig analyse af de fire grupper konkluderer Sjøberg (s. 182) at hvis naturfagene skal have en almendannende funktion, så skal vægten lægges på demokrati- og kulturargumenterne – med de konsekvenser det vil have for det faglige indhold i skolefagene.

Sjøbergs instrumentelle formål med naturfagene svarer til den *Vision 1* for alment orienteret naturfag (scientific literacy) som den canadiske professor Douglas Roberts (2007) opstiller. Han finder syv forskellige formålsbetoninger for naturfagene hvoraf de tre kigger “inward towards science” som han kalder *Vision 1*, og de fire kigger “outward from science to a larger world of human affairs” hvilket han kalder *Vision 2*.

Jeg vil senere udfolde dannelsesforståelsen, men først vise hvorledes arbejdet med at udforme en *national naturvidenskabsstrategi* illustrerer de to forskellige sæt argumenter for at børn og unge skal have naturfag.

En bred politisk aftale af 3. juni 2016 om styrkede gymnasiale uddannelser (Un-

dervisningsministeriet, 2016) indeholdt også et krav om at udarbejde en naturvidenskabsstrategi. Hermed mentes der en strategi for udviklingen af *undervisningen* i naturvidenskab, dvs. naturfagene – ikke i naturvidenskaberne selv. En ministerielt udpeget *strategigruppe* bestående af 44 personer der repræsenterede et bredt udvalg af organisationer og fagmiljøer med interesse i de naturvidenskabelige uddannelser, blev under ledelse af et formandskab sat til at udforme et forslag til strategien. Arbejdet var baseret på et kommissorium af 26. september 2016 (Bohm et al., 2017, bilag A) der fastsatte at strategien inden for en overordnet fælles ramme skal:

- “Styrke den naturvidenskabelige almendannelse hos alle børn og unge (dagtilbud, grundskole og ungdomsuddannelse), herunder særligt i lyset af den teknologiske og digitale udvikling, som præger samfundet og vores hverdag. Den enkeltes evne til individuelle valg og deltagelse i samfundsmæssige beslutninger, der involverer natur og teknologi, skal styrkes.
- Fremme, at piger og drenge i dagtilbud bliver nysgerrige på samt får forståelse og interesse for naturen og naturfænomener samt får en tidlig naturfaglig dannelse.” (Ibid., s. 4)

Her er det tydeligt at dannelsesperspektiverne er i forgrunden, og strategigruppen arbejdede da også med dette for øje. Der blev afholdt bilaterale møder med udvalgte interessenter (faglige foreninger, KL, uformelle miljøer m.m.), der blev som baggrundsviden bestilt tre videnskortlægninger, og der var input på en hjemmeside – alt i alt et meget grundigt arbejde med bred accept fra hele sektoren. Rapporten *Sammen om naturvidenskab* (Bohm et al., 2017) blev indsendt til ministeren den 2. juni 2017, og i overensstemmelse med kommissoriet havde den vægt på at styrke almendannelsen og interessen for naturvidenskab, bl.a. gennem en række konkrete forslag til at styrke didaktikken og tværfagligheden. Den 15. juni 2017 svarer ministeren formandskabet at hun har “...nedsat en lille rådgivningsgruppe med forskere og praktikere, som skal give deres vurdering af de afgivne anbefalinger og rådgive mig om prioritering og konkretisering af anbefalingerne”.

Ministerens rådgivningsgruppe bestod af tre fysikere fra Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet, en folkeskolelærer og en gymnasielærer. Gruppens anbefalinger (Undervisningsministeriet, 2017) går i en noget anden retning end strategigruppens. De anbefaler bl.a. at der “...skal være fokus på at styrke undervisernes engagement og passion for deres fag gennem et stærkt fokus på kernefaglighed frem for didaktik” (ibid., s. 2), og at ministeriet “justerer det faglige indhold i natur/teknologi, biologi, geografi og fysik/kemi med fokus på at styrke det kernefaglige indhold...” (ibid., s. 5).

Den endelige nationale naturvidenskabsstrategi kom 18. marts 2018 (Undervis-

ningsministeriet, 2018), og den lægger sig i sin formålsformulering mere op ad rådgivningsgruppen end ad strategigruppen idet den i sin indledning skriver at:

“Vi har brug for børn og unge, der har dybe kundskaber inden for naturvidenskab, og som kan omsætte deres viden til resultater, produkter og løsninger.

...

Naturvidenskab og teknologi er en vigtig nøgle til Danmarks fortsatte vækst og velfærd. Og så er naturvidenskab en spændende vej at gå for hver enkelt ung, der vælger at uddanne sig inden for området og senere omsætte sin viden på arbejdsmarkedet i Danmark og i hele verden” (ibid., s. 5).

Her er Sjøbergs instrumentelle kategorier klart i forgrunden. De naturvidenskabelige fag ses samlet set som vigtige for den økonomiske udvikling, og de enkelte uddannelsesstrin ses som rekrutteringsbaser for de næste – for til sidst at kunne øge rekrutteringen til de teknisk/naturvidenskabelige uddannelser.

Selve forløbet er desuden interessant – og urovækkende. Det er et problem for ethvert felt, her uddannelsesområdet, hvis forskningsforankrede og vidensbaserede anbefalinger der nyder bred tilslutning i feltet, fejes til side af en minister på baggrund af anbefalinger fra nogle af ministeren håndplukkede personer uden grundlæggende kendskab til feltet. Holdningsbaserede beslutninger vil så i stigende omfang præge uddannelsespolitikken.

## Hvorledes kan naturvidenskabelig dannelse forstås?

Både strategioplægget og den nationale naturvidenskabsstrategi taler om naturvidenskabelig dannelse, så for at kvalificere debatten er det nødvendigt at definere hvad vi forstår ved naturvidenskabelig dannelse, og her er det nyttigt først at afdække hvilke målkategorier der er i spil i det danske uddannelsessystem. Ultrakort beskrevet strides de tre formål *kompetence*, *viden* og *dannelse* om magten (se Dolin (2017) for en grundigere analyse). Viden og dannelse er de traditionelle formål som blev stærkt presset ved kompetencediskursens indførelse omkring årtusindskiftet. Hvor viden primært er en *indholdskategori*, og kompetence primært er en *handlingskategori* (evnen til at bruge viden i konkrete kontekster), så er dannelse en *personlighedskategori* der beskriver hvorledes den opnåede viden og de tillærte handlinger har påvirket den lærendes holdninger og meninger. Jeg vil her referere til den definition på naturvidenskabelig dannelse som er anvendt i rapporten om naturvidenskabelig almindelse i gymnasiet (Dolin et al., 2016), hvilket er den samme definition som lå til grund for strategigruppens arbejde (Bohm et al., 2017, s. 15). Her beskrives naturvidenskabelig almindelse som bestående af tre dimensioner:

