

Gymnasiereformen og Galileis 3 revolutioner

Jens Højgaard Jensen

IMFUFA, Roskilde Universitetscenter

Galilei var på en gang revolutionær på tre fronter: Han var med til at ændre verdensbilledet, han var eksperimentalist på den nye måde, og han arbejdede "som matematisk videnskabsmand" på den nye måde. Det er nok lige så vigtigt at gymnasiet introducerer til Galileis og efterfølgeres revolutionerende nye tankegange og arbejdsmetoder, som til nye naturvidenskabelige resultater fra Galilei og siden hen – begge dele er nemlig naturvidenskabeligt almindelig samtidig med at være studieforberevende til naturvidenskabelige og tekniske fag. Mon gymnasiereformen vil levere varen?

Indledning

"Den videnskabelige revolution" fra historiebøgerne fandt først og fremmest sted inden for det hjørne af videnskaberne der bestod af matematik, astronomi og mekanik (bevægelseslære), hvorved kølen lagdes til det der nu kaldes fysik. På samme måde som fysik samtidigt er et fag om naturen, et eksperimentelt fag og et matematisk fag, var den videnskabelige revolution sammensat af tre revolutioner. Den revolutionære Galilei var således samtidigt nyskabende ved sit verdensbillede, sin brug af eksperimenter og sin brug af matematiske modeller. Og det er ikke mindst overførslen siden hans tid af hans eksperimentelle og matematiske metoder også udover fysikkens grænser der kan berettige den brede betegnelse "den videnskabelige revolution" om det nybrud som han både demonstrerede og var en af de fremmeste talsmænd for i sin tid.

I den nye gymnasiereform for det almene gymnasium er et af målene at sikre en større rekruttering til de naturvidenskabelige og tekniske videregående uddannelser. Men herudover satses der også bredere på at det almene gymnasium for alle i gymnasiet skal være naturvidenskabeligt dannende. Også naturvidenskabsundervisningen skal levere sit bidrag til opdragelsen af eleverne til omverdensforståelse, selvforståelse og personlig myndighed.

I artiklen her vil jeg forsøge at vurdere det nye gymnasiums muligheder for at leve op til reformmålet om at være naturvidenskabeligt almindelig og til reformmålet om at være studieforberevende til tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser. På linie med mange andre fra den naturvidenskabelige verden er jeg

skeptisk. Og det hænger for begge de to reformmåls vedkommende sammen med at der i almindelighed ikke er forståelse for sammensatheden af og dybden i “naturvidenskabelig dannelse”. Det forstås i almindelighed ikke at udskiftningen af viden i skabet var den mindste del af Galileis revolution. Den mest afgørende del handlede om metoderne til at skaffe sig viden på.

Inden jeg forklarer mig nærmere, er det imidlertid måske på sin plads over for læseren at redegøre for hvad dette er for en slags artikel. Det er ikke en artikel der, angående de naturvidenskabelige fag, påtager sig at beskrive proces eller produkt i gymnasierformen i nogen detalje. Det er heller ikke en artikel der forsøger at kaste lys over gymnasierreformens forhold til den aktuelle didaktiske litteratur om f.eks. kompetenceovervejelser i forhold til naturvidenskabelige fag. Og det er slet ikke en videnskabshistorisk artikel om Galilei. Artiklen er derimod et analytisk essay der forsøger at vurdere de naturvidenskabelige fags stilling i gymnasierformen i fugleperspektiv, først og fremmest ud fra 35 års erfaringer med naturvidenskabelige uddannelsesproblemer. Og erfaringer med hvordan problemerne er blevet diskuteret gennem 35 år. Primært fra RUC, som jeg har deltaget i opbygningen af fra starten i 1972, og hvor jeg i disse år fungerer som studieleder for det naturvidenskabelige basisstudie. I forhold til gymnasiet har jeg i det væsentlige observeret fra sidelinjen. Folkeskolen ved jeg ikke så meget om.¹

