

Faglighed i gymnasiet

Fysik

Delrapport 3

Eva Lykkegaard og Ane Qvortrup

Institut for Kulturvidenskaber
Syddansk Universitet

Gymnasiepædagogik
Sænummer
2019

Faglighed i gymnasiet

Fysik

Delrapport 3

Eva Lykkegaard og Ane Qvortrup

GYMNASIEPÆDAGOGIK
SÆRNUMMER

Faglighed i gymnasiet

Fysik

Delrapport 3

December 2019

© Eva Lykkegaard og Ane Qvortrup

Udgivet af

Institut for Kulturvidenskaber

Syddansk Universitet

Campusvej 55

5230 Odense M

Gymnasiepædagogik er en skriftserie, der formidler forskning om ungdomsuddannelserne, fx forskningsrapporter, konferencerapporter, evalueringsrapporter og tematiske rapporter.

Gymnasiepædagogik udkommer 4-6 gange årligt og koster i abonnement 400,- kr. Abonnement tegnes gennem Institut for Kulturvidenskaber: gymnasiepaedagogik@sdu.dk.

Tryk: Grafisk Center, Syddansk Universitet

Layout: Grafisk Center, Syddansk Universitet

Oplag: 300

ISSN: 1399-6096

ISBN: 978-87-7938-136-0

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	5
2. Læsevejledning	9
3. Analysemodel	11
3.1. Den generelle analyseramme (med fysikbriller)	11
3.1.1. Den generelle analysemodels relation til fysikfaget	12
3.2. Den fysikspecifikke analyseramme	15
3.3. SOLO-taksonomien	17
3.4. Initiale kommentarer om udfordringer/begrænsninger	18
4. Kort om læreplanen	21
4.1. Materialer og metoder	21
5. Undervisningsbeskrivelser m.m.	23
5.1. Materialer og metoder	23
5.1.1. Lærebogsmateriale, øvelsesvejledning, ”uofficielle undervisningsbeskrivelser” m.m.	23
5.2. Resultater	24
5.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner	26
6. Eksamenssæt	29
6.1. Materialer og metoder	29
6.2. Resultater	30
6.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner	32
7. Eksamensbesvarelser	35
7.1. Materialer og metoder	35
7.2. Resultater	36
7.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner	38
8. Spørgeskema	39
8.1. Materialer og metoder	39
8.2. Resultater	40
8.2.1. Overensstemmelse mellem læreplaner og underviserens egen forståelse af, hvad fysikfaglighed er	40
8.2.2. Parathed	41

8.2.3. Udbytte	41
8.2.4. Forandring (historisk)	45
8.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner	45
9. Analyser af materiale fra forskellige perioder	49
9.1. Materialer og metoder	49
9.2. Resultater	50
9.2.1. Lærebogsmateriale: Det skrå kast	50
9.2.2. Eksamenssæt	50
9.2.3. Eksamensbesvarelser	51
9.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner	52
10. Komparative analyser af materiale fra Danmark, Norge og Sverige	55
10.1. Materialer og metoder	55
10.2. Resultater	55
10.2.1. Læreplaner	56
10.2.2. Eksamenssæt	57
10.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner	58
11. Konklusioner på undersøgelsesspørgsmålene	59
11.1. Udviklingen i gymnasieelevernes viden, færdigheder og kompetencer	60
11.1.1. Kravene til matematikkundskaber er mindsket over tid	62
11.1.2. Fysikkens almindennede aspekt og relation til virkeligheden er styrket over tid	63
11.2. Udviklingen i undervisningen mht. viden, færdigheder og kompetencer	63
11.3. Det aktuelle niveau i gymnasieelevernes viden, færdigheder og kompetencer	64
11.4. Afsluttende diskussion af udfordringer/begrænsninger	65
12. anbefalinger	69
12.1. Fremadrettet arbejde med Fysik A	69
12.2. Fremadrettet undersøgelse af fysikfaglighed	69
13. Referencer	71
14. Bilag	73
Bilag 1. VFK-kodning af den danske læreplan	73
Bilag 2. Eksempel på de undervisningsbeskrivelser, der blev stillet til rådighed	75
Bilag 3. Eksempel på "uofficiel undervisningsbeskrivelse" fra et enkelt undervisningsforløb	77
Bilag 4. VFK-analyser af eksamenssæt i Fysik A for perioden 2010-2018	78
Bilag 5. VFK-analyser af eksamensbesvarelser	80
Bilag 6. Analyseret lærebogsmateriale	82
Bilag 7. VFK-analyser af lærebogsmaterialet Det skrå kast	83

1. Indledning

Rapporten her er delrapport 3 ud af i alt seks delrapporter, som præsenterer resultatet af den undersøgelse af udviklingen i faglighed i gymnasiet gennem de seneste 50 år, som Syddansk Universitet i samarbejde med Teknologisk Institut, JYSK ANALYSE A/S og de af ministeren nedsatte ekspertgrupper har gennemført for Børne- og Undervisningsministeriet i perioden fra november 2018 til april 2019. Der er i projektet fokus på fire fag: dansk engelsk, matematik og fysik. Den stillede opgave lød på tre overordnede spørgsmål (jf. delrapport 1), rapporten her omhandler fysikfaget specifikt og undersøgelsesspørgsmålene kan da opskrives således:

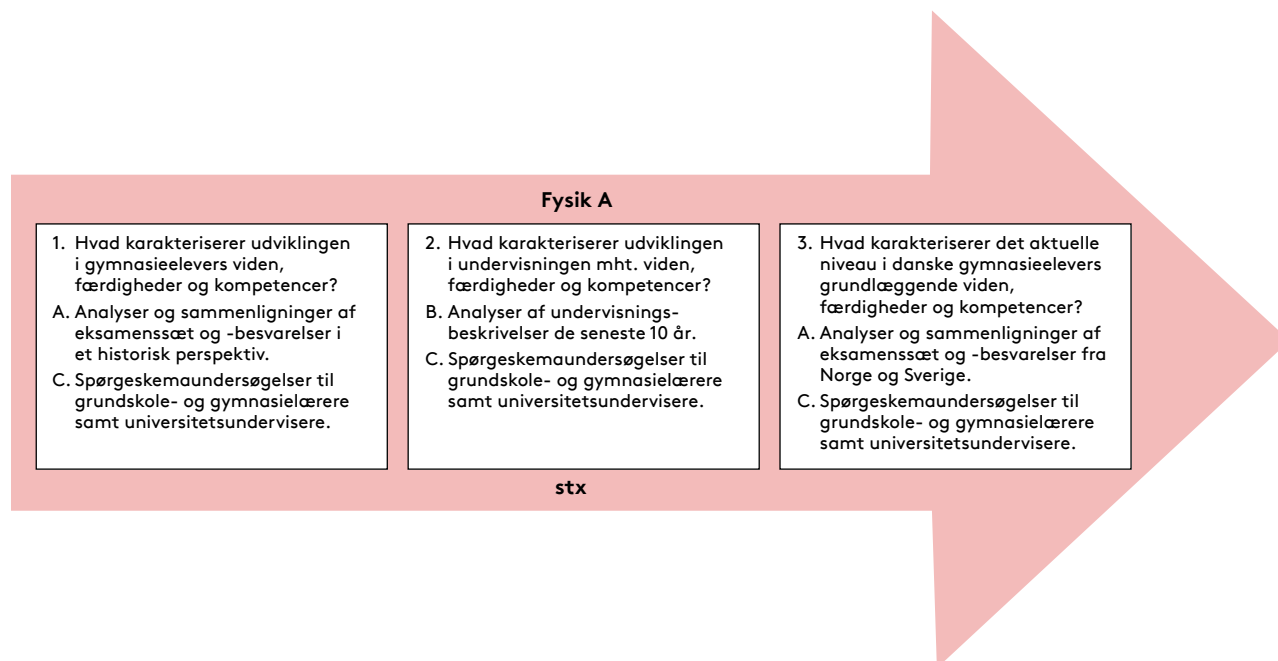
1. Hvad karakteriserer udviklingen i gymnasieelevernes viden, færdigheder og kompetencer, herunder i balancen mellem viden, færdigheder og kompetencer indenfor Fysik A?
2. Hvad karakteriserer udviklingen i undervisningen i fysik mht. viden, færdigheder og kompetencer, herunder i balancen mellem viden, færdigheder og kompetencer i undervisningens indhold?
3. Hvad karakteriserer det aktuelle niveau i danske gymnasieelevers grundlæggende viden, færdigheder og kompetencer indenfor fysik?

For at besvare ovenstående spørgsmål undersøges fagligheden i fysik gennem systematiske analyser af undervisningsbeskrivelser, eksamenssæt og elevbesvarelser i et 50-årigt perspektiv samt gennem en spørgeskemaundersøgelse af læreres/underviseres opfattelse af faglighed i grundskolen og gymnasiet (samt på universitetet). Sammenhængen mellem analyser og undersøgelsesspørgsmål illustreres i figur 1 (s. 6).

Indholdet af nærværende rapport er baseret på arbejdet i ekspertudvalget bestående af to gymnasie-repræsentanter, to aftagerrepræsentanter (fra de videregående uddannelser) og to nordiske repræsentanter (se tabel 1, s. 6). Der henvises i rapporten anonymt til de seks eksperter, men det er understreget, om en ekspertkommentar stammer fra en gymnasielærer, en aftager (fra universitetet) eller fra en nordisk repræsentant.

Ydermere har professor Jens Dolin, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet, fungeret som sparrings-/referencepartner.

Udvalgets arbejde er blevet faciliteret af adjunkt Eva Lykkegaard og professor Ane Qvortrup, begge Institut for Kulturvidenskaber, Syddansk Universitet. Udvalget har arbejdet fra december 2018 og afsluttet sit arbejde 9. april 2019.



Figur 1. Sammenhængen mellem analyser og undersøgelsesspørgsmål.

Aftagerrepræsentanter	Bjarne Andresen (Formand)	Lektor, dr.scient.	Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet.
	Ulrik I. Uggerhøj	Professor og institut- leder	Institut for fysik og astro- nomi, Aarhus Univer- sitet.
Repræsentanter fra gymnasieskolen	Jette Rygaard	Rektor	Vesthimmerlands Gymnasium.
	Elsebeth Petersen	Lærer	Horsens Gymnasium.
Nordiske repræsentanter	Torbjørn Digernes	Professor	Department of Marine Technology, Norges Teknisk-Naturvitens- kapelige Universitetet (NTNU), Norge.
	Anne-Sofie Mårtensson	Universitetslektor	Sektionen för lärarut- bildning, Högsolan Borås, Sverige.

Tabel 1. Deltagere i fysikekspertgruppen.

Ekspertudvalget og de to faciliterende forskere vil gerne benytte lejligheden til at takke de deltagende gymnasier, Rigsarkivet, vores forskningsassistenter og sekretariat på SDU for hjælp og assistance i forbindelse med arbejdet i fysikekspertgruppen. En særlig tak går også til de mange lærere fra folkeskolen og gymnasiet samt undervisere fra det videregående uddannelsesniveau, der har svaret på vores spørgeskema.

Delrapporten om fysikfagligheden i gymnasiet (stx) er et fælles produkt, der er blevet til som resultat af ekspertgruppens arbejde. Alle konklusioner og analyser er et produkt af det fælles arbejde. Det betyder ikke, at alle er enige om alle sætninger i rapporten, men at alle i ekspertudvalget har bidraget vedvarende, koncentreret og indsigtsfuldt til tekster, analyser og diskussioner undervejs.

Produktet af arbejdet er *både* en analyse af udviklingen i fagligheden i fysik i gymnasiet på A-niveau og en analysemodel, der kan anvendes fremadrettet. Det betyder, at ekspertgruppens arbejde i sig selv er et stykke fysikfagligt udviklingsarbejde. De endelige anbefalinger inkluderer således også, hvordan der kan arbejdes videre med undersøgelser af fysikfaglighed – herunder analysemodellen.

Vi indleder rapporten med nogle tankevækkende spørgsmål:

- Ville studenterne fra 2018 kunne besvare eksamenssættet fra 1968?
- Ville studenterne fra 1968 kunne besvare eksamenssættet fra 2018?

Med en klassisk test kunne man nok besvare det første spørgsmål, men hvordan skal man kunne besvare det andet? Og begge spørgsmål må besvares, hvis det skal give mening at sammenligne elevernes faglige niveau over tid. Det viser, hvor vanskeligt det er at afgøre, om elevernes faglige niveau er øget eller faldet over tid, eller om det er uforandret. For så meget er så forskelligt. Én ting er sikkert, og det er, at fysikfagligheden er ændret over tid, ekspertgruppen er blevet enige om ikke at lave normative vurderinger af, om fagligheden er øget eller mindsket, men i stedet forsøge at beskrive, *hvilke* ændringer der er sket.

Spørgsmålene ovenfor kan derfor omformuleres til:

- Stiller eksamensspørgsmålene i 1968 og i 2018 de samme krav til elevernes fysikfaglige viden, færdigheder og kompetencer?