- En *vidensdimension* (indholdsaspektet)  
Viden om den naturbundne verden og dens mangfoldighed og helhed og forståelse af naturvidenskabens nøglebegreber og principper og evne for naturvidenskabelig tænkemåde.
- En *perspektiveringsdimension* (kritiske refleksioner-aspektet)  
Forståelse af naturvidenskaberne som menneskeskabte projekter og hvad dette betyder for deres styrker og begrænsninger. At kunne anvende naturvidenskabelig viden til individuelle og samfundsrelaterede formål og se fagene i forhold til andre fagområder.
- En *personlighedsdimension* (identitetsaspektet)  
At tænke på naturvidenskab som vedkommende og relevant og at holde sig orienteret om naturvidenskab. Naturvidenskabelige værdier og attituder præger ens adfærd. Man bruger naturvidenskabelige fag til at udvide sin horisont med, som et refleksionsredskab til at tage stilling og danne meninger med og i sidste ende til at sikre at man kan agere med myndighed.

Det er personlighedsdimensionen der er den centrale bærer af dannelsen, og som adskiller dannelse fra det angelsaksiske begreb *scientific literacy*. Scientific literacy, som det fx defineres i det kanoniske projekt om naturvidenskabelig uddannelse med henblik på scientific literacy, *Project 2061/Science for All Americans* (AAAS, uå), handler om at forstå naturens mangfoldighed og naturvidenskabens nøglebegreber og principper, at evne naturvidenskabelig tænkemåde, at forstå at naturvidenskab, matematik og teknologi er menneskeskabte projekter og hvad det betyder for deres styrker og begrænsninger, og at kunne anvende naturvidenskabelig viden og tænkemåde til individuelle og samfundsrelaterede formål. Alt sammen elementer der dækker de to første punkter af ovenstående definition, og som er en uddannelse til oplyst borger, det angelsaksiske *citizenship*. Det der er specielt ved dannelsesdimensionen, som et unikt centraleuropæisk/nordisk begreb knyttet til uddannelse, er dets fokuseren på det personlighedsformende i det faglige arbejde, at den lærende gennem arbejdet med det faglige også udvikler sin identitet. Det vil sige at ud over de elementer der indgår i scientific literacy, forholder eleven sig personligt til stoffet, man tænker på naturvidenskab som vedkommende og relevant, og naturvidenskabens værdier og metoder præger ens holdninger og handlinger, og man udvikler sig som menneske vha. naturvidenskaberne: Man bruger naturvidenskabelige fag til at udvide sin horisont med, til at tage stilling og danne meninger med: alt i alt til at muliggøre at man kan agere med myndighed.

Hele denne debat om formålene med uddannelserne og fagenes deraf følgende rolle

i arbejdet med sagen og deres muligheder for at fremme de unges dannelse udspiller sig forskelligt på uddannelsernes forskellige arenaer.

## Forskellige uddannelsesniveauer har forskellige problematikker og konflikter

Det er oplagt at balancen mellem integration af naturfagene og særfaglighed bør være forskellig på forskellige uddannelsestrin – afhængigt af formålene med at have fagene på de enkelte uddannelsestrin. Det synes også umiddelbart rimeligt at fagintegration – eller *integrated science* som det kaldes internationalt – er mere meningsfuld på grundskolens almendannende niveauer, mens den rene særfaglighed i højere grad kan passe på de videregående uddannelsestrin. Dette hænger sammen med en argumentation gående på at vægt på naturvidenskabelig dannelse bedst tilgodeses ved at eleverne arbejder med problemstillinger som både er samfundsmæssigt relevante og relevante og meningsfulde for eleverne, dvs. med Sjøbergs dannelseskategorier for øje og Roberts' Vision 2 som formål. I et dannende perspektiv bør det således være sagen der skal drive det meste af undervisningen, og det vil netop sige at arbejde fagintegreret.

Men det er en vigtig pointe at både fagintegration og særfaglighed er nødvendig på alle uddannelsestrin; det er vægtningen mellem de to måder at organisere naturvidenskabsundervisningen på der er forskellig.

## Naturfagene i grundskolen

Arbejdet med den nationale naturvidenskabsstrategi viste de forskelle der er med hensyn til hvilke formål man anser for vigtigst for naturfagene – og dette har konsekvenser for holdningerne til fagintegration. Strategigruppen argumenterede således for at:

“Naturvidenskabelig almendannelse og kompetence kræver i mange tilfælde en sammenhængende forståelse på tværs af fagene, hvilket bedst opnås gennem en sammenhængende undervisning i naturfagene.

Strategigruppens anbefalinger:

- Undervisningsministeriet igangsætter et 3-årigt forsøg med et nyt, integreret naturfag med henblik på at tilvejebringe et styrket beslutningsgrundlag for den fremtidige organisering af naturfags-undervisningen.
- De naturfagsdidaktiske forskningsmiljøer udfører følgeforskning og evaluerer løbende forsøgene.

- Professionshøjskolerne udvikler efter- og videreuddannelse for de deltagende naturfagslærere, således at forsøget bidrager til kapacitetsopbygning for de deltagende skoler.”

(Bohm et al., 2017, s. 8)

Den nationale naturvidenskabsstrategi vil starte forsøg med:

“Styrkelse af eksisterende digitale prøver i fysik/kemi, biologi og geografi. Det er vigtigt, at prøverne i naturfagene undersøger elevernes faglighed i dybden. Der er et behov for, at prøverne styrkes. Derfor skal de eksisterende digitale prøver i de tre naturfag udvikles på forsøgsbasis med det formål, at eleverne prøves mere dybdegående og bredt fagligt. Forsøget kan blandt andet indebære en udvidelse af de eksisterende enkeltfaglige prøvers varighed og opgaveantal.” (Undervisningsministeriet, 2018, s. 16)

Strategigruppen tager således konsekvensen af at skulle fremme naturfagenes almendannende formål ved at foreslå uddannelsesmæssige ændringer der muliggør en mere sagsorienteret og for eleverne meningsfuld undervisning. I modsætning hertil følger ministeren rådgivningsgruppens anbefalinger om at styrke særfagligheden, endda ved at styrke det enkeltfaglige testregime. Selv mere fornuftige, fx mere valide, enkeltfaglige prøver vil i praksis mindske vægtningen af at arbejde ud af fagene og dermed kunne svække naturfagenes almendannende elementer.

## Gymnasiet

Også gymnasiet er præget af den aktuelle politiske tendens til at ville styrke enkeltfagene og en tilsvarende uvilje mod fagintegration. 2005-reformen af ungdomsuddannelserne indførte tvungne tværfaglige elementer såsom det markante almenstudieforberedelse der skulle fylde 10 % af den samlede undervisningstid. Denne konstruktion er nedlagt i 2016-reformen, og tværfagligheden er nu lagt ud i fagene som udtryk for en re-traditionalisering hvor fagene konstituerer fagligheden.