Min overordnede vurdering er at indfrielsen af de naturvidenskabelige fags særlige potentielle bidrag til gymnasieundervisningen, i form af udviklingen af eksperimentelle og matematiske problemløsningskompetencer hos eleverne, vanskeliggøres af gymnasiets stærkt fagopsplittede organisering. Fordi fagene kan komme til at skygge for kompetencerne når det er fagene og ikke kompetencerne der dagsordensættes. Som modvægt forsøger jeg med min henvisning til “Galileis 3 revolutioner” (mit udtryk) at italesætte de efter min vurdering afgørende kompetencer forud for fagene. Det næste afsnit tjener derfor alene det formål at tydeliggøre de “3 revolutioner”. Afsnittet er først og fremmest skrevet på baggrund af en ældre populærvideenskabelig artikel af videnskabshistorikeren Olaf Pedersen (Pedersen, 1966), som har inspireret mig. Og afsnittet gør som sagt ikke krav på at være videnskabshistorie.²

Galileis 3 revolutioner

Galileo Galilei (1564-1642) er kendt for processen imod ham hvor pavekirken dømte ham til livsvarig husarrest og tvang ham til knælende og i bar skjorte at afsværge at

- 1 Artiklen skal som omtalt ikke læses for at få detailinformationer om hverken gymnasiet eller folkeskolen. Jeg har ved udarbejdelsen gennemlæst gymnasierreformens nye fagbeskrivelser af matematik og naturfagene (Undervisningsministeriet, 2005). Alligevel kan artiklen med sit meget overordnede greb på forskellige punkter godt være udtryk for fordomme hos mig. Blandt andet fordi jeg af erfaring nærer skepsis over for at tage uddannelsesbestemmelser som et for direkte udtryk for uddannelsespraksis. Derfor er mine vurderinger i høj grad udtryk for tolkninger.
- 2 Jeg er blevet gjort opmærksom på, at nyere forskning i Galileis arbejde med faldloven har nuanceret billedet i forhold til Olaf Pedersens gennemgang. Interesserede læsere henvises til (Matthews, 1998).

jorden bevæger sig. At Galilei umiddelbart efter dommen skal have mumlet: “Men den bevæger sig dog”, er en senere fabel. Det er også kendt at Galilei med sine nybrydende kikkertobservationer selv havde leveret en del af skytset til sit propagandafelttog for det copernicanske verdensbillede med jorden kredsende omkring solen. Han kunne se at planeterne ikke blot er lysende prikker, men at de havde udstrækning, og at de må befinde sig langt nærmere jorden end stjernerne. F.eks. havde Merkur og Venus faser på samme måde som månen. Og han kunne med sin kikkert se Jupiters måner som sammen med Jupiter selv udgjorde et eget lille copernicansk system.

Udover for sine kikkertobservationer, sin kamp for det copernicanske verdensbillede og retssagen imod ham, er Galilei også kendt for sin opdagelse af faldloven, $s = \frac{1}{2}gt^2$. Men hvori ligger egentlig det revolutionerende i denne opdagelse? De fleste danske skoleelever vil enten i folkeskolen eller i gymnasiet (eller begge steder) ved hjælp af såkaldte timer-strimler selv have prøvet at kortlægge sammenhængen mellem faldvejen s (givet ved en længde timer-strimmel) og faldtiden t (givet ved et antal prikker afsat på den pågældende længde strimmel). Og også ofte være nået frem til $s = \frac{1}{2}gt^2$, som er Galileis resultat udtrykt i vore dages algebraiske notation. Og hvad så? Umiddelbart, så ikke mere. Der er egentlig ikke noget fantastisk revolutionerende ved faldloven isoleret set. Og der havde ikke været noget revolutionerende i Galileis opdagelse af faldloven hvis opdagelsen var gjort som en kortlægning ved hjælp af en timer-strimmel. Det revolutionerende hos Galilei lå nemlig ikke så meget i resultatet han nåede frem til, som i måden han nåede frem til resultatet på. Idet jeg følger Olaf Pedersens omtalte artikel (Pedersen, 1966), vil jeg forsøge kort at skitsere hvori det revolutionerende i Galileis arbejdsmetoder lå.