Svaret på dette spørgsmål kan søges belyst ved en analyse af eksamenssættene (og besvarelserne) for de pågældende år. Undersøgelsen er gennemført ved at undersøge stikprøver, og især undersøgelsen af elevernes besvarelser har været vanskelig, da disse ikke umiddelbart er tilgængelige. Udover de nævnte analyser bygger rapporten også på analyser af undervisningsbeskrivelser og på analyser af en spørgeskemaundersøgelse blandt fysiklærere i folkeskolen, i gymnasiet og på videregående uddannelser (universitetsuddannelser). Ydermere indeholder rapporten en komparativ analyse af fagligheden imellem de nordiske lande (Danmark, Sverige og Norge).

2. Læsevejledning

Denne delrapport for fysik består af i alt 14 afsnit og er opbygget således:

Indledning

Afsnit 1 og 2 rammesætter denne rapport og præsenterer fysikekspertgruppen. Afsnit 3 beskriver og begrundet den analyseramme, fysikgruppen har udviklet og anvendt, og de udfordringer/begrænsninger, der er iboende denne.

Analyser og resultater

Afsnit 4-10 er undersøgelsens hovedfokus. Efter en kort præsentation af læreplanen i afsnit 4 vil analyser af undervisningsbeskrivelser tiltænkt besvarelse af undersøgelsesspørgsmål 2 (se afsnit 1) blive præsenteret i afsnit 5. I afsnit 6 og 7 præsenteres analyser af nutidige eksamenssæt og eksamensbesvarelser, der skal danne basis for besvarelse af undersøgelsesspørgsmål 3 (se afsnit 1). Disse analyser suppleres med analyser af eksamenssæt fra forskellige perioder og ditto eksamensbesvarelser præsenteret i afsnit 9, til besvarelse af undersøgelsesspørgsmål 1 (se afsnit 1). I afsnit 8 præsenteres analyser af en spørgeskemaundersøgelse og i afsnit 10 komparative analyser af eksamenssæt fra Danmark, Norge og Sverige, der bidrager til den overordnede evaluering af fagligheden i fysik.

Hver af afsnittene 4-10 følger samme opdeling: et afsnit om materialer og metoder, et afsnit om resultater (deskriptive analyser) og slutteligt et afsnit om ekspertgruppens kommentarer til resultaterne. Eksperternes kommentarer er indsamlet løbende i projektforløbet gennem mødereferater, men primært som et fokusgruppe-interview på sidste møde, hvor fokus var på, hvad der havde overrasket eksperterne.

Konklusioner og diskussion

Afsnit 11 og 12 er konklusioner og anbefalinger fra ekspertgruppens arbejde samt en diskussion, der opsamler nogle af de udfordringer, som er iboende eller skabt af projektet.

Litteratur og bilag

Afsnit 13 og 14 fremlægger de tekstreferencer og det anvendte materiale, konklusionerne er baseret på.

3. Analysemodel

3.1. Den generelle analyseramme (med fysikbriller)

Ifølge opgavebeskrivelsen skulle projektet basere sig på en skelnen mellem tre dimensioner, som var defineret med reference til Kvalifikationsrammen for Livslang Læring: *viden* (elevens viden om et fysikemne samt forståelse heraf), *færdigheder* (hvad eleven kan gøre eller udføre indenfor fysikfaget) og *kompetencer* (elevens evne til selvstændigt at anvende fysikviden og fysikfærdigheder i en arbejds- eller studiesituation).

I løsningsbeskrivelsen for dette projekt blev hver dimension udviklet og specificeret i 6 kategorier, som resulterede i nedenstående generelle analysemodel (se figur 2) for projektet til undersøgelse af faglighed i såvel fysik som matematik, engelsk og dansk.

4	Erfaringer og værdier i den gymnasiale sektor		
3A	Eksamenssæt og eksamensbesvarelser		
2A	Præsentation Formidling Begrebskortlægning Basis-tekstkompetence Teorigengivelse Præstruktural analyse Faget/indhold som autoritet	Definerende Undersøgende Diskuterende Dokumentationskompetence Teoriforståelse Unistruktural og multistruktural analyse Selvpositionering af eleven ift. faget	Udvidende Brugende Udviklende Akademisk tekstkompetence Teoribrug Relationel og abstrakt analyse Eleven som udforsker
1	a) Viden om fagets vidensformer, begreber samt det indhold og de temaer, der arbejdes med i faget b) Metodisk viden c) Tværfaglig viden d) Viden om innovation e) Personlig viden f) Social viden	a) Færdigheder til elementært at anvende fagets vidensformer, begreber, indhold og temaer b) Metodiske færdigheder c) Tværfaglige færdigheder d) Innovationsfærdigheder e) Personlige færdigheder f) Sociale færdigheder	a) Kompetencer til at kombinere og reflektere over fagets vidensformer, begreber, indhold og temaer ift. konkrete situationer og sammenhænge b) Metodiske c) Tværfaglige kompetencer d) Innovationskompetencer e) Personlige kompetencer f) Sociale kompetencer
0	Viden og kundskaber (viden, der kan bringes i anvendelse fagligt)	Færdigheder (det, en person kan gøre eller udføre)	Kompetencer (evnen til at anvende viden og færdigheder i en arbejds-situation eller studiemæssig sammenhæng - involverer ansvar, selvstændighed og kreativitet)
1	a) Viden om fagets vidensformer, begreber samt det indhold og de temaer, der arbejdes med i faget b) Metodisk viden c) Tværfaglig viden d) Viden om innovation e) Personlig viden f) Social viden	a) Færdigheder til elementært at anvende fagets vidensformer, begreber, indhold og temaer b) Metodiske færdigheder c) Tværfaglige færdigheder d) Innovationsfærdigheder e) Personlige færdigheder f) Sociale færdigheder	a) Kompetencer til at kombinere og reflektere over fagets vidensformer, begreber, indhold og temaer ift. konkrete situationer og sammenhænge b) Metodiske kompetencer c) Tværfaglige kompetencer d) Innovationskompetencer e) Personlige kompetencer f) Sociale kompetencer
2B	Indhold Arbejdsformer Udtryksformer Produkt- og evalueringsformer	Indhold Arbejdsformer Udtryksformer Produkt- og evalueringsformer	Indhold Arbejdsformer Udtryksformer Produkt- og evalueringsformer
3B	Undervisningsbeskrivelser: Hvilke formål og mål, indhold, materialer, metoder og evalueringsformer inddrager læreren i planlægningen af undervisningen?		
4	Erfaringer og værdier i den gymnasiale sektor		

Figur 2. Analysemodel for undersøgelse af faglighed. Se elaboreret model i delrapport 1, *Projektets rammer og design*, bilag 1.

I modellen (niveau 1 i figuren¹) operationaliseres faglighed i de tre overordnede dimensioner *viden*, *færdigheder* og *kompetencer*, der således repræsenterer elevernes dygtighed indenfor fagene. Hver af disse specificeres i seks tværgående underdimensioner:

1. Vidensformer, begreber og indhold
2. Metoder
3. Tværfaglighed
4. Innovation
5. Personlige aspekter
6. Sociale aspekter

Det er altså med udgangspunkt i disse dimensioner, elevernes faglighed, som den kommer til udtryk i undervisningsbeskrivelser (afsnit 5) og læreplaner (afsnit 4 og 10), eksamenssæt (afsnit 6, 9 og 10), eksamensbesvarelser (afsnit 7 og 9), er blevet analyseret, og med udgangspunkt i disse dimensioner, at spørgeskemaet (afsnit 8) er kreeret og analyseret.

Analyseopgaven har med andre ord gået ud på at forsøge at undersøge, på hvilket fagligt niveau vidensformer, metode, tværfaglighed, innovation samt personlige og sociale aspekter ...

- fremstår i læreplanerne? – *læreplaner (i Danmark samt Norge og Sverige)*
- prioriteres af læreren i undervisningen? – *undervisningsbeskrivelser (i dag)*
- anvendes i eksamenssæt? – *eksamenssæt (i Danmark samt Norge og Sverige)*
- inddrages af eleverne i deres skriftlige eksamensbesvarelser? – *eksamensbesvarelser (i dag og tidligere)*
- vurderes af undervisere i gymnasieskolen og dens aftagere? – *spørgeskema (i dag sammenholdt med tidligere)*

I det efterfølgende afsnit koncentrerer analysefokusset på *faglighed i fysik*.

3.1.1. Den generelle analysemodels relation til fysikfaget

Analysen af elevernes faglighed i fysik i gymnasiet er operationaliseret ved hjælp af de tre overordnede (horisontale) dimensioner *viden*, *færdigheder* og *kompetencer* (se tabel 2, s. 12-13) samt de 6 (vertikale) underdimensioner (se tabel 3, 13-14).

Fysikviden (V)	Fysikfærdigheder (F)	Fysikkompetencer (K)
Fysikviden er det faglige indhold eller de stofområder, der undervises i. Der vil formodentligt kunne listes en lang række fysikemner, som alle fysikere (og fysikundervisere) synes er vigtige, at gymnasieelever med fysik på	Fysikfærdigheder er det, vi på engelsk ville kalde "skills", altså konkrete og afgrænsede handlinger. Dette kan inkludere laboratorieteknikker, beregnings-teknikker, opmåling, statistisk behandling af data, anvendelse af	Skellet mellem <i>fysikfærdigheder</i> og <i>fysikkompetencer</i> kan identificeres som viden og refleksion. <i>Fysikfærdigheder</i> repræsenterer således teknikker/fremgangsmåder etc., der udføres instrumentelt og uden personlig

¹ Niveau 2A og 2B omhandler tværgående og generiske forhold, niveau 3A og 3B omhandler de data, der skal analyseres, og niveau 4 er det helt overordnede niveau for den gymnasiale undervisning.

A-niveau skal have viden om: mekanik, varmelære, elektriske kredsløb, bølger, elektriske og magnetiske felter, astronomi etc. Ifølge Dolin (2004) går en mindre del af tiden i fysikundervisningen i gymnasiet med fysikbegreber og lovmæssigheder (dvs. med <i>viden</i>), i stedet bruges størstedelen af fysikundervisningen med at lære arbejdsmetoder og procedurer, hvilket leder til afsnittene om <i>fysikfærdigheder</i> og <i>fysikkompetencer</i>.	bestemt apparatur/it, metoder til gennemførelse af undersøgelser, analyser m.m. Differentieringen mellem fysikfærdigheder og fysikkompetencer er uskarp, dette skyldes ikke mindst, at en teknik, der i én sammenhæng betragtes som en fysikfærdighed (fordi den har et instrumentelt, anvendelsesorienteret sigte), i en anden kontekst vil kunne betragtes som en fysikkompetence (hvis den her er essentiel, for at eleven bliver en kritisk og selvstændig bruger (eller udvikler) af teknikken).	fortolkning af opgaven. <i>Fysikkompetencer</i> afhænger derimod af konteksten (opgaveformuleringen, hvis vi taler skriftlige opgavebesvarelser) og elevens egen tolkning af og refleksion over denne. <i>Fysikkompetencer</i> integrerer således (ofte) både <i>fysikviden</i> og <i>fysikfærdigheder</i> og refleksion i forståelsen af fysikfænomener og besvarelse af – ofte komplekse – problemstillinger (Dolin 2004). EVA-rapporten (2018, s. 16) konkluderer, at der i løbet af de sidste 50 år er ”kommet et øget fokus på elevernes kompetencer” i fysik. De beskriver, hvordan eleverne i højere grad skal være i stand til at anvende faget, hvordan fysikopgaverne bliver mere åbne/inquiry-lignende, og at eleverne skal forholde sig kritisk, reflekterende og selvstændigt analyserende (fremfor fx at udføre regnetekniske færdigheder).
---	---	---

Tabel 2. Fysikfaglighed: De tre hoveddimensioner.

Vidensformer, begreber og indhold (1)	Elever har inden deres første skolemøde med fysikken allerede årelange erfaringer med og kendskab til fysikfænomener – her er der tale om <i>hverdagsfysikviden</i> (Krogh & Andersen 2016). I skolen stilles eleven så overfor <i>en skolefaglig fysikviden</i>, som refererer til, men ikke er overensstemmende med hverken <i>videnskabelig fysikviden</i> eller <i>praksisfysikviden</i> (i fremtidigt erhverv), jf. delrapport 1. I sidste ende er det dog målet, at eleven selv skal kunne anvende og forstå den videnskabelige fysikviden og den erhvervsrettede praksisviden. Samtidig kan der være en pædagogisk pointe i bevidst at bruge hverdagsfysikviden i undervisningen, om ikke andet, så fordi det er den, eleverne trækker på (Krogh & Andersen 2016). Der findes altså flere forskellige vidensformer i fysikundervisningen. Eleverne danner sig ”begrebsbilleder” af alt det, de forbinder med eller associerer med et givent fysisk begreb. Det betyder også, at prioriteringen og integrationen af vidensformer bliver central, fordi de enkelte begreber ikke bliver generelle og anvendelige for eleverne <i>udover</i> de konkrete erfaringer, de gør sig med begrebet igennem undervisningen (Blomhøj 2016, s. 77).
Metoder (2)	Der er ikke bare kommet et øget fokus på kompetencer i fysik (som beskrevet ovenfor), der er i særdeleshed kommet et øget fokus på <i>undersøgelseskompetencer</i> (Krogh & Andersen 2016). Fysikkens eksperimentelle del og dens metoder er altså ikke blot et mål til <i>fysikviden</i>. Metodiske <i>færdigheder</i> (som at anvende almindeligt laboratorieudstyr) og metodiske <i>kompetencer</i> (som at formulere hypoteser og designe undersøgelser) er et fundamentalt mål for fysik i sig selv. Dette illustreres også af fx Andersen m.fl. (2003) som en generel naturvidenskabelig empirikompetence: observation og beskrivelse, udførelse af fysik eksperimenter, klassifikation, manuelle færdigheder, dataindsamling og -behandling, sikkerhed, vurdering af usikkerhed og hensigtsmæssighed, metodekritik, generalisering mellem praksis og teori.