## Videregående uddannelser

På de videregående uddannelser er fagspecialiseringen naturligt nok større således at selv basisfagene er opdelt i discipliner der studeres selvstændigt. Her er det dybden, eller det snævre blik, der er i centrum. Men netop derfor er en evne til at se ud over faget vigtig – både af dannelseshensyn og af hensyn til senere jobparathed. Jeg har siddet til en del møder i aftagerpanelerne for fagene på det naturvidenskabelige fakultet ved Københavns Universitet, og mens alle roste kandidaternes dybe faglighed,

blev der udtrykt ønske om bedre såkaldte T-kompetencer, nemlig evnen til at kunne forbinde sin faglige viden med andre fag.

Men der er næppe tvivl om at netop på de videregående uddannelser har studier på tværs af faggrænser svære vilkår. På Københavns Universitet havde et fireårigt forsknings- og udviklingsprojekt, *Tværfaglige og tværfakultære uddannelser* (<https://www.ind.ku.dk/english/interdisciplinarity/>), til formål at styrke den tværdisciplinære undervisning og uddannelse på universitetet. Ved at undersøge en række tværfakultære studier blev det tydeligt hvor vanskeligt det var at realisere egentlig fagintegration på tværs af faglige – og ikke mindst administrative – barrierer. Undervisernes forskellige fagopfattelser og forskningstilgange betød at det ofte var op til de studerende at etablere den ønskede integrerede forståelse, og flertallet af de involverede i tværfakultære uddannelser som deltog i interviews, oplevede udfordringer af administrativ eller økonomisk karakter som satte barrierer for undervisningen eller den form for tværdisciplinæritet som var intentionen med uddannelserne (Nielsen & Nielsen, 2017).

## Om fag og fagopdeling

Arbejdet med at finde den rette balance i uddannelsessystemet mellem enkeltfag og forskellige former for fagligt samspil er lige så gammelt som fagene selv – og kan egentlig føres tilbage til fagenes oprindelse. Jeg vil derfor kort undersøge hvad man kan forstå ved fag, for derefter at angribe fagopdelingen fra en systemteoretisk og fra en magt- og identitetsorienteret synsvinkel.

### *Hvad er fag, og hvad er formålene med fag?*

Et fag udgør en organisering af viden og måder at opnå viden på som tilbyder en bestemt optik på verden og dens problemstillinger (Dolin & Goddixen, 2017, s. 540). Prisen for at bruge denne specielle, langtseende optik er de begrænsninger som den giver på grund af fagets indsnævrede synsfelt. Mange politikere og naturvidenskabsfolk argumenterer for at disse fagoptikker også vil hjælpe elever og studerende der ikke skal have naturvidenskab senere i livet, til at kunne forholde sig struktureret til de mangfoldige problemer der fordrer naturvidenskabelig indsigt. Hovedspørgsmålet i en fagintegrationssammenhæng er selvsagt dels om dette er rigtigt, dels om de mange optikker er en hensigtsmæssig måde at få elever til at tilegne sig en sammenhængende forståelse af deres omverden på. Der er (mig bekendt) ikke forskning der underbygger det første, men ganske meget der tyder på at naturvidenskab (ligesom al anden videnskab) der er lært i en dekontekstualiseret skolesammenhæng, sjældent bruges i senere livssituationer (Ryder, 2001). Der vil senere i artiklen blive argumenteret for – den ret logiske påstand – at en sammenhængende forståelse bedst opnås gennem en sammenhængende undervisning.



De fleste af skolens fag er knyttet til et videnskabsfag og er ofte en nedskalering af dette såkaldte *basisfag* til et niveau der passer til det pågældende uddannelsesstrin, mens andre kan være knyttet til et erhvervsområde eller et kunstnerisk udfoldelsesfelt. Denne nedskalering kaldes inden for især den franske didaktiktradition for den første *didaktiske transposition* (hvor den anden didaktiske transposition er overføringen af uddannelsesfaget til den konkrete klasse) (Winsløw, 2006). Denne forståelse af fag kan ses som udtryk for en såkaldt *pipeline*-opfattelse hvor fagene ses som fødekæde til næste niveau i uddannelsessystemet med studiet af basisfagene som endemål (Feinstein et al., 2013). Fagene lukker sig her om sig selv og udgør i vid udstrækning i sig selv formålet med naturfagsundervisningen. Fagene kan godt have overordnede formålsformuleringer om dannelse og samfundsrelevans, og det har de fleste, men i en pipeline-tilgang vil det i sidste ende handle om at sikre at fagene læres som selvstændige enheder – altså i overensstemmelse med Roberts' Vision 1.

Den vestlige verdens lande arbejdede for 10-25 år siden på at udvikle deres obligatoriske naturfagsundervisning i retning af *scientific literacy* og *science for all* i overensstemmelse med Roberts' ovennævnte Vision 2. Således viste et OECD-studie af 23 casestudier fra 13 lande af innovationer i science-, matematik- og teknologiuddannelse at alle landene udviklede deres curriculum i retning af mere praksis-orientering og mere integration mellem fagene (Atkin, 1998). Det ser nu ud til at være ved at vende så "...mange naturvidenskabsfolk og policy-makers vender deres opmærksomhed bort fra naturvidenskabens rolle i hverdagslivet og argumenterer for større fokus på den såkaldte pipeline: forberedende (preprofessional) uddannelse som afleverer naturvidenskabsklare elever til gymnasier og universiteter" (Feinstein et al., 2013, s. 314).

Evalueringen af grundskolens naturfag kan tjene som eksempel på denne udvikling. Her er der en fællesfaglig prøve som tester elevernes evne til at bruge fagene på problemstillinger der rækker ud over de enkelte fags kerneområder, men samtidig har man en udtræksprøve som tester fagspecifik viden – for at sikre at fagene læres i deres egen ret.

Det er i denne sammenhæng interessant at hvis fagene skal være aktuelle og afspejle udviklingen i de videnskabelige samfund, så skal fagene udvikle sig væk fra basisfagene, og det vil uvægerligt medføre en større integration. Denne tendens er ikke ny. Et OECD-studie viste fx at de traditionelle faggrænser ikke afspejlede datidens behov, og at videnskabelig forskning i stigende grad var blevet integreret på tværs af traditionelle faggrænser (Atkin, 1998). Denne tendens er siden accelereret. I et interview 20. august 2018 udtaler Eske Willerslev således at "Den vigtigste udvikling inden for naturvidenskaberne sker mellem fagene". Eske Willerslev er leder af et af de mange tværvidenskabelige centre der op gennem 2000-årene er oprettet på Københavns Universitet for at være i stand til at indfange den frontforskning som ikke passer ind i de eksisterende organisatoriske (faglige) rammer.