Galileis problem var ikke umiddelbart hvordan faldvejen s afhang af faldtiden t . Hans problem var – i forlængelse af en diskussion middelalderen igennem – hvilken simpel beskrivelse der gjaldt for momentanhastigheden ved et frit fald: 1) voksede faldhastigheden proportionalt med faldvejen; $v(s) = ks$, eller 2) voksede faldhastigheden proportionalt med faldtiden; $v(t) = kt$? Hypotesen var altså at der i det frie fald måtte være en simpel proportionalitet imellem v og enten s eller t . Og spørgsmålet var så, om det var s eller t som v voksede proportionalt med.

Men Galilei havde ikke nogen måde at måle momentanhastighed på. Derfor erstattede han undersøgelsen af hypotesen $v = kt$ med en undersøgelse af den matematisk ækvivalente hypotese $s = \frac{1}{2}kt^2$. (Franskmanden Nicole Oresme havde i det 14. århundrede udviklet en metode der for Galilei kunne gøre det ud for vore dages integration af $v = kt$ til $s = \frac{1}{2}kt^2$.) Og hypotesen $s = \frac{1}{2}kt^2$ havde den fordel fremfor $v = kt$ at den omhandlede de to målbare størrelser s og t . I princippet. For i praksis er faldtiden fra toppen til foden af f.eks. det skæve tårn i Pisa blot ca. 3 sekunder. Og med datidens kendte tidsmålere var det derfor ikke muligt – som det nu er med timer-strimlen – at måle s som funktion af t direkte for det frie fald. I stedet måtte Galilei gå en omvej rundt om

at eksperimenterer med kugler der ruller ned ad en skråtstillet kuglerende. Ved at gøre hældningen af kuglerenden tilstrækkelig lille kunne faldtiden gøres tilstrækkelig stor til at den kunne måles med de vandure som han havde til sin rådighed. Og for kuglernes bevægelse ned ad kuglerenden fandt han det bekræftet at s var proportional med t^2 .

Herudfra kunne det så konkluderes at hypotesen at hastigheden voksede jævnt med tiden, var den rigtige for kuglerne i kuglerenden. Men hvordan sætte denne konklusion i forbindelse med det frie fald? Det gjorde Galilei via forsøg med svingende penduler. Her kunne han nemlig ræsonnere sig til at hastigheden af et pendul i bundstillingen ikke afhang af pendulets bane, men alene var bestemt af den lodrette faldhøjde fra startstilling til bundstilling. Og tilsvarende gik han derfor ud fra at hastigheden af kuglen i kuglerenden var den samme som ved et frit fald med samme lodrette faldhøjde. Da dette gjaldt for enhver lodret faldhøjde, betød det endeligt at det frie fald og bevægelsen i kuglerenden afhænger af tiden på samme måde. Altså at hastigheden vokser jævnt med tiden også i det frie fald.

Jeg håber hermed at have fået antydning nok til at afstanden fra den blotte kortlægning af $s = \frac{1}{2}gt^2$ ved hjælp af en timer-strimmel kan fornemmes. Galileis metode var ikke induktiv, som timer-strimmelforsøget i princippet gør det ud for at være, men tværtimod hypotetisk-deduktiv. Og hovedinstrumenterne han benyttede sig af, var *kvantitative eksperimenter og matematiske modeller*. I vekselspil.

Ifølge Galilei var naturens store bog skrevet i matematik. Og for at undersøge naturen måtte der opstilles matematiske hypoteser om den som der kunne afledes matematiske konklusioner af. Disse skulle så konfronteres med eksperimenter. Og eksperimenterne skulle ikke som hos hans forgængere blot tjene til at demonstrere naturfænomener kvalitativt. Eksperimenterne skulle tværtimod for at kunne sammenholdes med de matematiske konklusioner være kvantitative og munde ud i tal.