Tværfaglighed (3)	Svein Sjøberg spørger i bogen <i>Naturfag som almindannelse</i> (2012, s. 448), hvor grænserne for naturfag går. Vi kan uddybe og spørge, hvor snitfladen mellem fysik og teknologi, mellem fysik og matematik og mellem fysik og kemi går? Eller vi kan vende det på hovedet og spørge i retning af tværfaglighed, hvor fællesmængden for fysik og fag X findes. I EVA-rapporten (2018) konkluderes, at fysik først og fremmest har været relateret til andre naturvidenskabelige fag (historisk særligt matematik) og dernæst til teknologi og andre mere samfundsrelaterede fag/emner. En anden tværfaglig komponent er inddragelsen af it i undervisningen. I denne undersøgelse har vi foretaget analyser tilbage til før lommeregnerens indtog i gymnasieskolen, frem mod integrerede, komplekse CAS-programmer (Computer Algebra System) og virtuelle øvelser.
Innovation (4)	Innovativ faglighed i fysik i gymnasiet kan handle om at udvikle eller vurdere potentielt realiserbare innovative løsningsforslag på fysiske problemstillinger. På den måde relaterer innovation sig stærkt til metode og til kompetencen at kunne overføre fysikviden/færdigheder fra ét felt til et nyt.
Personlige aspekter (5)	Fysikkompetencer kan også indbefatte personlig meningsdannelse. Allerede i 1970 fremførte Klopfer (1970, s. 4) en kompetencebeskrivelse, der indeholdt elementet ”Manifestation af favorable holdninger overfor naturvidenskab og naturvidenskabsfolk” (egen oversættelse). Fysik (og de resterende naturfag) har ellers traditionelt været marginaliseret i forhold til dannelsesdiskursen (Dolin, Krogh & Troelsen 2003, s. 68), men særligt Sjøberg (2012) har aktualiseret dannelsesdiskussionen i naturfagene i Norden. Med dannelseselementet aktualiseres personlige aspekter af fysikfaglighed. Sjøberg (2012, s. 190) argumenterer blandt andet for fysik (naturfag) med • <i>Nytteargumentet</i>: Naturfag til praktisk beherskelse af dagliglivet i et moderne samfund. • <i>Økonomiargumentet</i>: Naturfag som lønsom forberedelse til erhverv og uddannelse i et højteknologisk og videnskabsbaseret samfund. Sidstnævnte har et vist karriere-kompetence-perspektiv i sig (som der skal arbejdes med i alle gymnasiale fag efter 2017-reformen).
Sociale aspekter (6)	Sjøbergs økonomiargument (2012, s. 190, se ovenfor) gælder også for sociale aspekter – i samfundsmæssig kontekst. Argumentet er så at sige dobbeltsidet (personlig og samfundsrelateret). Derudover bliver to andre dannelsesargumenter for fysik (naturfag) fremført: • <i>Demokratiargumentet</i>: Naturvidenskabelig kundskab er vigtig for informeret meningsdannelse og ansvarlig deltagelse i demokratiet. • <i>Kulturargumentet</i>: Naturvidenskaben er en vigtig del af menneskets kultur. Forholdet mellem fysik og samfundet er altså gensidigt influerende. Fysikkens vindinger har influeret kulturen, hvori fysikken eksisterer, men den kulturelle kontekst har på samme tid influeret udviklingen af/i fysik (Klopfer 1970). Selv på individniveau må vi antage, at denne gensidige indflydelse er til stede. Dolin, Krogh & Troelsen (2003, s. 70) diskuterer således, om ikke kompetencer i det hele taget bør anses som en social kategori, idet kompetencer erhverves mellem mennesker og i sociale sammenhænge. Ligeledes er kompetencen at formidle/kommentere fysik trådt særligt frem i arbejdet i ekspertgruppen.

Tabel 3. Fysikfaglighed: De seks underdimensioner.

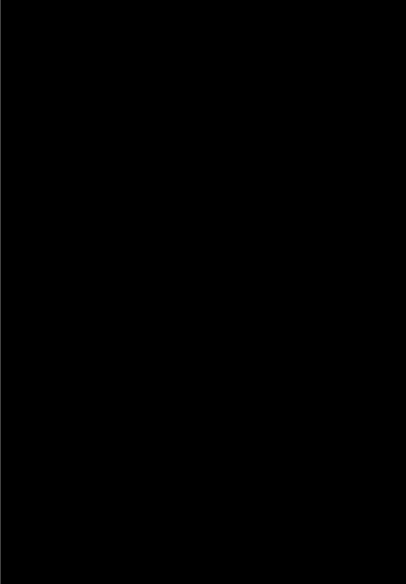
3.2. Den fysikspecifikke analyseramme

Analyserammen for fysik (tabel 4) er fremkommet på følgende måde:

- Først og fremmest er den guidet af den overordnede analysemodel med dens overordnede faglighedsdimension (*viden, færdigheder og kompetencer* – tabel 2), der genfindes horisontalt, samt de seks underdimensioner (*vidensformer, metoder, tværfaglighed, innovation, personlige aspekter og sociale aspekter* – tabel 3), der genfindes vertikalt.
- Analyserammen er endvidere stærkt inspireret af Klopfer (1970), der på baggrund af Blooms taksonomi (Bloom m.fl. 1956) har lavet et grundigt skema over studerendes ageren og fagindhold i forskellige naturfag. Det første udkast til den fysikspecifikke analyseramme indeholdt udsagn, der var udvalgt, oversat og i visse tilfælde fysikspecificeret fra Klopfer (1970). Udover Klopfer er der suppleret med udsagn fra Dolin (2004), der har opstillet fysikspecifikke kompetencebeskrivelser. Et lignende eksempel findes for øvrigt hos Dolin, Krogh & Troelsen (2004).
- Slutteligt er analyserammen modificeret og tilpasset efter ekspertgruppens anbefalinger i det løbende arbejde i projektet. Her kan blandt andet nævnes sammenlægning af nogle udsagn (fx under den samlede kategori V1.4: Viden om klassifikation, kategorier og kriterier anvendt i fysik) og tilføjelse af andre (fx K1.6: Gennemføre rimelighedsvurdering af resultater og størrelsesordner og K4.1: Løse et problem på nye måder). Endvidere fandt ekspertgruppen det relevant – netop for fysik – at understrege, at den overordnede dimension 'metoder' kunne være både teoretiske og eksperimentelle. Dette er derfor tilføjet i overskriften for denne række.

	Viden (V)	Færdigheder (F)	Kompetencer (K)
Vidensformer, begreber og indhold (1)	V1.1: Viden om specifikke fysikfacts (udenadslære) V1.2: Viden om fysikbegreber V1.3: Kendskab til fysikterminologi V1.4: Viden om klassifikation, kategorier og kriterier anvendt i fysik V1.5: Kendskab til fysiske principper og love V1.6: Kende fysiks særlige karakter som disciplin og erkendelsesmåde V1.7: Kende fysiks historiske udvikling	F1.1: Anvende fysikbegreber F1.2: Udtrykke sig med tilstrækkelig faglig præcision i et fysikfagligt sprog F1.3: Anvende bogstavsymboler og formelsprog (matematik) og regne med enheder F1.4: Kan skifte mellem forskellige repræsentationsformer F1.5: Søge og anvende informationer om fysikstørrelser og -fænomener fra tabelværker, databaser og lignende	K1.1: Stille relevante spørgsmål i/til fysik K1.2: Anerkende begrænsninger ved videnskabelige forklaringer K1.3: Anvende erhvervet fysikviden og -færdigheder i nye sammenhænge K1.4: Identificere facts, procedurer, klassifikationsskemaer og teorier i nye kontekster K1.5: Kunne skelne mellem forskellige typer af udsagn (observationer, fortolkninger, love, teorier etc.) og deres forhold til hinanden K1.6: Gennemføre rimelighedsvurdering af resultater og størrelsesordner K1.7: Indsigt i, hvordan fysik giver muligheder/begrænsninger for, hvordan problemer (særligt samfundsrelaterede problemer) kan forstås og løses

Metoder – eksperimentelle og teoretiske (2)	V2.1: Viden om videnskabelige teknikker og procedurer V2.2: Anerkende usikkerheder i målinger V2.3: Kendskab til forskellige repræsentationer af fysikfænomener V2.4: Kende til forskellige repræsentationers styrker og svagheder	F2.1: Identificere et fysisk problem F2.2: Udlede relevante variable og udlede deres betydning for et problem F2.3: Formulere en arbejdshypotese F2.4: Beskrive observation med passende fysiksprog F2.5: Anvende matematiske metoder F2.6: Måle et objekt og ændringer F2.7: Estimere en måling F2.8: Anvende almindeligt forekommende laboratorieudstyr F2.9: Anvende gængs laboratorieudstyr med hensyn til sikkerhedsforanstaltninger F2.10: Afprøve en model F2.11: Analysere data F2.12: Præsentere data	K2.1: Løse åbne og lukkede problemer indenfor fysik K2.2: Gøre et problem tilgængelig for undersøgelse (designe en relevant undersøgelse for at teste hypoteser) K2.3: Vælge relevante måleinstrumenter K2.4: Have forståelse for sammenhængen mellem teori og eksperiment K2.5: Vurdere måleresultaters pålidelighed og undersøgelsesmetodens hensigtsmæssighed K2.6: Tolke resultater og opstille modeller, der beskriver problemet K2.7: Validere en model
Tværfaglighed (3)	V3.1: Kende fysiks relationer til andre naturvidenskabelige fagområder (herunder teknologi) V3.2: Kende fysiks relationer til ikke-naturvidenskabelige fagområder	F3.1: IT-færdigheder (fx CAS-programmer)	K3.1: Overføre fysikviden/metode til andre felter indenfor/udenfor naturvidenskab K3.2: Reflektere over fysiks egnethed til og begrænsning ved arbejde med forskellige typer problemstillinger K3.3: Tage stilling til pålideligheden af udsagn, som indeholder fysikviden i almindelige informationskilder (aviser, medier osv.) K3.4: Vurdere fysiks værdinormer og vidensideal i relation til andre vidensformer og værdinormer
Innovation (4)			K4.1: Løse et problem på nye måder
Personlige aspekter (5)			K5.1: Relatere sig selv til fysiks beskrivelse af omverdenen K5.2: Kende handlemuligheder for sig selv i tilfælde, hvor fysik beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemer K5.3: Kende egne begrænsninger eller muligheder i relation til fysik

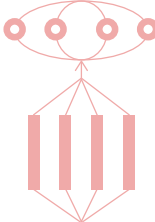
Sociale aspekter (6)		F6.1: Samarbejde med andre i løsning af praktiske og teoretiske fysikproblemer	K6.1: Forholde sig til etiske og moralske problemstillinger indenfor fysikfaglige områder
			K6.2: Aerkende forholdet mellem videnskabelige fremskridt, tekniske bedrifter og økonomisk udvikling
			K6.3: Kende handlemuligheder for samfundet i tilfælde, hvor fysik beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemer
			K6.4: Kunne formidle fysikviden til forskellige målgrupper
			K6.5: Kunne identificere fysiske problemstillinger i hverdagssituationer

Tabel 4. Den fysikspecifikke analyseramme: Hvert udsagn i analyserammen er på formen XA.B, hvor X refererer til de tre overordnede horisontale dimensioner: viden, færdigheder og kompetencer (VFK). A refererer til de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. B er løbende nummerering af de enkelte udsagn. Ekspertgruppen fandt det ikke gangbart at tale om fysikviden indenfor innovation (V4), personlige aspekter (V5) og sociale aspekter (V6) samt fysikfærdigheder indenfor innovation (F4). Disse er derfor bevidst efterladt blanke og markeret med sort i denne og efterfølgende tabeller.

I arbejdet med modellen har ekspertgruppen refereret til modellen som VFK dels med henvisning til de overordnede dimensioner *viden, færdigheder og kompetencer*, dels for at differentiere denne analysetilgang fra de SOLO-analyser, der også blev anvendt i projektet.