### *Fagene som selvstændige systemer*

Lige så snart man opdeler viden i fag, i selvstændige enheder, vil disse enheder udvikle deres egen logik og berettigelse, på mange områder uafhængigt af hvorledes man uden for fagene betragter verden, og dermed også uden at kunne give den sammenhæng som man uden for fagene ser i verden. Denne systemiske lukkethed er på et teoretisk niveau begrebsat af Luhmanns systemteori (Luhmann, 2000). Denne teori er omfattende og kompleks, men en af styrkerne i teorien er dens beskrivelse af forholdet mellem system og omverden. Hvis faget ses som et (socialt) system, og omverdenen som alt andet, dvs. andre fag, uddannelsessystemet, virkeligheden, så er de to begreber *autopoiese* og *selvreferentialitet* centrale. Autopoiese vil sige at systemerne er selvskabende ud fra egne ressourcer; de udvikler sig i forhold til deres egen logik. Selvreferentialitet betyder at de er lukkede systemer der reproducerer sig selv og skaber sig selv i sig selv uden direkte påvirkning fra omverdenen. Men de kan på den anden side ikke overleve uden omverdenskontakt – derfor betinges denne lukkethed af en selektiv åbenhed. Systemet kommunikerer med omverdenen ved hjælp af systemets egne begreber og værdier.

I denne forstand udgør de enkelte naturvidenskabelige fag – som alle fag – et luhmannsk system. Lærerne er uddannet i fag, de efteruddannes i fag, skolen er struktureret om fag, lærerne er organiseret i faglige foreninger, og der afholdes fagspecifikke konferencer og udgives fagtidsskifter, begge med såvel fagfagligt som fagdidaktisk indhold.

Denne systemiske lukkethed har nogle klare fordele i forhold til fagenes egenudvikling som kan foregå effektivt inden for systemet selv, kun følgende systemets egen logik. Men i forhold til personer der er uden for fagene, og i forhold til at bruge fagene uden for sig selv er der oplagte ulemper. Disse ulemper kan til dels imødegås ved at lade fagsystemerne være delsystemer af et større system således at de får nogle nye kommunikative muligheder. Det er muligt fordi fagene kan samles i faggrupper der har en lang række fællestræk, på universiteterne samlet i fakulteter, således at fx de naturvidenskabelige fag samles i et naturvidenskabeligt fakultet, og naturfagene i indskolingen i et integreret sciencefag.

### *Naturfagenes fællestræk*

De naturvidenskabelige fag – traditionelt betragtet som fysik, kemi, biologi og (natur) geografi – bliver generelt opfattet som en sammenhængende fagblok med en lang række fællestræk hvilket på alle uddannelsesstrin har manifesteret sig i forskellige tiltag og bestemmelser der netop skal fremme og understøtte fagenes fællestræk. I grundskolen er der ens kompetenceområder, ens kompetencemål og ens generelle færdigheds- og vidensmål for naturfagene, og der er i udskolingen formuleret seks fællesfaglige fokusområder og indført en fællesfaglig prøve. Gymnasiet har et fælles

naturvidenskabeligt grundforløb, og de naturvidenskabelige fag har meget ens formålsformuleringer og kompetencer. På de videregående uddannelser er fagene samlet på samme fakultet, nogle universiteter har en fælles basisindgang til fagene, og der er fælles moduler på tværs af studierne. I en didaktisk sammenhæng er det desuden vigtigt at det giver mening at tale om en fælles naturfagsdidaktik, en *naturfaglig områdedidaktik*, bl.a. begrundet i fællestræk ved brug af sprog, forklaringsmodeller og teorier og det at være fælles om det praktiske arbejde som en central arbejdsform (Sørensen et al., 2004). Dette understøttes af en række didaktikbøger for naturfagene som helhed (Krogh & Andersen, 2016; Jorde & Bungum, 2003).

Det er ligeledes karakteristisk at naturfagene i internationale sammenhænge omtales under et, ofte sammen med matematik, teknologi og ingeniørvidenskab under forkortelsen STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Bag dette rammeværk er der tydeligvis en række stærke politiske og økonomiske interesser, som beskrevet af Jette Reuss Schmidt (2017), men i et didaktisk perspektiv er det meningsfuldt at samtænke naturfagene med matematik, teknologi og engineering (Sillasen, Daugbjerg & Nielsen, 2017). Dette er også på dagsordenen i en række aktuelle udviklingsprojekter som fx Engineering i Skolen, som oven i købet har udviklet en engineering-didaktik (Auener et al., 2018).

Netop fordi naturfagene har mange fællestræk, har de konstitueret et samlet system i luhmannsk forstand. Der er internationalt set både en lang række tidsskrifter og konferencer for naturfagene som et hele, ligesom der i Norden og i Danmark er konferencer (Big Bang, DASERA-seminarer, Nordiske Forskersymposier) om undervisning i naturfag og tidsskrifter (MONA, NorDiNa) som samler naturfagene under et.

Der er således såvel epistemologisk som genstandsmæssigt og systemisk belæg for at udvikle et samlet sciencefag, gerne med elementer af teknologi og engineering.

### *Fordelene ved at integrere naturfagene*

Fagopdelt undervisning har den klare styrke at den har været der altid og derfor er veludviklet og velkendt. Kolossale mængder af viden er samlet i fagene og transponeret ud i fagenes lærebøger, og som beskrevet ovenfor er hele uddannelsessystemet opbygget om fag der udgør sammenhængende systemer i et traditionelt fagopdelt curriculum.

Men som allerede Hirst (1974) forklarede, begrænser fag elevernes tankegang og udvikling ved at kunstiggøre og fremmedgøre læreprocesserne sammenlignet med deres livserfaringer (her efter Venville et al., 2002, s. 51). Mange forskere har konkluderet at elevernes faldende interesse i og motivation for naturfag i vid udstrækning skyldes at naturvidenskaben præsenteres som en samling dekontekstualiserede og værdifri kendsgerninger som ikke er linket til elevernes egne erfaringer (Osborne, Simon & Collins, 2003). Dette hænger sammen med den ofte påpegede kendsgerning at vores (om)verden ikke er opdelt i fag, og langt de fleste centrale og aktuelle problemstillinger

ikke meningsfuldt kan bearbejdes ved hjælp af kun ét fag. Hvis formålet med at lade eleverne have naturvidenskab i skolen er at de kompetent kan forstå og forholde sig til samfundsmæssige og personlige problemstillinger med et naturvidenskabeligt indhold, altså Roberts' Vision 2 og Sjøbergs dannelsesperspektiver, så er det nødvendigt at fagene arbejder sammen. Eller som Bodil Nielsen og Kjeld Nørgård (2017) skriver i deres bog *Det fælles i naturfagene* om de tre naturfag i grundskolen:

“Når eleverne skal forstå komplekse situationer fra den nære eller fjerne omverden, skal de bruge viden fra alle tre fagområder. [Hvis de] fx [skal] forstå nogle af de sammenhænge, der har betydning, da en flodbølge ramte et japansk atomkraftværk ...: Geografi kan forklare, hvorfor flodbølgen/tsunamien opstod, fysik/kemi kan forklare, hvorfor værket brød sammen pga. flodbølgen, og hvorfor der opstod sundhedsfarlig stråling, og biologi kan forklare, hvad der sker, når mennesker udsættes for store mængder stråling” (s. 20).