Stikordsmæssigt kan Galileis bidrag til “den videnskabelige revolution” sammenfattes under de tre overskrifter:

1. Det copernicanske verdensbillede
2. Kvantitative eksperimenter
3. Matematiske modeller

Galilei polemiserede imod samtidens Aristotelikere for hvem “det at filosofere kun er (og ikke kan være andet end) at foretage en omfattende analyse af Aristoteles’ skrifter” (Pedersen, 1966, s.87). I stedet for at se naturen gennem Aristoteles’ øjne burde de selv studere den direkte, som Galilei havde demonstreret det muligt ved brug af kvantitative eksperimenter og matematiske modeller. Og det var mere denne kritik end hans propaganda for det copernicanske verdensbillede der i begyndelsen lå bag forfølgelsen af ham (Pedersen, 1966, s.87).

Naturvidenskabelig almendannelse

Ved et forsøg på at skyde sig ind på hvad det lidt svævende begreb naturvidenskabelig almendannelse med rimelighed kan tillægges af betydning, kan en mnemoteknisk henvisning til Galilei, som jeg er i gang med, både være vildledende og vejledende.

Det vildledende opstår hvis Galileis metode, som jeg har forsøgt at antyde den ved gennemgangen af hans arbejde med det frie fald, tages som udtryk for “den naturvidenskabelige metode”. Der eksisterer efter min erfaring nemlig ikke en enkelt, fælles naturvidenskabelig metode på tværs af de naturvidenskabelige fag. Og Galileis matematiske og empiriske, hypotetisk-deduktive metode er – uanset at den siden “den videnskabelige revolution”, med rette eller urette, har været benyttet som forbillede bredt – rent faktisk først og fremmest til stede i faget fysik. Og her i sin rene form faktisk kun i dele af faget. Hvorimod der, når der tales om naturvidenskab i almindelighed, i meget højere grad er tale om induktive metoder, som den direkte kortlægning af det frie fald med timer-strimmel. Og f.eks. er de naturhistoriske fag i høj grad præget af ikke-matematiske modeller og kvalitative observationer der som navnet siger bl.a. drejer sig om at forstå naturfænomener ud fra tidslige udviklingsdynamikker. Hvilket er et ret så anderledes fagparadigme end Galileis.

Men selvom Galileis videnskabelige metode i praksis ikke gør det ud for en fælles naturvidenskabelig metode, så er henvisningen til ham i sammenhæng med naturvidenskabelig almendannelse alligevel relevant på to væsentlige punkter.

For det første tjener henvisningen det relevante formål at få betonet at naturvidenskaberne i forhold til andre fagligheder både er karakteriseret ved at handle om naturen *og* ved deres arbejdsmetoder og tænkemåder. Og få betonet at det i mindst lige så høj grad er naturvidenskabelige arbejdsmetoder og tænkemåder der har interesse i et almendannelsesperspektiv, som det er selve orienteringen om forskellige naturforhold. Hvor det sidste tenderer til at dominere forståelsen af fagenes indbyrdes betydning i gymnasiet på grund af fagopdelingen efter emner.

For det andet er henvisningen relevant ved at udpege naturvidenskabernes mulige, særlige bidrag til elevernes almendannelse. Særligt for naturvidenskab, og i større eller mindre grad fælles for naturvidenskab, drejer det sig om at give eleverne:³

3 Gennemtænkning af kompetencemål for matematik- og naturvidenskabsundervisning (og andre fag) har præget optakten til gymnasireformen. Mest omfattende i (Niss & Jensen, 2002) angående matematik og (Dolin m.fl., 2003) angående naturfagene. Bestræbelsen er her først og fremmest at levere alternative beskrivelser til pensumbeskrivelser af fagene. Med mine ord for at undgå pensumitis (Jensen, 1995). I modsætning hertil er min bestræbelse i denne artikel at vende sagen på hovedet ved i udgangspunktet at fremhæve blot to overordnede (og selvfølgelig?) kompetencemål for derefter at spørge til matematik og naturfagenes bidrag til målopfyldelsen. Hvor netop adskillelsen af matematikdidaktik og naturfagsdidaktik fra hinanden viser sig som et hovedproblem. Herom har jeg i øvrigt ytret mig i forskellige sammenhænge ved en række mindre artikler, som bl.a. kan findes i artikelsamlingerne (Jensen, 1990) og (Jensen, 2001).