3.3. SOLO-taksonomien

Ekspertgruppen fandt det relevant også at inkludere brugen af SOLO-taksonomien (Biggs & Tang 2011) i deres analyser for udover VFK-analyserne også at kunne inddrage analyser af kompleksitetsniveauet i de analyserede materialer. SOLO-taksonomien (Structure of Observed Learning Outcomes) er udviklet af Biggs & Tang (2011). Den var særlig relevant i undersøgelser af eksamenssæt og eksamensbesvarelser.

S1	S2	S3	S4	S5	*
Præstruktuel	Unistruktuel	Multistruktuel	Relationel	Abstrakt	"Repræsentationsformer"
Misforstår pointen					Stjernen indikerer brug af tabeller/grafer eller lignende repræsentationsformer og knytter sig således til VFK V2.3 og K1.4.

Tabel 5. SOLO-taksonomien som anvendt til analyse af fysikfaglighed.

Som det ses i tabel 5 (s. 17) opererede ekspertgruppen med fire SOLO-niveauer og derudover en indikation (*) af om opgaven krævede, at eleven brugte tabeller/graffer eller lignende repræsentationsformer.

3.4. Initiale kommentarer om udfordringer/begrænsninger

Fysikfaget adskiller sig væsentligt fra de øvrige tre fag i undersøgelsen på mindst to måder, som ekspertgruppen allerede indledningsvist vil pointere har indflydelse på de resultater, der efterfølgende præsenteres.

1. **Fysik A er et valgfag, som relativt få elever vælger.** Her adskiller fysik sig fra Matematik A og Engelsk A – og særligt fra Dansk A, som er obligatorisk for alle. I de seneste år har der været en konstant elevmasse med Fysik A på knap 2000 elever.² En af begrundelserne for dette relativt lave optag er, at fysik opfattes som et svært valgfag.³ Elever, der vælger valgfag af strategiske årsager (opnå højt karaktergennemsnit eller gode optagelsesmuligheder i videre uddannelse), vil derfor muligvis fravælge fysik. Det betyder derfor også, at vi må antage, at de elever, der faktisk vælger Fysik A, har en stor interesse i fysik og muligvis ønsker at fortsætte deres videre uddannelse i relation til fysik. Man kan derfor diskutere, om Fysik A i højere grad end andre A-niveau-fag er studieforberedende, og elever, der primært er interesserede i den mere almindelige fysikundervisning⁴ i gymnasiet, i højere grad er at finde på Fysik B- og C-niveau. Analyser af B- og særligt C-niveau ligger dog udenfor projektets ramme.
2. **Fysikfaget indeholder en betragtelig eksperimentel del.** Hermed adskiller faget sig i udtalt grad fra undersøgelsens andre fag. Den eksperimentelle viden, de eksperimentelle færdigheder og kompetencer bliver testet som en del af den afsluttende mundtlige eksamen. **Da mundtlig eksamen ikke indgår som en del af materialet for nærværende undersøgelse, vil en betragtelig del af fysikfagligheden altså ikke blive undersøgt.** Allerede indledningsvist vil vi påpege denne begrænsning i undersøgelsens design.

I relation til ovenstående punkt 2 vil vi også på nuværende tidspunkt pointere, at de forskellige dimensioner og udsagn i VFK-modellen (tabel 4) antageligt vil være vægtet uens i forskellige materialer (læreplaner, undervisningsbeskrivelser, eksamenssat/besvarelser, mundtlige eksamensspørgsmål, eksperimentelle øvelser, lærebogsmateriale og/eller den politiske debat om fysikfaget på forskellige tidspunkter i forskellige lande). Den mundtlige prøve indgår ikke i nærværende undersøgelse. Det betyder, at ekspertgruppen ikke forventer i større grad at finde eksempler på de grønne udsagn i tabel 6. Som pointeret under punkt 2 er der altså en væsentlig del af fysikfagligheden, som undersøgelsen ikke adresserer. I tabel 6 (s. 19-20) har ekspertgruppen indledningsvist givet deres bud på, hvor de forskellige VFK-dimensioner/udsagn særligt vil være at forefinde.

2 <https://arkiv.emu.dk/modul/r%C3%A5d-og-vink-til-den-skriftlige-pr%C3%B8ve> – her ses, hvor mange der hvert år har været til skriftlig eksamen. Det skal dog noteres, at det ikke er alle studerende med Fysik A, der bliver udtrukket til skriftlig eksamen (nogle skal i stedet til mundtlig eksamen).

3 <https://ing.dk/blog/fysik-er-ikke-sarte-sjale-128396> – Jakob Rosenkrantz de Lasson, Ingeniøren, 13. april 2012.

4 Termen 'almindelig fysik' kan have mange betydninger, og det har været udenfor denne undersøgelses rækkevidde at definere denne. Se fx Dolin, Jacobsen, Jensen & Johannsen (2006) for en begrebsdefinition (og undersøgelse) af 'naturvidenskabelig dannelse i gymnasiet'.

	Viden (1)	Færdigheder (2)	Kompetencer (3)
Vidensformer, begreber og indhold (1)	V1.1: Viden om specifikke fysikfacts (udenadslære) V1.2: Viden om fysikbegreber V1.3: Kendskab til fysikterminologi V1.4: Viden om klassifikation, kategorier og kriterier anvendt i fysik V1.5: Kendskab til fysiske principper og love V1.6: Kende fysiks særlige karakter som disciplin og erkendelsesmåde V1.7: Kende fysiks historiske udvikling	F1.1: Anvende fysikbegreber F1.2: Udtrykke sig med tilstrækkelig faglig præcision i et fysikfagligt sprog F1.3: Anvende bogstavsymboler og formelsprog (matematik) og regne med enheder F1.4: Kan skifte mellem forskellige repræsentationsformer F1.5: Søge og anvende informationer om fysikstørrelser og -fænomener fra tabelværker, databaser og lignende	K1.1: Stille relevante spørgsmål i/til fysik K1.2: Anerkende begrænsninger ved videnskabelige forklaringer K1.3: Anvende erhvervet fysikviden og -færdigheder i nye sammenhænge K1.4: Identificere facts, procedurer, klassifikationsskemaer og teorier i nye kontekster K1.5: Kunne skelne mellem forskellige typer af udsagn (observationer, fortolkninger, love, teorier etc.) og deres forhold til hinanden K1.6: Gennemføre rimeligheds-vurdering af resultater og størrelsesordner K1.7: Indsigt i, hvordan fysik giver muligheder/begrænsninger for, hvordan problemer (særligt samfundsrelaterede problemer) kan forstås og løses
	V2.1: Viden om videnskabelige teknikker og procedurer V2.2: Anerkende usikkerheder i målinger V2.3: Kendskab til forskellige repræsentationer af fysikfænomener V2.4: Kende til forskellige repræsentationers styrker og svagheder	F2.1: Identificere et fysisk problem F2.2: Udlede relevante variable og udlede deres betydning for et problem F2.3: Formulere en arbejdshypotese F2.4: Beskrive observation med passende fysikprog F2.5: Anvende matematiske metoder F2.6: Måle et objekt og ændringer F2.7: Estimere en måling F2.8: Anvende almindeligt forekommende laboratorieudstyr F2.9: Anvende gængs laboratorieudstyr med hensyn til sikkerhedsforanstaltninger F2.10: Afprøve en model F2.11: Analysere data F2.12: Præsentere data	K2.1: Løse åbne og lukkede problemer indenfor fysik K2.2: Gøre et problem tilgængelig for undersøgelse (designer en relevant undersøgelse for at teste hypoteser) K2.3: Vælge relevante måleinstrumenter K2.4: Have forståelse for sammenhængen mellem teori og eksperiment K2.5: Vurdere måleresultaters pålidelighed og undersøgelsesmetodens hensigtsmæssighed K2.6: Tolke resultater og opstille modeller, der beskriver problemet K2.7: Validere en model
Metoder - eksperimentelle og teoretiske (2)			

Tverrfaglighed (3)	V3.1: Kende fysiks relationer til andre naturvidenskabelige fagområder (herunder teknologi)	F3.1: IT-færdigheder (fx CAS-programmer)	K3.1: Overføre fysikviden/metode til andre felter indenfor/udenfor naturvidenskab
	V3.2: Kende fysiks relationer til ikke-naturvidenskabelige fagområder		K3.2: Reflektere over fysiks egnethed til og begrænsning ved arbejde med forskellige typer problemstillinger
			K3.3: Tage stilling til pålideligheden af udsagn, som indeholder fysikviden i almindelige informationskilder (aviser, medier osv.)
Innovation (4)			K3.4: Vurdere fysiks værdinormer og vidensideal i relation til andre vidensformer og værdinormer.
			K4.1: Løse et problem på nye måder
Personlige aspekter (5)		F5.1: Vedholdenhed i relation til praktiske og teoretiske fysikproblemer	K5.1: Relatere sig selv til fysiks beskrivelse af omverdenen
			K5.2: Kende handlemuligheder for sig selv i tilfælde, hvor fysik beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemer
			K5.3: Kende egne begrænsninger eller muligheder i relation til fysik
Sociale aspekter (6)		F6.1: Samarbejde med andre i løsning af praktiske og teoretiske fysikproblemer	K6.1: Forholde sig til etiske og moralske problemstillinger indenfor fysikfaglige områder
			K6.2: Anerkende forholdet mellem videnskabelige fremskridt, tekniske bedrifter og økonomisk udvikling
			K6.3: Kende handlemuligheder for samfundet i tilfælde, hvor fysik beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemer
			K6.4: Kunne formidle fysikviden til forskellige målgrupper
			K6.5: Kunne identificere fysiske problemstillinger i hverdags-situationer

Tabel 6. Den fysikspecifikke VFK-analyseramme med pointering af, hvor de enkelte dimensioner/udsagn i særlig grad forventes udmøntet. **GUL:** Forventes at forefindes i skriftlige eksamener/besvarelser. **GRØN:** Forventes at forefindes i den mundtlige prøve – herunder den eksperimentelle del (og indgår således ikke direkte i denne undersøgelse). De dele, der testes i enten skriftlig eller mundtlig (eksperimentel og teoretisk) prøve, forefindes også i undervisningen. **BLÅ:** Forventes (udelukkende) at forefindes i den daglige undervisning og skal således findes i undervisningsbeskrivelser og/eller læreplaner. **LILLA:** Forventes at indgå på alle niveauer.

4. Kort om læreplanen

Læreplansanalyser af fysikfaget er nyligt foretaget i EVA-rapporten (2018). Her konkluderes (s. 118), at læreplanerne over tid har:

1. Et stabilt kernestof gennem perioden
2. Større bredde og mindre matematisk dybde over tid
3. Styrket fokus på kompetencer over tid

I denne rapport undersøges udviklingen i læreplaner ikke over tid.

4.1. Materialer og metoder

Læreplansanalyse indgår ikke som et decideret datagrundlag for indeværende undersøgelse. Men eftersom de nutidige læreplaner analyseres på tværs af de nordiske lande (afsnit 10), har den danske læreplan (fra 2017-reformen) alligevel været diskuteret i ekspertgruppen.

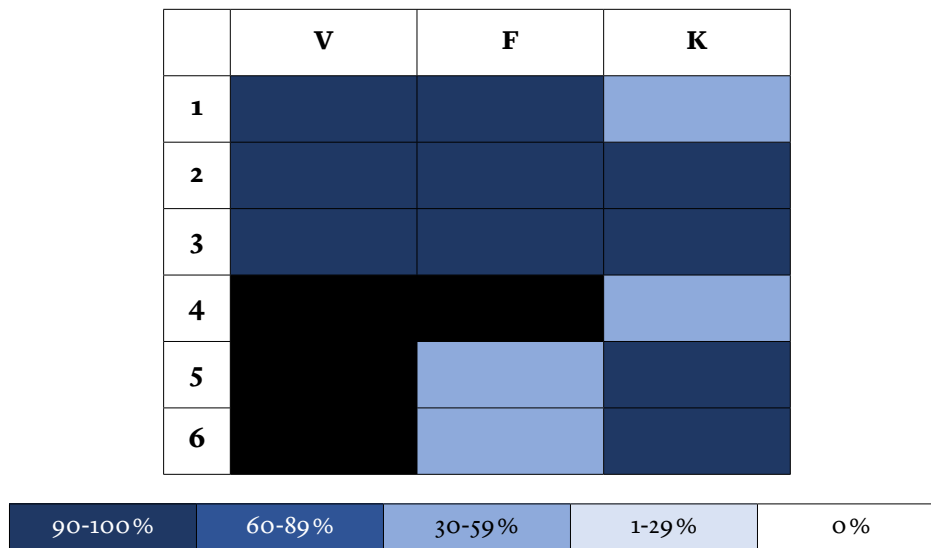
To medlemmer af ekspertgruppen har ved hjælp af VFK-modellen analyseret den seneste læreplan for Fysik A (se bilag 1) ved at vælge analysekoder (fra tabel 4). Cohens Kappa er en værdi, der fortæller om overensstemmelser imellem to analytikeres kodninger udover den, der kunne være sket tilfældigt (Bryman 2004). Overensstemmelsen imellem de to eksperters kodning og Cohens Kappa fordelte sig således:

- Vidensudsagn: Overensstemmelse: 92 %. Cohens Kappa: 0,6: God
- Færdighedsudsagn: Overensstemmelse: 75 %. Cohens Kappa: 0,5: Fair
- Kompetenceudsagn: Overensstemmelse: 56 %. Cohens Kappa: 0,5: Fair

Dette giver samlet set en fair/god inter-rater-reliabilitet, hvilket for denne type materiale, det store antal mulige VFK-udsagn og den hidtil uafprøvede VFK-analysemodel er tilfredsstillende. Se generel diskussion af inter-rater-reliabilitet for studiet i afsnit 11.