Og videre:

“Fagene er altså komplementære i den forstand, at de hver for sig bidrager til et samlet billede og dermed kan give eleverne en sammenhængende forståelse. En sådan sammenhængende forståelse kan føre videre til, at eleverne erkender, hvordan naturvidenskab generelt har betydning for både, hvordan vi indretter verden, og hvordan vi forstår den” (s. 20).

Det virker således sandsynligt at hvis man arbejder overvejende fagintegreret og dermed lader en sag være den røde tråd i undervisningen, så vil indholdet i højere grad end ved fagopdelt undervisning være samfundsmæssigt eller personligt relevant. En række forskningsrapporter bekræfter dette.

Den vel mest grundige analyse af integrated science er foretaget af *The Committee on Integrated STEM Education* nedsat af The National Academy of Engineering og The Board on Science Education of the National Research Council (Honey, 2014). Komiteen identificerede og karakteriserede eksisterende tilgange til integrated science (STEM) i USA og undersøgte evidensen for den integrerede tilgangs betydning for forskellige parametre såsom interesse, læringsudbytte, studieparathed og rekruttering til STEM-uddannelser. Om indholdet i integreret science fandt de: “... the committee's review of programs finds problem solving to be a common element of many integrated approaches to STEM learning” (s. 136).

Tilsvarende konkluderer Venville et al. (2012) på deres review af en lang række eksempler på forskellige versioner af integrated science at fagintegrationen typisk sker i en kontekst hvor der linkes til den omgivende verden og elevernes personlige erfaringer.

Ud over de faglige hensyn til at eleverne lærer noget for dem og samfundet relevant, er der en lang række andre argumenter for at arbejde fagintegreret:

**Samfundsmæssige:** Evnen til at forbinde og tænke på tværs er essentiel i personlige, civilsamfundsmæssige og arbejdsmæssige sammenhænge.

**Synergimæssige:** Der er mulighed for en række både tidsmæssige, omfangsmæssige og erkendelsesmæssige besparelser ved at arbejde med et problem eller en emnekreds således at de samme begreber og processer ikke skal introduceres i flere fag.

**Pædagogiske/motivationsmæssige:** Det er motiverende at arbejde med en realistisk, kompleks problemstilling – den udfordring der ligger i at kunne forfølge et problem uhindret af faggrænser, kan drive en læreproces og modvirke en ellers splittet hverdag. Således fandt Honeys (2014) litteraturreview at integrerede STEM-uddannelser kunne give positiv interesse for og identitet i forhold til naturfagene (ibid., s. 142). Åström (2008) henviser ligeledes til forskning som viser at “...integrated Science motivates student interest in Science to a greater extent than subject specific Science and they also agreed on that integrated Science adjusts to student interests better than subject-specific Science” (s. 59).

**Læringsteoretiske:** Arbejde på tværs af faggrænser vænner eleverne til det perspektivskifte som er nødvendigt for at kunne bruge den erhvervede viden i nye sammenhænge. Graden af transfer af en given viden og kompetence øges nemlig med antallet af links til andre kontekster og dermed med graden af kompleksitet i lærings-situationen (Perkins & Salomon, 1988).

**Holdningsmæssige:** Ved at arbejde på tværs af fag ændrer såvel elever som lærere deres opfattelse af og holdninger til fagene og deres betydning.

Ovenstående ret snusfornuftige betragtninger om integration mellem de naturvidenskabelige fag og de generelle argumenter for at arbejde fagintegreret er i overensstemmelse med de begrundelser for integrated science der fremføres i *Handbook of Research on Science Education* (Czerniak, 2007) og Eurydice-rapporten *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research* (EACEA, 2011, specielt s. 59 ff). Her lægges vægt på at “integration seems to make ‘common sense’ or have ‘face validity’” (Czerniak, 2007), og at “in real life knowledge and experience are not separated into distinct subjects” (EACEA, 2011).

Når dette sammenholdes med de tidligere nævnte mange fællestræk mellem naturfagene, er der stærke argumenter for at integrere naturfagene på de almindelige uddannelsesniveauer så meget som muligt, gerne i form af ét integreret sciencefag.

## Måder at gøre det på

Der er utallige måder at organisere fagintegration på. Den tidligere omtalte rapport *STEM Integration in K-12 Education* udarbejdet for National Academies of Science (Ho-

ney, 2014) opstiller en model for integrated science som bl.a. indeholder en sektion om indhold af og form for integrationen. Her skelnes mellem typer af forbindelser mellem fagene; graden af vægt på enkeltfag samt varighed, omfang og kompleksitet af integrationsindsatsen. I deres masteropgave har Christina F. Binau og Dorte Salomonsen (2018) en grundig gennemgang af elementer der kan indgå i en analyse af integreret naturfag, og ved hjælp af den opstillede model analyserer de grundigt erfaringerne med integrated science i Irland og Norge, ligesom de perspektiverer resultaterne til de danske fællesfaglige elementer i naturfagsundervisningen.

Hvilken form for integration der er bedst, vil selvsagt afhænge af de formål der opstilles for uddannelsen, ligesom det vil være nødvendigt at følge og evaluere uddannelsen for løbende at kunne tilpasse den de givne betingelser.

Det er vigtigt at understrege at et integreret naturfag ikke skal være en sammenstykning af enkeltfag. Enkeltfagene ser virkeligheden med forskellige perspektiver som hver især er nyttige. Men hvis disse perspektiver skal give eleverne et sammenhængende hele, skal udgangspunktet ikke være fagene, men den givne sag. Dette betyder dog ikke at fagene ikke findes i fagintegrerede uddannelser, eller at eleverne ikke kan eller skal lære fagspecifik viden, sprogbrug osv. Den relevante faglige viden skal blot underlægges det problem som man aktuelt arbejder med. Det er simpelthen uhensigtsmæssigt i et uddannelsessystem først at fylde elever med viden for så at tro at de senere kan anvende den. Viden skal tilegnes i faglige processer som indbefatter anvendelse i forskellige sammenhænge og personlig stillingtagen til det lærte. Dette understøttes af nyere læringsteori om situeret læring (Dolin & Kaspersen, 2017, specielt s. 165 ff) som netop påpeger hvorledes det lærte afhænger af situationen hvori det er lært.