1. Kompetence i anvendelse af eksperimenterende og systematiske empiriske arbejdsmetoder til problemafklarung.
2. Kompetence i anvendelse af formel abstrakt symboltænkning til problemløsning og modellering.

Og det svarer til de to metodiske af Galileis 3 revolutioner – men uden hans særlige måde at koble dem på.

Jeg vil i det følgende betragte et individs almindelse som en sum af den pågældendes omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed og med afsæt heri undersøge de mulige bidrag hertil fra en naturvidenskabsundervisning med parallelitet til Galileis 3 revolutioner.

Erfaringer med eksperimenterende problemløsning som bidrag til almindelsen

For det første kan naturvidenskabsundervisningen bidrage til gymnasieelevernes udvikling af deres omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed ved gennem personlige erfaringer med eksperimentelt arbejde at udvikle kompetence til at angribe problemer empirisk på en systematisk måde. Og kompetence til at vurdere andres empiriske problemafkklaringer. Graden af patientens forståelse af lægen som en blanding af naturvidenskabsmand, håndværker og “klog kone” og patientens fornemmelse for hvornår lægen optræder i hvilken rolle, er et eksempel på at empirisk-metodisk dømmekraft spiller en rolle for den personlige myndighed. Ligesom blandingen af fascination af forskellige naturfænomener og fravær af empirisk-metodisk dømmekraft er en del af baggrunden for den megen alternative okkultisme.

I de angelsaksiske lande er der tradition for på folkeskoleniveauet at samkøre fysik, kemi og biologi i et såkaldt “science” fag hvor det empirisk-metodisk-eksperimentelle ikke er indlagt som element i formidlingen af henholdsvis fysikfænomener, kemifænomener og biologifænomener i egen ret, men hvor fysik-, kemi- og biologifænomenerne tværtimod er udvalgt som øvelsesterræn for at belyse begrebet “fair test”. I den danske folkeskole er der ikke samme fokus på eksperimentel kompetence. Det eksperimentelle optræder her i højere grad som kvalitative demonstrationer af fænomener.

I modsætning til i folkeskolen er der i gymnasiet en indarbejdet tradition for kvantitativ og metodisk eksperimentelt arbejde i fagene fysik, kemi og biologi. Og det nye naturgeografifag er også designet i den retning. Men der hersker uklarhed om det eksperimentelle arbejde f.eks. primært skal bidrage til begrebs- og fænomenforståelse, til udvikling af laboratorie- og talbehandlingsfærdigheder, eller til den her efterspurgte eksperimenterende problemløsningskompetence.

Erfaringer med formaliserende problemløsning som bidrag til almen- dannelsen

Som den anden del af treklangen kan naturvidenskabsundervisningen bidrage til gymnasieelevernes udvikling af deres omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed ved gennem personlige erfaringer med anvendelse af formel abstrakt symboltænkning i problemløsning at udvikle kompetence i selv at kunne regne ting ud. Lakmusprøven på kompetencen kunne til en start i gymnasiet være: Hvor stor en del af vareprisen er moms? Idet problemer af denne art vil være ofte forekommende stopklodser for elevernes videre færden, både personligt og professionelt. Og da mange elever erfaringsmæssigt allerede har vanskeligheder ved at stille skarpt her. Udover nytteværdien for den personlige myndighed af formaliserende problemløsningskompetence præger oplevelsen af *selv* at kunne regne den ud (fremfor at læse sig til det i Aristoteles' skrifter) selvfølgelig selvforståelsen. Jeg tænker, ergo er jeg. Og oplevelser af at omverdenen undertiden lader sig gennemskue ved hjælp af matematiske modeller, bidrager selvfølgelig også til forståelsen af hvad omverdenen er for en størrelse.