Analysen af læreplanen viser, at viden, færdigheder og kompetencer fordeler sig bredt i størstedelen af VFK-analysemodellen. Dette er visualiseret i figur 3 (s. 22; se udfoldet analyse i bilag 1).

Se endvidere diskussion af den danske læreplan i relation til den norske og den svenske i afsnit 10.



Figur 3. VFK-analyse af den danske læreplan: De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 2 analyser eksperterne har vurderet, at læreplanen indeholder den pågældende dimension.

5. Undervisningsbeskrivelser m.m.

5.1. Materialer og metoder

Ekspertgruppen fik oprindeligt adgang til undervisningsbeskrivelser fra 10 gymnasier fra perioden 2009-2018. Gymnasierne var udvalgt, så de var fordelt i hele landet (2 fra hver region), og endvidere så de to og to repræsenterede hhv. et gymnasium med højt og et med lavt karaktergennemsnit på tværs af studiets 4 fag. Eftersom Fysik A ikke udbydes på alle gymnasier i alle år, resulterede dette i i alt 61 undervisningsbeskrivelser.

Undervejs blev undersøgelsen af undervisningsbeskrivelserne særdeles udfordret af, at de link, vi havde fået, på grund af General Data Protection Regulation (GDPR-regler) blev lukket fra den ene dag til den anden – og uden varsel. Et større arbejde med at genindsamle undervisningsbeskrivelserne blev efterfølgende igangsat.

En hurtig gennemgang af undervisningsbeskrivelserne viste, at de – for Fysik A i hvert fald – var meget overordnede og indeholdt begrænset information, se eksempel i bilag 2. I undervisningsplanerne var det ikke specificeret, om der var tale om Fysik A som et 1-årigt valgfag eller et 3-årigt studieretningsfag. Ydermere var der ingen information i undervisningsbeskrivelserne, der ville være egnet til at lave analyser ved hjælp af VFK-analysemodellen eller SOLO-taksonomien. Ekspertgruppen besluttede derfor tidligt i forløbet at minimere analysen af undervisningsbeskrivelserne og i stedet fokusere undersøgelsen af det aktuelle niveau i Fysik A på eksamenssæt (afsnit 6) og eksamensbesvarelser (afsnit 7). For undervisningsbeskrivelserne blev emner/temaer dog listet, kodet i relation til kerne-stofemnerne i læreplanen og sammenlignet.

Ekspertgruppen diskuterede andre mulige kilder til den information, som desværre ikke var at finde i undervisningsbeskrivelserne. Det har resulteret i diskussionen i nedenstående afsnit.

5.1.1. Lærebogsmateriale, øvelsesvejledning, "uofficielle undervisningsbeskrivelser" m.m.

Ekspertgruppen fandt det utilfredsstillende at måtte forkaste undervisningsbeskrivelserne som datakilde. Men på trods af adskillige tilløb blev der ikke fundet et solidt alternativ, som der ville kunne nås at indsamle repræsentativt materiale fra og lave fyldestgørende analyser på. Undervejs blev diskuteret:

- **Analyser af lærebogsmateriale:** Strukturerede lærebogsanalyser har vist sig at være en omfattende procedure, men at kunne give et indblik i, hvilket indhold og hvilken pædagogik elever bliver ”bundet op på” (Krogh 2006). Ekspertgruppen kiggede et udvalg af fysiklærebøger fra de sidste 50 år igennem. Emnet ’det skrå kast’, der har været repræsenteret i alle årene, blev valgt som et potentielt emne, der kunne give information om såvel det aktuelle niveau samt udviklingen i fagligheden i Fysik A. Grundet historiciteten i denne analyse præsenteres dataene herfra i afsnit 9.
- **Analyser af øvelsesvejledninger:** Ekspertgruppen diskuterede også muligheden for at analysere forskellige øvelsesvejledninger. De kiggede ligeledes forskellige øvelsesvejledninger igennem. Der tegnede sig en tendens til, at øvelserne med tiden (efter indførelsen af undersøgelsesbaserede tilgange) var blevet mindre styrede og skulle tage længere tid. Denne tendens er kendt fra både folkeskole, gymnasium og videregående uddannelser på tværs af de eksperimentelle fag: ”Moderne læringsteori og en omfattende teori taler for at man bør erstatte de traditionelle elevøvelser med såkaldte undersøgelsesbaseret undervisning”, ”Kravene til selvstændighed vokser med mængden af frihedsgrader i opgaven [...] Traditionelt har elevernes praktiske arbejde i naturfag været fastlagt af en øvelsesvejledning uden reelle frihedsgrader” (Krogh & Andersen 2016). Da materialet i indeværende undersøgelse dog var langt fra repræsentativt udvalgt, er det svært at drage konklusioner derfra.
- **Analyser af ’uofficielle’/uddybende undervisningsbeskrivelser:** Ekspertgruppens gymnasierepræsentanter kunne informere om ”uofficielle undervisningsbeskrivelser”, som de selv og deres kollegaer udleverede til eleverne og censorerne – se eksempel i bilag 3. Disse beskrivelser var mere detaljerede end de officielle undervisningsbeskrivelser, vi i projektet fik adgang til. Vurderingen var, med de eksempler, ekspertgruppen så, at det her potentielt ville være muligt at foretage analyser med VFK-analyserammen. Men igen blev ideen ikke ført ud i livet på grund af iboende problemer med at indsamle repræsentative uofficielle undervisningsbeskrivelser.

5.2. Resultater

Alle undervisningsbeskrivelser *burde* langt hen ad vejen indeholde de samme 8 kernestofemner: Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede, Energi, Elektriske kredsløb, Bølger, Elektriske og magnetiske felter, Kvantefysik, Mekanik og Fysik i det 21. århundrede (jf. læreplanen) og kun enkelte valgfrie emner/supplerende stof. Men den liste over emner/temaer, som undervisningsbeskrivelserne indeholdt (se tabel 7, s. 25-26), viste, at underviserne synes at have fokus på forskellige elementer. Hvorvidt dette munder ud i forskellige fokus i selve undervisningen (eller blot i de officielle undervisningsbeskrivelser), kan vi dog ikke udtale os om. Ligeledes er det ikke muligt ud fra undervisningsbeskrivelserne at vurdere, hvor dybdegående de enkelte temaer er blevet behandlet.

Tabel 7 fortæller noget om den store spredning i indhold, eleverne potentielt bliver udsat for gennem deres Fysik A-undervisning. Dette giver – på godt og ondt – studenter med forskellig viden, men (forhåbentligt) alligevel de samme færdigheder og kompetencer.

Årstal	Gymnasium	Emner									
		Fysik- kens bidrag til det natur- viden- skabelige verdens- billede	Energi	Elek- triske kredsløb	Bølger	Elek- triske og magne- tiske felter	Kvante- fysik	Mekanik	Fysik i det 21. århund- rede	Total Kerne- stof- emner pr. gymna- sium	Supple- rende stof
2009	A	X	X	X			X	X	X	6/8	
	B	X	X	X	X		X	X	X	7/8	X
	C	X		X	X		X	X	X	6/8	X
	D				X	X	X	X	X	5/8	
	E	X				X		X	X	4/8	X
	H							X	X	2/8	
2010	A						X	X	X	3/8	
	C	X		X			X	X		4/8	
	D					X	X	X	X	4/8	
	E					X	X	X	X	4/8	X
	F					X	X	X	X	4/8	X
	H							X	X	2/8	X
2011	C	X	X	X	X		X	X	X	7/8	
	E					X		X	X	3/8	
	F			X	X	X	X	X	X	6/8	
	I							X	X	2/8	X
2012	A	X	X	X	X	X	X	X		7/8	
	B	X	X			X		X		4/8	X
	C	X	X	X	X	X	X	X		7/8	
	D	X				X		X		3/8	
	E					X	X	X		3/8	
	F					X	X	X		3/8	
	I	X				X		X		3/8	
2013	A	X	X	X		X	X	X		6/8	X
	B	X				X		X		3/8	X
	C	X		X	X		X	X	X	6/8	
	D		X	X		X	X	X		5/8	
	E					X	X	X		3/8	
	F	X				X		X		3/8	
2014	A	X				X	X	X		4/8	
	B	X				X		X	X	4/8	X
	C				X	X		X		3/8	X
	E					X	X	X		3/8	X
	F	X	X		X	X	X	X		6/8	X
	H	X				X	X	X		4/8	
	I					X	X	X		3/8	X

2015	A					X	X	X	X	4/8	
	B					X		X	X	3/8	
	C	X			X	X	X	X	X	6/8	X
	D			X		X	X	X	X	5/8	
	E					X	X	X	X	4/8	
	F	X				X		X	X	4/8	
	I					X		X	X	3/8	X
2016	A					X	X	X	X	4/8	
	B	X	X	X	X	X	X	X	X	8/8	
	C	X		X	X		X	X		5/8	
	E					X	X	X		3/8	
	F					X	X	X	X	4/8	
	G	X	X		X	X	X	X	X	7/8	X
	I					X		X	X	3/8	
2017	A					X		X	X	3/8	X
	B		X			X		X	X	3/8	X
	C			X	X		X			3/8	
	E					X		X	X	3/8	
	F					X	X	X	X	4/8	X
	H					X		X	X	3/8	
	I	X				X		X	X	4/8	
2018	E					X	X	X	X	4/8	
	F					X	X	X		3/8	
	I				X	X		X		3/8	
Total		25/61	12/61	15/61	16/61	48/61	38/61	59/61	36/61	-	21/61

Tabel 7. Liste over emner i undervisningsbeskrivelser i perioden 2009-2018 i relation til kernestof-emnerne.

5.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner

”Der er mange forskellige beskrivelser – sikke et spænd. Det er et resultat!” (Nordisk repræsentant)

Gymnasierepræsentanterne forklarer, at spændet kan skyldes, at der er forskel på, om Fysik A er et 1-årigt valgfag eller et 3-årigt studieretningsfag. Hvis der er tale om det 3-årige fag, kan nogle af kernestofemnerne være gennemgået på 1. eller 2. år. Vi har i nærværende undersøgelse hverken information om, hvorvidt de enkelte undervisningsbeskrivelser er for 1-årigt valgfag eller 3-årigt studieretningsfag, eller hvad eventuelle undervisningsbeskrivelser for tidligere år (ved 3-årigt Fysik A) måtte være.

På trods af dette oplever aftagerrepræsentanterne alligevel, at eleverne har forskellige forudsætninger, når de starter på videregående uddannelser. Dette kan muligvis forklares med, at aftagerne ikke skelner mellem elever fra stx og fx htx, eller med det ”supplerende stof” (se tabel 7).

”Det er generende, at der er en enorm valgfrihed i, hvad eleverne er blevet undervist i. Så når der kommer en ny klasse, kan de alt for mange forskellige ting.” (Den ene aftagerrepræsentant)

*"Argumentet for det supplerende stof er, at det er motiverende for eleverne, at der er noget nyt, hvis eleverne ikke er motiverede, vil der ikke være fysikelever på de videregående uddannelser i fremtiden."
(Gymnasierepræsentant)*

"På [mit uddannelsessted] gør vi meget ud af at finde frem til, 'hvad' de så kan. Underviserne skal overkomme deres egen barriere, og vi skal understøtte de studerende i det, de kan, og bruge dette til at lære dem det, de mangler." (Den anden aftagerrepræsentant)

Ekspertgruppen ser generelt ikke undervisningsbeskrivelserne som så vigtige materialer i undersøgelsen, dét, eksperterne ser som de vigtigste materialer, er eksamenssættene, hvilket netop beskrives i næste afsnit.

6. Eksamenssæt

Den skriftlige prøve i Fysik A tester eleven i kernestoffet (defineret i læreplanen) herunder et emne indenfor fysik i det 21. århundrede (der skifter hvert 3. år).

Den skriftlige prøve består af ca. 7 opgaver og 15 underspørgsmål af varierende sværhedsgrad. Hvert spørgsmål giver ved censur op til 10 point.