Graden af integration bør være stor på de lavere klassetrin og gradvist mindskes hen mod de videregående uddannelser. I grundskolens indskoling skal den nuværende integration i form af faget natur/teknologi bibeholdes, men der bør arbejdes hen imod en høj grad af integration i udskoling, gerne i form af ét sciencefag, som foreslået i *Sammen om naturvidenskaben* (Bohm et al., 2017). Dette sciencefag kunne gerne fortsætte i første klasse i stx (ligesom i Norge) for i de sidste klasser at splittes op i enkeltfag med henblik på at forberede til videregående studier. Også på de videregående uddannelser ville det være nyttigt hvis der første år på fagstudierne var et bredere integreret fagmodul som, måske i form af cases der involverer flere fag, også gerne humanistiske og samfundsvidenskabelige, giver de studerende en forståelse af nødvendigheden af at kende og kunne arbejde sammen med andre fag. Dette vil dels kunne lette et tidligt studieskift inden for de naturvidenskabelige fag, dels kunne øge jobparathed.

## *Hvad ved vi om effekten af at integrere naturfagene?*

Megen evaluering af elevers udbytte af undervisningen måler på let målbare effekter såsom begrebsforståelse, konkret viden og enkle procedurer. Dette er også et vigtigt udbytte af al undervisning og lettere at måle end sammenhængende forståelse, kompetencer og holdninger. Men pointen ved integreret naturfag er at den skal give eleverne en brugbar helhedsforståelse og et bidrag til deres dannelse – elementer der er svære at måle. Det er især svært at sammenligne effekten af forskellige organiseringer af undervisningen, netop fordi de valgte effektmål ofte er forskellige og ikke tilpasset de konkrete formål (Honey, 2014, s. 141).

Der er en lang række forskningsresultater som behandler læringsudbyttet ved integreret naturfag; se fx Binau og Salomonsen (2018, s. 26 ff) og Venville et al. (2012, s. 743 f). I et dansk forskningsreview konkluderer Nielsen et al. (2017, s. 33 f):

“De få eksisterende undersøgelser af omfattende forsøg på at integrere naturfagene i et curriculum indikerer (...), at et integreret naturfagscurriculum kan lede til større læringsudbytte og styrkelse af de affektive dimensioner (...). Mindre tværfaglige forløb har dog også potentiale til at styrke elevers motivation.”

Uanset disse forskningsresultater er pointen at hvis formålet med naturfagene på de almene niveauer er at motivere eleverne til at engagere sig i naturvidenskabeligt prægede problemstillinger af vigtighed for dem selv og samfundet og give dem kompetencer til at bearbejde sådanne problemstillinger, så vil et integreret naturfag kunne gøre det mindst lige så godt som den nuværende fagopdeling – og sandsynligvis bedre.

## **Forhindringer for at realisere fagintegration**

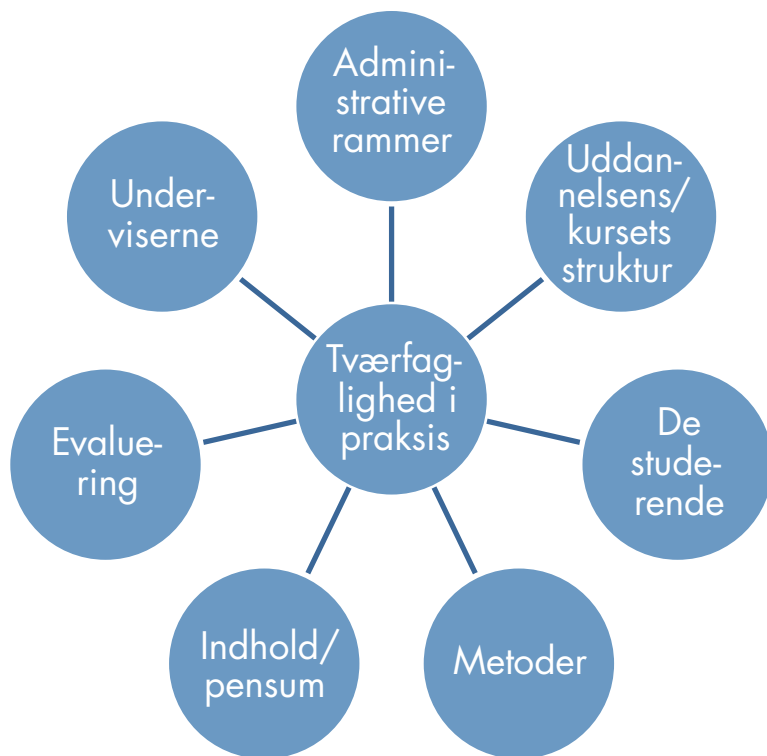
Det er altid vanskeligt at ændre det eksisterende. Det gælder især de sammenhængende systemer som fag udgøres af.

### *Uddannelsers kompleksitet og tilknyttede fagsyn og interesser*

At erstatte enkeltfag på en uddannelse med et integreret modul vil kræve en omfattende re-organisering af hele uddannelsen, fra styredokumenter og administrative forhold over den enkelte uddannelsesinstitutions opbygning til klasserummet og undervises og elevers og studerendes opfattelser, læreruddannelserne m.m.

Det tidligere omtalte projekt *Tværfaglige og tværfakultære uddannelser* ved Københavns Universitet arbejdede gennem hele projektforløbet med spørgsmålet: *Hvor sidder tværfagligheden?* Spørgsmålet blev illustreret med nedenstående figur der viser nogle af de mange elementer der kom i spil når tværfaglige uddannelser skulle realiseres.





**Figur 1.** Hvert af de viste elementer var specielt indrettet efter fag. Specielt et vigtigt område som evaluering viste sig afgørende for integrationens succes. Det var fx ofte vanskeligt at finde censorer der kunne bedømme de ønskede kompetencer.

Også for de fællesfaglige elementer i folkeskolens naturfag er den fælles afgangsprøve en udfordring. Selvom flertallet af lærerne anser den fælles prøve for en god ide, så er der 29,3 % som er overvejende uenige heri (Krogh & Daugbjerg, dette nummer af MONA). Her er det en vigtig pointe at "...markant negative lærerholdninger (er) tydelige og klart forbundet med en læreropfattelse af at den nye fællesfaglighed ødelægger faget og fagligheden. Bekymringen kommer tydeligst til udtryk hos fysik/kemilærere i samplet." Forfatterne fornemmer en konflikt mellem lærernes traditionelle fagsyn (med vægt på faglig viden, forståelse og begrebsstruktur) og den nye fællesfagligheds forøgede vægt på naturfaglige kompetencer og problemhåndterende almindelse.