Blandt gymnasiets fag indtager matematik selvsagt en særlig rolle i forhold til udviklingen af kompetence i anvendelse af formel abstrakt symboltænkning til problemløsning og modellering. Matematik og formel abstrakt symboltænkning har meget med hinanden at gøre. Men selvom kompetence i matematik er en nødvendig betingelse for kompetence i at anvende matematik, er det ikke en tilstrækkelig betingelse. Folkeskolens matematikundervisning integrerer i høj grad træning i matematik og træning i at anvende matematik. I de nye læseplaner for gymnasiet lægges der også i højere grad end hidtil op til en sådan integration. Imidlertid er der en lang tradition hos lærerne for først og fremmest at undervise i matematik i egen ret. Derfor har det først og fremmest været i fysik at træningen i at anvende matematik til løsning af matematiketeksterne problemer har fundet sted. Og i kemi på A-niveau. Hvorimod matematikindholdet i biologi og naturgeografi traditionelt har været lille. I de nye læseplaner skal matematikindholdet i fysik på C-niveau være lille på samme måde som i folkeskolen, hvor fysik er et kvalitativt eksperimenterende fag. Der er en klar tendens i det almene gymnasium til at kompetencen "matematik i anvendelse" forsvinder i mellemrummet imellem matematikken i egen ret og naturfagene i egen ret. I modsætning til på det tekniske gymnasium, hvor den herskende ingeniørkultur traditionelt netop vil placere matematik i anvendelse som en central kompetence.

Naturvidenskabelig orientering og oplysning som bidrag til almindelsen

Endelig kan naturvidenskabsundervisningen som den tredje hovedsag bidrage til gymnasieelevernes udvikling af deres omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed ved at sikre deres orientering om en lang række teknik- og na-

turforhold. Da dette tredje bidrag til elevernes almindelse i en hel anden grad er bredt erkendt og accepteret end de to vedrørende tankegange og metoder, vil jeg ikke uddybe det nærmere her.

Opsummerende er min pointe altså at selvom naturvidenskabelig almindelse selvfølgelig forudsætter orientering og oplysning, så er erfaringer med eksperimenterende og formaliserende problemløsninger mindst lige så afgørende for udviklingen af elevernes omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed. Ligesom en forståelse af Galileis revolutionære indsats i mindst lige så høj grad drejer sig om at forstå hans metoder og tankegang, som det drejer sig om at forstå den ændring i verdensbilledet som han også bidrog til.

Studieforberedelse til tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser

Forudsætningerne for at påbegynde en videregående uddannelse (og andre uddannelser) kan, så vidt jeg kan se, opdeles i to væsensforskellige typer. Dels kan der være tale om forudsætninger hvis fravær umiddelbart umuliggør meningsfuld deltagelse i undervisningen. Dels kan der være tale om forudsætninger hvis fravær betyder ekstraarbejde og/eller studietidsforlængelse, men hvor meningsfuld deltagelse trods alt er mulig. Den første type forudsætning kan billedligt talt sammenlignes med at have lært at holde balancen på en cykel forud for deltagelse i en cykeltur. Mens fraværet af den anden type forudsætninger tilsvarende kan sammenlignes med at deltage i et spil badminton uden at have haft en ketsjer i hånden før. Fravær af for mange forudsatte "badminton"-forudsætninger risikerer at medføre nederlag og frafald. Ved fravær af nødvendige "cykel"-forudsætninger er nederlaget og frafaldet næsten garanteret. Derfor burde den mere specifikke del af studieforberedelsen først og fremmest dreje sig om at sikre oparbejdelsen af de forudsatte "cykel"-kompetencer.