Den skriftlige prøves varighed blev i 2005-reformen udvidet fra 4 til 5 timer. Med denne udvidelse kom der ikke flere opgaver i sættene, men der blev afsat tid til fordybelse og kravet om forklarende tekst blev ekspliciteret. Eleven må benytte alle hjælpemidler (på nær kommunikation med omverdenen). Opgaverne stilles ud fra den forudsætning, at eleverne har adgang til et it-værktøj (grafisk lommeregner, pc med passende programmer) og en databog af nyere dato (Undervisningsministeriet 2018).

Eksamenssæt i fysik er (selvsagt) tidligere blevet undersøgt. Claussen, Dolin, Gregersen & Michelsen (2000) konkluderer fx: ”Den skriftlige eksamen i fysik er som testinstrument yderst pålidelig og velfungerende. Der er god overensstemmelse mellem sværhedsgraden af sættet fra år til år” (s. 26). Der er også udarbejdet en lang række evalueringer af opgavekommissionen og fagkonsulenten. Eksempelvis er der i opgavekommissionens evaluering bemærkninger om regnekrav og regneværktøjer (på daværende tidspunkt graf-lommeregner) og forklaringskrav (Undervisningsministeriet 2005, s. 8). Stabiliteten i eksamenssæt, elevernes brug af regneværktøjer (i dag CAS-værktøjer) og krav til formidling er alle diskussioner, som nærværende undersøgelse også kommer ind på (se afsnit 6.3 og 9.3).

6.1. Materialer og metoder

Ekspertgruppen fik adgang til to eksamenssæt fra hver af årgangene 2010-2018, altså i alt 18 sæt. Grunden til, at der for hvert år laves to eksamenssæt (foruden et sygeeksamenssæt), er, at det ikke er muligt at lave en landsdækkende eksamensplan, hvor alle elever (uanset hvilke andre valgfag de måtte have) kan gå op på samme dag.

Hver af eksamenssættene er kodet af 1 eller 2 (i enkelte tilfælde 3) eksperter – både i relation til VFK-analysemodellen og SOLO-taksonomien. Nogle af analyserne blev efterfølgende diskuteret i plenum blandt eksperterne. Her viste der sig en ”forskelligartet men inkluderende” forståelse af brugen af VFK-analysemodellen. Det vil sige, at nogle koder primært blev brugt af nogle eksperter, andre koder/udsagn af andre eksperter – men i den fælles gennemgang af eksamenssættene talte

eksperterne sig ofte til enighed om, at både den ene og den anden eksperts valgte VFK-koder var relevante – altså en inkluderende tilgang. I disse tilfælde genkodede hver ekspert disse eksamenssæt. Den ”forskelligartede men inkluderende” brug og forståelse af VFK-analysemodellen (som bliver yderligere diskuteret i afsnit 11), vanskeliggør direkte sammenligning mellem eksperternes analyser og forringer (selvsagt) inter-rater-reliabiliteten (pålideligheden mellem forskellige koderes analyser). Derfor er der i de efterfølgende tværsnitsanalyser (på tværs af de enkelte eksperters analyser), som præsenteres i næste afsnit, gjort brug af en inkluderende/summativ tilgang for VFK-analyserne. Fremfor at fokusere på enkelte VFK-udsagn er der fokuseret på overordnede VFK-dimensioner fx V1: Viden (V) indenfor vidensformer, begreber og indhold (1) eller K6: Kompetence (K) indenfor sociale aspekter (6).

En lignende (men ikke helt så udtalt) tendens sås i eksperternes brug af SOLO-taksonomien. De fleste eksperter vurderede alle opgaver til at være et sted mellem S2 og S4 (se forklaring af S-niveauerne i tabel 5), men to af de seks eksperter anvendte også (flere gange) S5-niveauet. Igen er der altså tale om en forskelligartet forståelse/brug af taksonomien og brugen heraf. I plenumdiskussionerne genbesøgte eksperterne opgaver, hvor de havde en forskel på mere end 1 SOLO-værdi. Også ved disse analyser endte eksperterne med at tale sig mere enige, som nedenstående eksempel viser.

*”Der er tale om en S5-opgave: De skal ikke bare tænke sig om, de skal også kunne forklare.”
(Aftagerrepræsentant)*

*”Der er tale om en S3-opgave: De vil ret hurtigt gætte, hvad de skal forklare.” (Gymnasierepræsentant)
[Efterfølgende taler ekspertgruppen sig i fællesskab til enighed om, at det er en S4-opgave]*

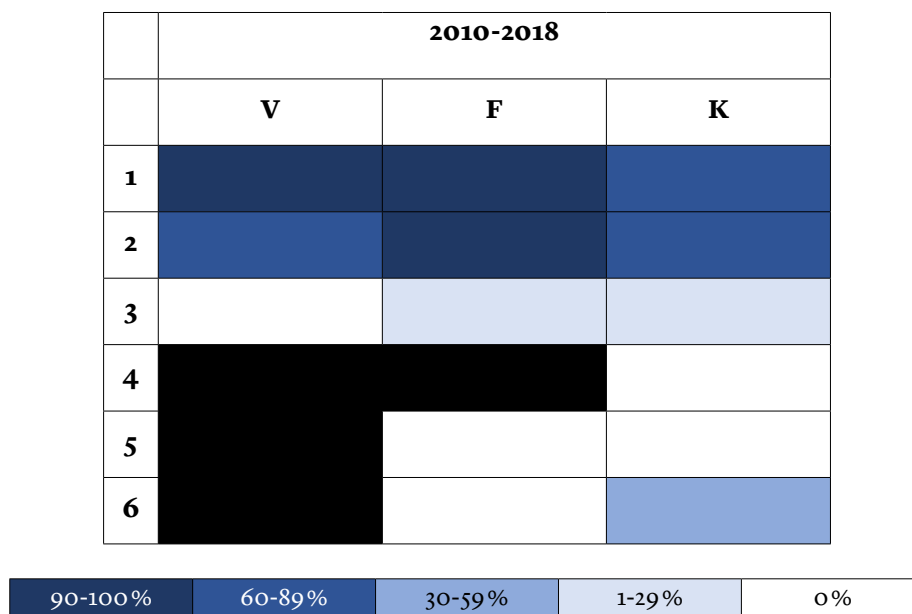
I de efterfølgende præsenterede resultater er der for hver eksperts analyse af et eksamenssæt udregnet en gennemsnitlige SOLO-værdi på baggrund af SOLO-værdien for delopgaver, eksamenssættet har bestået af.

6.2. Resultater

En oversigt over eksperternes VFK-analyser af eksamenssættene findes i bilag 4. Der ses ingen historisk udvikling i perioden (der spænder over to forskellige reformperioder). Da forståelsen af de enkelte VFK-udsagn som nævnt var forholdsvis individuel, er en summativ tilgang valgt. I figur 4 (baseret på bilag 4) ses således, hvilke dimensioner eksamenssættene i perioden 2010-2018 har testet.

Figur 4 viser, at der i eksamenssættene i perioden i høj grad testes viden (V) og færdigheder (F) og sekundært kompetencer (K) indenfor vidensformer, begreber og indhold (1) og metoder (2). En enkelt kompetence (K) testes også i flere eksamenssæt indenfor de sociale aspekter (6). Dette drejer sig om kompetencen K6.4: Kunne formidle fysikviden til forskellige målgrupper. Der er altså nogle basale videns, færdigheds- og kompetencedimensioner, der går igen i alle eksamenssættene og på tværs af alle ekspertvurderingerne.

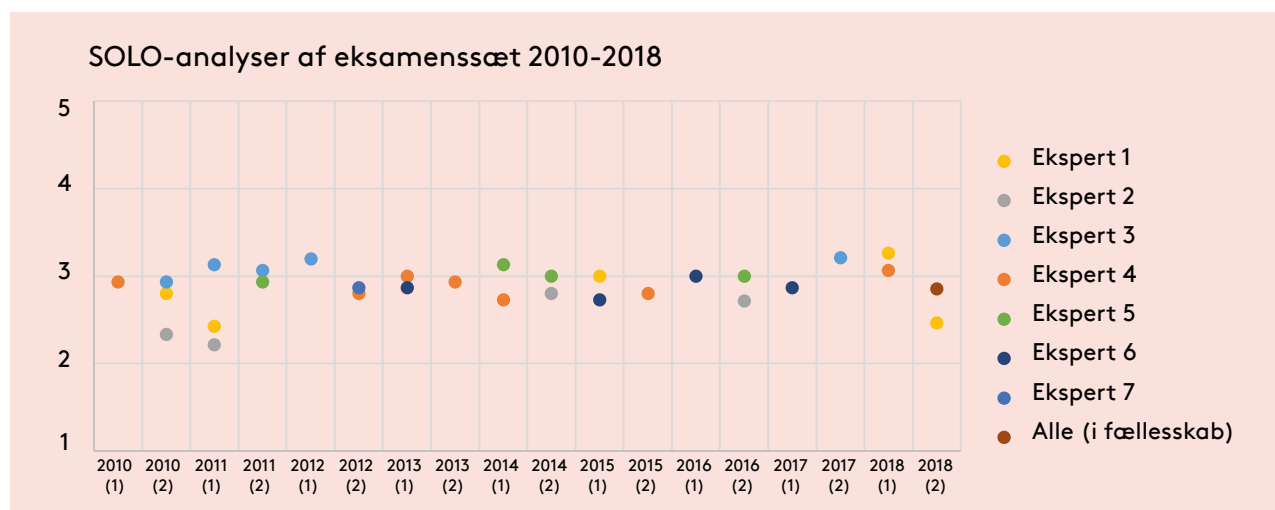
Tværfaglige (3) færdigheder (F) og kompetencer (K) testes i mindre grad; dette drejer sig om F3.1: it-færdigheder (fx CAS-programmer) og K3.1: Overføre fysikviden/metode til andre felter indenfor/udenfor naturvidenskab. Personlige aspekter (6) testes ikke i de skriftlige eksamenssæt – hvilket stemmer overens med ekspertgruppens forventninger, jf. tabel 6.



Figur 4. Samlet VFK-analyse af de 18 eksamenssæt for perioden 2010-2018. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 32 analyser eksperterne har vurderet, at eksamenssættet spørger ind til den pågældende dimension.

Eksperternes SOLO-analyser af de enkelte eksamensopgaver viste en progression af SOLO-niveau af de enkelte delspørgsmål i hver opgave – delspørgsmål 'a' er således altid S2.

Eksperternes SOLO-analyser af eksamenssættene er illustreret i figur 5.

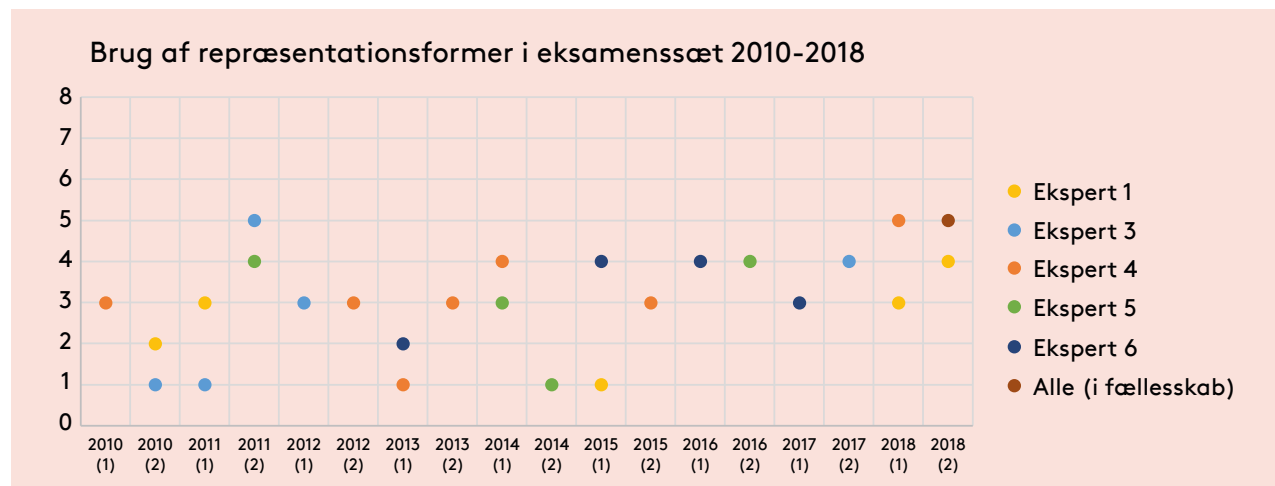


Figur 5. Ekspertgruppens summative SOLO-analyser af eksamenssættene for perioden 2010-2018.

Igen er der her brugt en summativ tilgang, hvor hvert eksamenssæt er tilforordnet én gennemsnitlig SOLO-værdi pr. analyse. Det ses af figuren, at SOLO-niveauet for eksamenssættene over perioden er

forholdsvis konstant på omkring niveau S₃ (jf. tabel 5),⁵ om end der er lidt større usikkerhed i vurderingerne af henholdsvis eksamenssæt 2010 (2) og eksamenssæt 2011 (1) – uoverensstemmelserne her øges af, at ekspert nr. 2's analyser (grå) generelt ligger i den lave ende og ekspert nr. 3's analyser (lys blå) generelt ligger i den høje ende. Se diskussion af forskelligartet brug af analysemodellerne i afsnit 11.