I et luhmannsk perspektiv er det ikke så underligt at lærernes fagopfattelser vanskeliggør accept af anderledes fagsyn, ligesom det også er klart at der er knyttet interessevaretagelse til et ønske om at bibeholde fagene som det centrale:



“... meget af hvad der sker i udskoling og ungdomsuddannelser, synes designet til at beskytte faginteresser (...), og dette kunne forklare hvorfor integration af læreplaner og samarbejde på tværs af faggrænser er så svært at opnå” (Venville et al., 2002, s. 54, egen oversættelse).

### *Enkeltfag har højere status end integrerede fag*

Den engelske sociolog Basil Bernstein (1971) skelner mellem to typer curriculum. Bernstein anvender curriculum i betydningen hvorledes fag og deres indhold bringes i relation til hinanden (ibid., s. 157 ff). Han skelner mellem curriculum hvor indholdet af et fag er isoleret fra andre fag; det har en *lukket* relation til andre fag i modsætning til fag hvor indholdet har en reduceret isolation fra andre fag; de siges at have en *åben* relation til andre fag. Den første type læreplaner kalder Bernstein *fagopdelt læreplan* (collection type) og den anden type for *integreret læreplan* (integrated type). Denne opdeling er således baseret på hvor skarpe *grænserne* er mellem fagene hvilket beskrives ved hjælp af *klassifikation* hvor et curriculum med en stærk klassifikation har skarpe grænser mellem fagene. Bernstein understreger også at stærk klassifikation skaber en stærk følelse af medlemskab og identitet inden for de enkelte elementer i curriculum (ibid., s. 159).

Hvis hele denne begrebsgymnastik anvendes på såvel naturfagene selv som på enkeltfag kontra fagintegration, så kan vi konstatere at indholdet i skolefag som matematik, fysik, kemi, biologi og geografi er afgrænset fra hinanden og andre fag, og de er derfor stærkt klassificerede. Stærkest klassificeret er uden tvivl matematik, hvorefter følger fysik og kemi og så igen biologi, og svagest klassificeret er geografi. I modsætning til fagenes stærke klassifikation er integrerede fag som “integrated science” svagere klassificerede fordi grænserne mellem delfagene er brudt ned.

Pointen er her at jo stærkere klassificeret et fag er, jo højere er dets status (Venville et al., 2002, s. 57). Derfor har matematik den højeste status efterfulgt af fysik og kemi og med biologi og geografi med den laveste status. Samtidig afhænger vilkårene for fagudvikling og -sammenlægning netop af fagenes klassifikation:

“... svækkede klassifikationer kan blive anset som forsøg på at bryde eller svække eksisterende monopoler ... Dette påvirker hele stemningen omkring udvikling og fremme af ny viden.” (Bernstein, 1971, s. 164)

Her ses måske en forklaring på at netop fysik/kemi-lærerne har den største modstand mod den fælles prøve i grundskolen.

Bernstein introducerer også begrebet *rammesætning* (frame) som udtryk for pædagogikken i forskellige curricula: “... rammesætningen refererer den grad af kontrol læreren og eleven har over udvælgelse, organisering og tempo af den viden der over-

føres og modtages i den pædagogiske relation” (ibid., s. 159, egen oversættelse). Det er således et udtryk for hvor styrende læreplanerne er, hvor detaljeret de er beskrevet, og dermed for hvor mange frihedsgrader lærer og elever har i den daglige undervisning.

Bernstein (1971, s. 156 ff) anfører at indholdet i integreret science ofte er mindre skarpt rammesat end i fagene. Det betyder at det politiske system har mindre indflydelse på og kontrol med et integreret sciencefag hvilket måske forklarer de senere års vægtning af det enkeltfaglige.

## Opsummering

Vægtningen af det fællesfaglige og det enkeltfaglige i naturfagene er grundlæggende et spørgsmål om hvilke formål der prioriteres i fagene, og hvorledes disse formål bedst opnås.

Der ligger bag vægtningen også forskellige opfattelser af hvad et fag er – om det er noget stabilt, nærmest ontologisk, der derfor skal bibeholdes som noget konstituerende for uddannelsessystemet, eller om det er noget historisk udviklet, socialt konstrueret, der kan opløses og tilpasses nye forhold. Disse opfattelser er tæt knyttet til fagenes relative lukkethed om sig selv og til de magtinteresser der er knyttet hertil.

Det er meningsløst at spørge om fagopdelt undervisning er bedre end integreret undervisning i naturfagene – uden straks at tilføje “bedst til hvad?” hvilket er tæt koblet til “bedst for hvem?”. Og her er vi i et felt som i vid udstrækning unddrager sig traditionel, randomiseret forskning. Det er derimod nødvendigt at argumentere for hvorledes formålene på konkrete uddannelser og uddannelsesstrin bedst realiseres – og her er der for de almindelige niveauer solide argumenter for at integrere naturfagene frem for at undervise i dem som individuelle fag hvis man vil tage de overordnede formål med uddannelserne alvorligt. I artiklens forståelse skal naturfagene i et dannelsesperspektiv forberede eleverne til at blive myndige borgere der med personligt engagement kan forholde sig til aktuelle og væsentlige problemstillinger der har et naturvidenskabeligt element. Det gøres bedst hvis naturfagene ikke læres som selvstændige enheder, men indgår integreret i arbejdet med den givne sag – med respekt for deres forskellige muligheder for at bidrage til helheden.

## Referencer

- AAAS (uå). *Project 2061*. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://www.aaas.org/programs/project-2061>)
- Atkin, J. M. (1998). The OECD study of innovations in science, mathematics and technology education. *Journal of Curriculum Studies*, 30(6), 647-660.