Hvad angår de tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser, er den helt dominerende forudsætning af "cykel"-karakter, så vidt jeg kan vurdere, formaliserende problemløsningskompetence. Eller sagt på en anden måde: matematik i anvendelse. I forhold hertil kan alle andre forudsætninger regnes for at være af "badminton"-typen. Det kan give problemer hvis de er fraværende. Men problemerne kan oftest klares ved studietidsforlængelse. Hvorimod fraværet af evner til at tænke aktivt ved hjælp af matematik i varierende grad på de forskellige tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser næsten altid fører til frafald. Ligesom den der ikke har lært at holde balancen på cyklen, bliver ladet tilbage når de øvrige cykler af sted på cykelturen.

Set i det lys er der traditionelt to problemer i gymnasiets studieforberedelse.

For det første er der det problem at faget matematik både af dets udøvere og af dets omverden netop betragtes som et fag og ikke som den bredere kompetence der er

grunden til at det har det store omfang i alverdens skolesystemer som det har. Derfor dyrkes matematik ikke som et fag hvis formål er at træne formel abstrakt symboltænkning til problemløsning og modellering, men i højere grad som ren matematik i egen ret. Hvilket er medvirkende til at eleverne paradoksalt nok på samme tid kan mene at man ikke kan bruges til noget uden matematik, og at matematik ikke kan bruges til noget.

For det andet er der det problem at de naturvidenskabelige fag fysik, kemi, biologi (og nu naturgeografi) hver for sig også af både deres udøvere og af deres omverdener primært betragtes som netop fag i egen ret omhandlende forskellige sider af naturvidenskaben man bør være orienteret om. Og ikke som øvelsesterræner for træning af matematik i anvendelse. Således at matematikken i anvendelse tendentielt falder mellem de rene fagstole i det fagtænkte gymnasium.

Ved gymnasireformen er der lagt vægt på samarbejde imellem fysik, kemi, biologi og naturgeografi om grundforløbet med mulighed for en eksperimentel orientering af undervisningen. Hvorimod der ikke i samme grad er tænkt på samarbejde mellem disse fag og matematik om matematik i anvendelse. Tværtimod er den obligatoriske fysikundervisning på C-niveau som sagt gjort formelløs, og fysik med formler på de højere niveauer gjort mere valgfrit end hidtil. I betragtning af den øgede valgfrihed vil træningen i gymnasiet i at anvende matematisk tankegang til løsning af problemer uden for matematikken derfor formentlig, som det er sket ved tidligere gymnasireformer, også blive svækket ved denne gymnasireform. Af betydning for studieforberedelsen til tekniske og naturvidenskabelige uddannelser. Men f.eks. også til økonomiske uddannelser.

I øjeblikket (april 2005) har Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling netop haft en høring om et udkast til bl.a. specifikke adgangskrav til universiteterne når de første studenter vil være uddannet fra gymnasiet efter reformen. Her opereres der med stribevis af forskolingskrav af "badminton"-typen. F.eks. IT-fag B for at læse datalogi. Eller Naturgeografi B for at læse geografiske fag. O.s.v. Det er tankevækkende at der, i modsætning til denne almindelige tendens, til f.eks. medicinstudiet alene opereres med krav om redskabsfag af "cykel"-typen. Nemlig Matematik A, Fysik B og Kemi B. Er det fraværet af et korresponderende gymnasiefag eller beskyttelsen bag den hårde adgangsbegrænsning der tillader denne saglighed? Som jo er prisværdig. Også fordi der afstås fra at tvinge gymnasieeleverne til et alt for tidligt uddannelsesvalg.⁴

4 I den endeligt i maj 2005 vedtagne adgangsbekendtgørelse (Videnskabsministeriet, 2005) er matematik på A-niveau, fysik på B-niveau og kemi på B-niveau fornuftigvis, som for de videregående sundhedsvidenskabelige uddannelser, i højere grad også gjort til et fælles og gennemgående krav til adgang til de tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser.