I figur 6 er det opgjort, hvor mange af delopgaverne i hvert eksamenssæt der krævede, at eleven brugte tabeller/diagrammer eller lignende.



Figur 6. Ekspertgruppens summative analyse af, hvor mange opgaver (ud af 15 opgaver) i hvert eksamenssæt i perioden 2010-2018, der kræver brug af repræsentationsformer.

Figur 6 giver et noget broget overblik over anvendelsen af analysekoden S* (forklaret i tabel 5). Dels ses der ret stor uenighed om antallet af S* for forskellige eksperter (fx 2015 (1), hvor én ekspert har angivet 1 S* og en anden 4 S*), dels er der ikke umiddelbar nogen klar historisk tendens at se ud fra figuren.

6.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner

Der er generel enighed i ekspertgruppen om, at ensartetheden af eksamenssættene i perioden 2010-2018 er høj:

”Jeg er meget imponeret over standarden af opgaverne, og jeg er overbevist om, at det er en fair national eksamen.” (Den ene nordiske repræsentant)

Flere eksperter mener endvidere, at opgaverne formår at teste elevernes fysikfaglighed:

”I eksamenssættene er der også åbne opgaver, hvor eleven inviteres til at drøfte en eksperimentel situation og ræsonnere sig frem til de relevante begreber at diskutere ud fra. Efter min vurdering er sådanne opgaver meget gode til at afdække, hvilken grundlæggende fysikfaglighed eleven har.” (Den anden nordiske repræsentant)

⁵ Claussen, Dolin, Gregersen & Michelsen (2000) konkluderer ligeledes, at de skriftlige eksamenssæt i fysik har en stabil sværhedsgrad på tværs af år.

Nogle af de nordiske repræsentanter og aftagerrepræsentanterne funderer over, hvilke VFK-dimensioner (figur 4) der testes i eksamenssættene – og hvilke der ikke gør.

”Dagens eksamenssæt karakteriseres af, at samtlige opgaver relaterer sig til autentiske fænomener. Eleverne gives derfor meget gode muligheder for at vise, at de mestrer VFK-udsagnet K1.3: Anvende erhvervet fysikviden og -færdigheder i nye sammenhænge.” (Nordisk repræsentant)

”Af alle de VFK-kriterier, vi selv opstillede, er det typisk kun et fåtal, man faktisk tester til den skriftlige eksamen. Vi vidste selvfølgelig godt, at man ikke tester alt til eksamen, men jeg var overrasket over, at det var så forholdsvis lille en delmængde af, hvad vi fandt vigtige VFK’ere for faget.” (Aftagerrepræsentant)

Gymnasierepræsentanterne understreger, at ikke alle VFK-dimensioner testes i de skriftlige eksamener, men at andre VFK-dimensioner testes i den mundtlige prøve, som eksempelvis det eksperimentelle arbejde og de mere samfundsfaglige anvendelser af fysikken (jf. ekspertgruppens initiale kommentarer om udfordringer/begrænsninger i afsnit 3.4., punkt 2).

7. Eksamensbesvarelser

Tidligere undersøgelser af eksamensbesvarelser har blandt andet konkluderet: ”Analyser af besvarelserne [fra 1998] viser, at en meget stor del af eleverne besidder en faktisk viden om fysik og er i stand til at løse simple, fysiske beregningsopgaver. Der kan med fordel arbejdes mere med de procesmæssige aspekter af opgaveregning så som udformning af relevante illustrationer og sproglige formulering [... Eleverne har] vanskeligheder med anvendelse af simple matematiske modeller i fysiske sammenhænge” (Claussen, Dolin, Gregersen & Michelsen 2000, s. 26).

7.1. Materialer og metoder

Ekspertgruppen fik adgang til 5 tilfældigt udvalgte eksamensbesvarelser fra 2018 fra 10 forskellige skoler, i alt 50 besvarelser. Ekspertgruppen besluttede sig for at fokusere på besvarelser med karakteren 02 ’den tilstrækkelige præstation’ (i alt 5 besvarelser), 7 ’den gode præstation’ (i alt 14 besvarelser) og 12 ’den fremragende præstation’ (i alt 3 besvarelser). Ud af de 14 7-talsbesvarelser udvalgte tilfældigt 7 besvarelser til analyse. I alt har ekspertgruppen således analyseret 15 elevbesvarelser fra 2018.

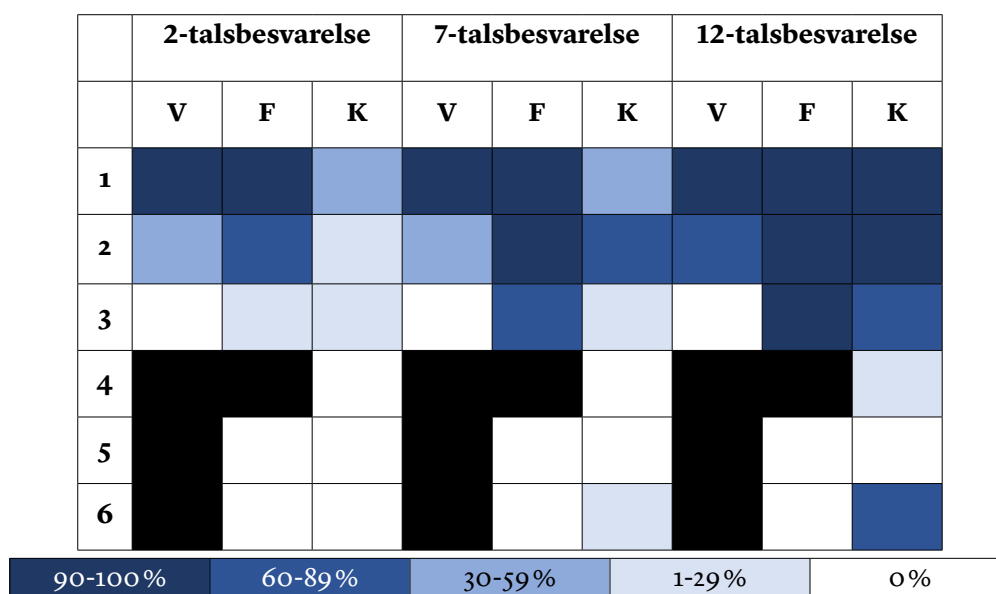
Som for eksamenssættene blev hver elevbesvarelse analyseret af 1 eller 2 (i et enkelt tilfælde 3) eksperter både i relation til VFK-analysemodellen og SOLO-taksonomien. Enkelte analyser blev diskuteret blandt eksperterne i plenum for at strømline forståelsen og brugen af analysemodellerne. Igen viste der sig en ’forskelligartet men inkluderende’ forståelse heraf – se diskussion i afsnit 11.

I forhold til VFK-analyserne forsøgte eksperterne indledningsvist både at indikere, hvilke VFK-udsagn eleven demonstrerede, og hvilke VFK-udsagn eleven tydeligt manglede at demonstrere – fx ”mangler F1.3: Anvende bogstavsymboler og formelsprog (matematik) og regne med enheder” eller ”mangler K1.6: Gennemføre rimelighedsvurdering af resultater og størrelsesordner”. Eksperterne valgte dog sidenhen ikke at rapportere disse manglende VFK’ere, da analysen gav et fordrejet billede af elevernes præstationer. Elever, der intet havde skrevet til en opgave, fik nemlig ikke noteret nogle ”manglende VFK’ere” og kunne således synes bedre end elever, der havde forsøgt at skrive noget til en opgave (men ikke demonstrerede alle nødvendige VFK’ere) og således havde fået noteret ”manglende VFK’ere”. Dette relaterer sig til elevernes kommunikative kompetence og kravet om, at eleverne kommenterer deres besvarelse – se ekspertgruppens kommentarer og diskussioner i afsnit 7.3 og 9.3.

7.2. Resultater

En oversigt over eksperternes VFK-analyser af elevbesvarelserne findes i bilag 5. Da forståelsen af de enkelte VFK-udsagn som nævnt var forholdsvis individuel, er en summativ tilgang valgt. I figur 7 (baseret på bilag 5) ses således, hvilke dimensioner, eksperterne har vurderet, der er demonstreret i henholdsvis eksamensbesvarelserne til karakteren 02, 7 og 12.

Det ses af figur 7, at eksperternes VFK-analyser af de dårligere besvarelser primært inkluderer viden (V) og færdigheder (F) indenfor vidensformer, begreber og indhold (1), middelbesvarelserne inkluderer endvidere færdigheder (F) indenfor metoder (2), imens topbesvarelserne også inkluderer færdigheder (F) indenfor tværfaglighed (3) og kompetencer (K) indenfor vidensformer, begreber og indhold (1) samt metoder (2).



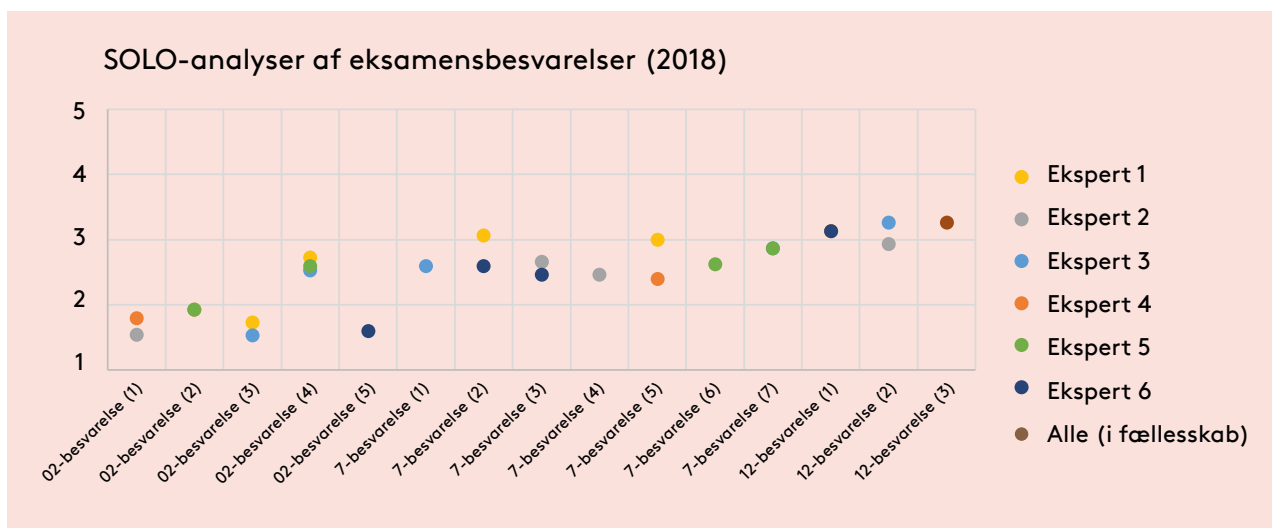
Figur 7. Samlet VFK-analyse af elevbesvarelse med hhv. karakteren 02, 7 og 12. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de otte 02-tals-analyser (af 5 eksamensbesvarelser), syv 7-tals-analyser (af 7 eksamensbesvarelser) og tre 12-tals-analyser (af 3 eksamensbesvarelser) eksperterne har vurderet, at eleven har demonstreret at besidde den pågældende dimension.

Generelt oplevede eksperterne (som for eksamenssættene), at der var nogle VFK-dimensioner, der gik igen på tværs af alle besvarelserne og alle eksperterne. Derudover viste det sig, at eksamensbesvarelserne generelt triggede flere forskellige VFK-udsagn end eksamenssættene. Det vil altså sige, at det for et givent eksamenssæt er muligt at demonstrere og evaluere viden, færdigheder eller kompetencer (eller mangel herpå), som opgaven ikke nødvendigvis lægger op til.