- Auener, S., Daugbjerg, P. S., Nielsen, K. og Sillasen, M. K. (2018). Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor. Aarhus: VIA. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen>)
- Bernstein, B. (1971). *Class, Codes and Control. Volume I. Theoretical Studies towards a Sociology of Language*. (lokaliseret 23/9 2018 på [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwi1j\\_38goPeAhUL3qQKHR\\_sDkMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Ffanekawarnapendidikan.files.wordpress.com%2F2014%2F04%2Fclass-codes-and-control-vol-1-theoretical-studies-towards-a-sociology-of-language-by-basi-bernstein.pdf&usg=AOvVaw1dZ-8673651Lgz66\\_PXF-o](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwi1j_38goPeAhUL3qQKHR_sDkMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Ffanekawarnapendidikan.files.wordpress.com%2F2014%2F04%2Fclass-codes-and-control-vol-1-theoretical-studies-towards-a-sociology-of-language-by-basi-bernstein.pdf&usg=AOvVaw1dZ-8673651Lgz66_PXF-o)).
- Binau, C. F. og Salomonsen, D. (2018). *Integreret naturfag i Danmark?* KU/IND. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://www.ind.ku.dk/publikationer/studenterserien/62-integreret-naturfag-i-danmark/>)
- Bohm, M., Salomonsen, D., Quistgaard, N., Binau, C. F., Wøhlk, E. B., Jensen, L. V. og Kronvald, O. (2017). *Sammen om naturvidenskab. Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag*. København: ASTRA (lokaliseret 23/9 2018 på <https://astra.dk/naturvidenskabsstrategi>).
- Christensen, B. K. (2018). FYMA – om integration af to fag. *MONA* 3, 7-24.
- Dolin, J., Jacobsen, L. B., Jensen, S. B., Johannsen, B. F. (2016). Evaluering af naturvidenskabelig almindelse i stx- og hf-uddannelserne. *MONA Forskningsrapportserie for matematik- og naturfagsdidaktik nr. 3*. 144s. (lokaliseret 23/9 2018 på <http://www.ind.ku.dk/mona/serie/2016-3>).
- Dolin, J. (2017). Dannelse, kompetence og faglighed. I: Dolin, J., Ingerslev, G. H. & Jørgensen, H. S. *Gymnasiepædagogik. En grundbog*. 3. udgave. København: Hans Reitzels Forlag. 29-54.
- Dolin, J. & Goddixen, M. P. (2017). Fag, hovedområder og fagligt samspil. I: Dolin, J., Ingerslev, G. H. & Jørgensen, H. S. *Gymnasiepædagogik. En grundbog*. 3. udgave. København: Hans Reitzels Forlag. 539-560.
- Dolin, J. & Kaspersen, P. (2017). Læringsteorier. I Dolin, J., Ingerslev, G. H., & Jørgensen, H. S. (red.). *Gymnasiepædagogik. En grundbog*. 3. udgave. København: Hans Reitzels Forlag. 156 – 208
- EACEA (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Brussels:Eurydice.
- Feinstein, N. W., Allen, S., Jenkins, E. (2013). Outside the Pipeline: Reimagining Science Education for Nonscientists. *SCIENCE*, VOL 340, p. 314-317.
- Hirst, P.H. (1974). *Knowledge and the curriculum: A collection of philosophical papers*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (Eds) (2014). *STEM Integration in K-12 Education. Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies of Science. Washington: National Academies Press (lokaliseret 23/9 2018 på <https://www.nap.edu/download/18612>)
- Jorde, D. og Bungum, B. (red.) (2003). *Naturfagsdidaktik*. Oslo: Gyldendal.

- Klein, J. T. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. I: Frodeman, R., Thompson, J. & Mitcham, C. (eds.). *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford: Oxford University Press.
- Krogh, L. B. og Andersen, H. M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. København: Frydenlund.
- Luhmann, N. (2000). *Sociale systemer*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Nielsen, A. K. og Nielsen, D. (2017). *Administrative og økonomiske muligheder og udfordringer*. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://www.ind.ku.dk/english/interdisciplinarity/materials/>)
- Nielsen, B. & Nørgaard, K. (2017). *Det fælles i naturfagene*. København: Samfundslitteratur.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Perkins, D. N. & Salomon, G. (1988). Teaching for Transfer. *Educational Leadership*, 46(1), 22-32.
- Rambøll Management Consulting (2018). *Statusnotat. Evaluering og følgeforskning. Indførelsen af den ny fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning form og indhold undervisningens form*. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf18/180319-statusrapport-faelles-naturfagsproeve.pdf>)
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. In A.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 729-780.
- Ryder, J. (2001). Identifying Science Understanding for Functional Scientific Literacy. *Studies in Science Education*, 36:1, 1-44.
- Schmidt, J. R. (2017). Tværfaglig undervisning i folkeskolens naturfag. Det virkelige liv og STEM-rammeværket. *MONA* 4, 89-92.
- Scott, D. (2008). *Critical essays on major curriculum theorists*. London: Routledge.
- Sillasen, M. K., Daugbjerg, P. & Nielsen, K. (2017). Engineering – svaret på naturfagenes udfordringer? *MONA* 2, 64-82.
- Sillasen, M. K. & Linderth, U. H. (2017). Tværfaglig undervisning i folkeskolens naturfag. *MONA* 3, 19-38.
- Sjøberg, S. (1998). *Naturfag som allmenndannelse*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Sørensen, H., Andersen, A.M., Busch, H., Hyllested, T., Nielsen, K., Sølberg, J. & Østergaard, L. (2004). Naturfagsdidaktik som områdedidaktik. I: Schnack, K. (red.). *Didaktik på kryds og tværs*. København: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Undervisningsministeriet (2016). *Aftale mellem regeringen, Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Liberal Alliance, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti og Det Konservative Folkeparti om styrkede gymnasiale uddannelser*. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/gymnasieaftalen/implementering>).
- Undervisningsministeriet (2017). *Rådgivningsgruppens anbefalinger til en naturvidenskabsstrategi*. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://uvm.dk/aktuelt/nyheder/uvm/2017/dec/171208-ny-naturvidenskabsstrategi-skal-styrke-dannelse-og-kernefaglighed>).
- Undervisningsministeriet (2018). *National naturvidenskabsstrategi*. Regeringen. (lokaliseret 23/9 2018 på <https://astra.dk/naturvidenskabsstrategi>).

- Venville, G., Wallace, J., Rennie, L.J. & Mallone, J. A. (2002). Curriculum integration: Eroding the high ground of science as a school subject? *Studies in Science Education*, 37, 43-83.
- Venville, G., Rennie, L.J. & Wallace, J., (2012). Curriculum Integration: Challenging the Assumption of School Science as Powerful Knowledge. In Fraser, B. J., Tobin, K. G. & McRobbie, C. J. (eds.). *Second International Handbook of Science Education*. Springer. 737-749.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske Elementer. En indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*. København: Biofolia.

## English abstract

*A current and lively debate in Denmark addresses whether science in school should be taught as an integrated science subject or as separate, individual subjects. But the fundamental question 'why should young people have science in school?' is rarely a premise in this debate. This article uncovers the consequences of this question if the answer is 'because they should be scientifically literate' by joining the international concept of scientific literacy with the special Danish/Nordic/Central European concept of Bildung (Danish: dannelse): conceptually, Bildung adds to scientific literacy aspects of personality formation and of making use of science in everyday life. The article argues for the necessity of integrating science to enable students better to cope with socio-scientific issues. It also identifies problems related to such integration due to the closedness of subjects, in a Luhmannian sense, and to the higher status of individual subjects compared to integrated science, as described by Bernstein. Finally, the article presents some ideas for integrating science at various educational levels, acknowledging the role of the individual science subjects.*