Konklusion

Overordnet set kan de naturvidenskabelige fags særlige potentielle bidrag til gymnasieundervisningen karakteriseres som en treklang svarende til Galileis 3 revolutioner. For det første bør naturvidenskabsundervisningen sikre at eleverne på en ajourført måde er orienteret om centrale forskningsresultater fra naturvidenskaberne. For det andet bør naturvidenskabsundervisningen sikre at eleverne opnår forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe problemerne empirisk-eksperimentelt. Endelig bør naturvidenskabsundervisningen sikre at eleverne opnår forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe dem ved hjælp af matematiske modeller.

Gymnasiets stærkt fagopplittede organisering vanskeliggør at sådanne overordnede perspektiver på undervisningen i sin helhed kan få gennemslag. Også den politiske tilblivelsesproces for bl.a. gymnasiereformer gør det svært at få fagene til at fungere i forhold til en overordnet sammenhæng. Uanset ønsker om det. Det legitime behov for i sidste instans Folketingets indflydelse fører nemlig nærliggende til en form for puslespil med fagene som brikker, hvor folketingspolitikere, embedsværk og mange slags lobbyister med forskelligartede interesser ender op med et puslespilmønster suppleret med en række færdselsregler. Men ikke med overordnede sammenhænge som fagene skal indordnes under. Som om det afgørende er om der står matematik, fysik, kemi, biologi eller naturgeografi på emballagen (skemaet), og ikke hvad der er inden i fagene (af eksperimentelle og/eller matematiske kompetencer). De øgede valgmuligheder for eleverne og den øgede konkurrence gymnasierne imellem med den nye gymnasiereform vil forventeligt forstærke orienteringen imod appellerende emballager og svække orienteringen imod indholdet af nødvendige kompetencer.

Med gymnasiereformen er der gode udsigter til at orienteringen om naturvidenskabelige forhold og fænomener vil blive udbredt til at inddrage flere elever end hidtil. Dels på grund af ophævelsen af skellet imellem det sproglige og det matematiske gymnasium. Dels fordi naturvidenskab som en del af almindannelsen var et af pejlemærkerne for reformen. Mere usikkert er det om elevernes tilegnelse af eksperimentelle kompetencer som bidrag til deres almindelse generelt vil blive øget. Vil de fag der bidrager, blive anerkendt for det i praksis? Ret sikkert er det at elevernes tilegnelse af kompetence til selv at regne ting og sager ud for de fleste elever vil blive et af de mindre bidrag til deres almindelse.

Desværre er netop kompetencen at kunne bringe matematik i anvendelse den afgørende studieforberedelse til bl.a. de tekniske og de naturvidenskabelige videregående uddannelser. Da rekrutteringen til disse uddannelser ikke så meget afhænger af attituder til dem (som det ofte misforstået formodes i den offentlige debat) som af potentielle ansøgers fornemmelse af studieforberedthed i forhold til dem, må

det forventes at gymnasireformen øger rekrutteringsproblemerne til ingeniør- og naturvidenskabsstudierne.

Referencer

- Dolin, J., Krogh, L. B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi*. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Jensen, J. H. (1990). *Spredt fægtning*. Tekst nr. 199. IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.
- Jensen, J. H. (1995). Faglighed og pensumitis. *Uddannelse (9)*, 464-468.
- Jensen, J. H. (2001). *Mere spredt fægtning*. Tekst nr. 404. IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.
- Matthews, M. R. (1998). *Time for Science Education. How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy*. New York: Plenum Press.
- Niss, M. & Jensen, T. H. (2002). *Kompetencer og Matematiklæring – Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Pedersen, O. (1966). Om udviklingen af Galileis mekanik. I: Bostrup, O. & Meyer, M. (red.), *Debat om matematik-, fysik- og kemiundervisningen. Beretning fra den 6. nordiske kongres for lærere i matematik, fysik og kemi*. (s.78-92). København: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S.
- Undervisningsministeriet (2005). <http://us.uvm.dk/gymnasie//vejl/>
- Videnskabsministeriet (2005). <http://www.vtu.dk/fsk/div/uddannelser/536577.pdf>