Eksperternes SOLO-analyser af eksamensbesvarelserne fra 2018 er illustreret i figur 8. SOLO-vurderingerne følger i høj grad den karakter, som besvarelserne har opnået. 02-talsbesvarelser har fået en SOLO-vurdering på 2 eller derunder (på nær 02-besvarelse (4), der skiller sig markant ud fra

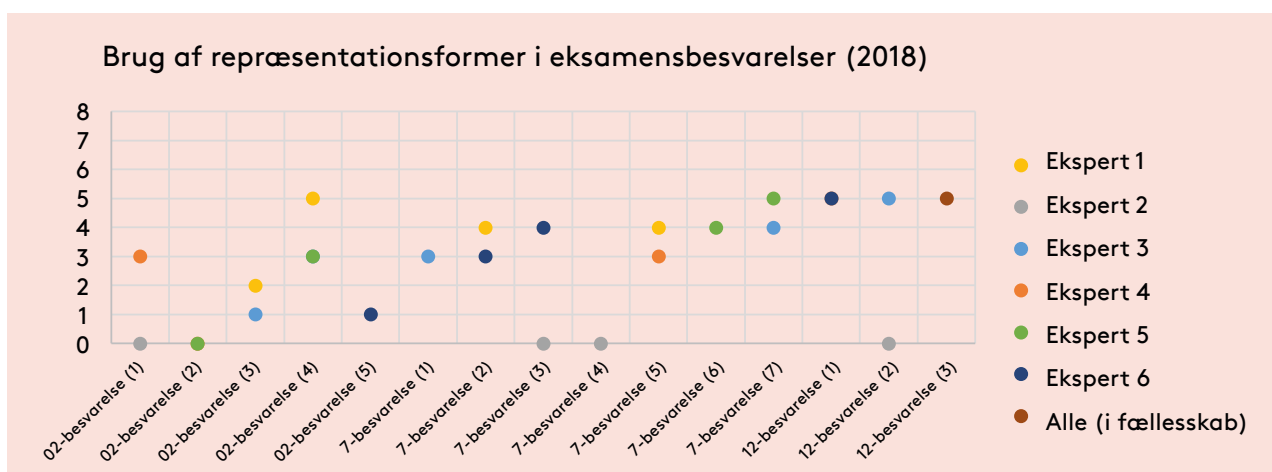
de andre). 7-talsbesvarelser har typisk fået en SOLO-vurdering mellem 2 og 3. 12-talsbesvarelser har typisk fået en lidt højere SOLO-vurdering omkring eller over 3.

Fra figur 8 ses i visse tilfælde den individuelle forståelse af SOLO-taksonomien (diskuteret i afsnit 11) – fx har ekspert 1 (gul) i overvejende grad en højere SOLO-vurdering af opgavebesvarelserne end de resterende eksperter.



Figur 8. Ekspertgruppens summative SOLO-analyser af 15 eksamensbesvarelser fra 2018.

I figur 9 ses eksperternes analyser af, i hvor høj grad eleverne i deres besvarelser inddrager brugen af tabeller, diagrammer og lignende. Fra figur 9 ses igen en uens brug af analysekoden S*. Ekspert 2 (grå) synes ikke at have anvendt analysekoden S* i samme grad/på samme måde som de resterende eksperter, og igen synes Ekspert 1 (gul) at have anvendt analysekoden lidt oftere end de resterende eksperter. På trods heraf kan man med lidt god vilje se en stigning i elevernes evne til at inddrage og anvende repræsentationsformer i deres eksamensbesvarelser i takt med, at deres karakterer stiger.



Figur 9. Ekspertgruppens summative analyse af, i hvor mange af opgaverne i eksamenssættet eleven demonstrerer brug af repræsentationsformer.

7.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner

Ekspertgruppen diskuterer, hvor meget yderligere information eksamensbesvarelserne giver i forhold til eksamenssættene.

"Jeg kan være i tvivl om, hvad vi viser med vores gennemgang af eksamensbesvarelser. Vi ser på forskellige elevers præstationer, og dybest set viser vi jo blot, at der er forskel på elever, som netop består, og som får topkarakter." (Den ene gymnasierepræsentant)

"Disse opgaver er måske repræsentative for den karakter, der er givet. Selvom det er nedslag, kan man måske alligevel se elementer, som fx at der er kommet mere tekst på elevbesvarelserne." (Den anden gymnasierepræsentant)

Der er enighed i ekspertgruppen om, at elevbesvarelserne viser kommunikative kompetencer, og således, at kravet om, at eleverne skal forklare sig (2005-reformen), er slået igennem.

Der er ikke enighed i ekspertgruppen om, hvorvidt dette tilgodeser eller udfordrer eleverne (hvilket blandt andet skyldes eksperternes forskellige faglighedsforståelser):

"Der er en tydelig tendens til, at besvarelser skal være ordrige for at blive accepteret. Det er tidens tendens. Man kan så at sige bortforklare nærmest hvad som helst." (Aftagerrepræsentant)

Hertil kommenterer flere af de andre eksperter:

"Vi har set bevis på det modsatte. Når man fortæller om ting, så afslører man sig. At de skal forklare sig, betyder ikke, at de bliver dårligere fysikere, tværtimod. Det bliver sværere for ikke-matematikere at vise, at de har fysikforståelse. Det er ikke muligt at dække over manglende fysikindsigt med snak, tværtimod afsløres manglende forståelse let gennem upræcis brug af begreber og svage ræsonnementer."

"Åbne fysikopgaver tager faget i en retning, som er gunstig for elevens evne til at ræsonnere fysikfagligt. Eleven træner evnen til at nå op i de højere kompetencer i VFK-modellen og de højere SOLO-niveauer. At diskutere en åben problemstilling i fysiktermer og formulere en løsningsmetode er meget mere krævende end at løse en struktureret opgave. Førstnævnte tester grundlæggende fysikinstinkter (og kan bygges på tværfaglige elementer). Sådanne opgaver kan endvidere formuleres, så de træner eleven i at formidle fysiske ræsonnementer til almenheden." (Nordisk repræsentant)

"Vores fag er netop kendetegnet ved, at det er svært at 'bortforklare' noget som helst. Faglige misforståelser står klart, når de kommer på skrift. Kravet, om at beregninger skal ledsages af forklaring, kan være med til at vise både stor fysikfaglig indsigt hos nogle eksaminander og det modsatte hos andre." (Den ene gymnasierepræsentant – med opbakning fra den anden)

8. Spørgeskema

Der blev udarbejdet tre spørgeskemaer: et til grundskolelærere, et til gymnasielærere og et til undervisere på videregående uddannelser. Disse blev konstrueret af ekspertgruppen ud fra en overordnet skabelon:

1. **Baggrundsoplysninger** (fag, uddannelse, erfaring, køn, alder m.m.)
2. **Udbytte af undervisning** (Hvordan oplever lærere i grundskolen og gymnasiet elevernes fysikfaglighed, når de afslutter undervisningen i henholdsvis 9./10. klasse eller 3. g?)
3. **Forudsætninger når eleverne modtages** (Hvor vigtige er forskellige forudsætninger, og i hvor høj grad er elevernes forudsætninger tilstrækkelige (= parathed?)
4. **Udvikling** (for undervisere med mere end 10 års erfaring)
5. **Udbytte i dag i forhold til tidligere** (kun til undervisere med mere end 10 års erfaring)

Hver af de fire sidste punkter indeholdt spørgsmål, der adresserede elevernes viden (V), færdigheder (F), kompetencer (K) samt en yderligere kategori benævnt 'interesse og lyst' (I). Der var indledningsvist en vis skepsis i ekspertgruppen om, hvorvidt lærerne ville kunne forstå spørgeskemaets kategorier uden kendskab til projektet og dets analyseramme, men som det ses i næste afsnit opnåede spørgeskemaet en fin reliabilitet.

8.1. Materialer og metoder

Besvarelserne har en forventelig køns- og aldersfordeling, dog er der overraskende mange besvarelser fra private grundskoler og en underrepræsentation af gymnasielærere fra hovedstadsområdet.

Udgangspunktet var, at spørgeskemaet skulle sendes til 300 grundskoler, alle 156 danske almene gymnasier og alle førsteårsfysikundervisere på videregående uddannelser. Eftersom ikke alle rektorer/studieledere svarede (og ikke alle gymnasier har Fysik A), forventedes svarfrekvenserne dog at være lavere.

Svarprocenterne var fra grundskolen: 66 % (163 svar ud af 246), fra gymnasieskolerne: 45 % (70 svar ud af 156), og for de videregående uddannelser: 64 % (14 ud af 22). Alle svarprocenterne er tilfredsstillende. Ekspertgruppen undrer sig dog over, at spørgeskemaet er udsendt til så få undervisere på videregående uddannelser. Alt i alt er der så få besvarelser fra undervisere på de videregående uddannelser, at disse ikke er inkluderet i resultaterne herunder.

Spørgeskemaerne har opnået en fin reliabilitet med høje Chronbachs α -værdier (alle over 0,8, se tabel 8, hvilket indikerer en høj intern pålidelighed, altså at hver af skabelonpunkterne nævnt ovenfor måler én og samme skala) og ganske få 'ved-ikke'-svar, hvilket viser, at spørgsmålene har været tydeligt formuleret.

Skala	Cronbachs α
Viden (V)	0,899
Færdigheder (F)	0,920
Kompetence (K)	0,960
Interesse og lyst (I)	0,876
Samlet	0,967

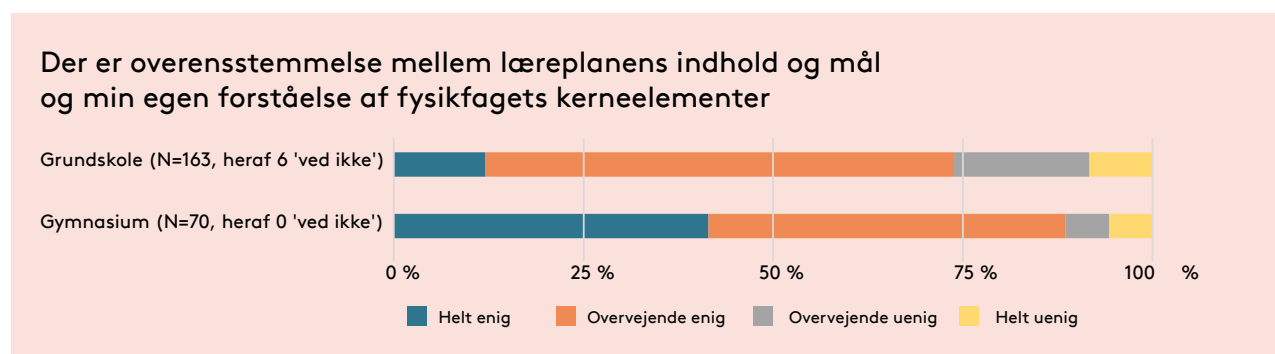
Tabel 8. Cronbachs α -værdier på tværs af spørgeskemaerne.

8.2. Resultater

I det nedenstående præsenteres en række resultater fra spørgeskemaundersøgelsen. Spørgeskemaet giver indblik i forskelle og ligheder i de forskellige uddannelsesniveaues forståelse og oplevelse af fysikfagligheden og dens udvikling.

Der er udvalgt særlige observationer på baggrund af undersøgelsens fokuseringer og dataenes karakteristika. Dette materiale er behandlet med primært beskrivende statistik og også gengivet i form af beskrivende resultater og efterfølgende suppleret med ekspertgruppens kommentarer.

8.2.1. Overensstemmelse mellem læreplaner og underviserens egen forståelse af, hvad fysikfaglighed er



Figur 10. Grundskole- og gymnasielæreres vurdering af overensstemmelse mellem læreplanens indhold og mål og deres egen forståelse af, hvad fysikfagets kerneelementer er.

Der er større sammenfald mellem gymnasielærernes egen opfattelse af fysikfagets kerneelementer og læreplanens indhold og mål, end der var for folkeskolelærerne. I de åbne svar har flere grundskolelærere givet udtryk for, at de synes, timeantallet er for lille i forhold til det, der skal nås, og mange kommenterer på de fællesfaglige fokuspunkter/prøver:

”Den faglige fordybelse i forbindelse med fysik/kemi-faget er røget! Med introduktionen af den fællesfaglige prøve og de dertilhørende obligatoriske forløb har man taget dyrebar tid fra fysik-

undervisningen. Således kan man i mange tilfælde kun berøre et emne, før man skal videre til det næste.”

”Jeg synes, at tidsmæssigt er der for mange ting, vi ’også’ skal bruge tid på, hvilket giver en overvejende overfladisk behandling af mange af emnerne. Her er det især de fællesfaglige områder, der tager meget tid, som kunne bruges på fordybelse i fysik/kemi.”

8.2.2. Parathed

Gymnasielærernes vurdering af elevernes parathed, når de starter i gymnasiet, ses i figur 11 (s. 42). Svarene ligger generelt på tværs af kategorierne viden (V), færdigheder (F), kompetencer (K) og interesse og lyst (I) mellem svarkategorierne overvejende enig og overvejende uenig, med en lille overvægt til overvejende uenig. Denne svarfordeling er ikke overraskende, da lærerne hermed indikerer, at eleverne kan lære endnu mere igennem gymnasiet også.

På seks spørgsmål har lærerne vurderet, at eleverne i særlig grad *ikke* er på det ønskede niveau ved start i gymnasiet. Dette drejer sig primært om spørgsmål, der relaterer sig til innovation: Elevernes erfaring med at arbejde nyskabende i forhold til egen viden indenfor fysik, elevernes erfaring med at vurdere den fysiske realiserbarhed af ideer, påstande og produkter og elevernes erfaring med at identificere fysikkens bidrag i ny viden og nye produkter. Sekundært vurderer lærerne også, at eleverne mangler forståelse for relationen mellem fysik og andre naturvidenskabelige og ikke-naturvidenskabelige fagområder og viden om, hvordan ny fysikfaglig viden skabes og videreudvikles.

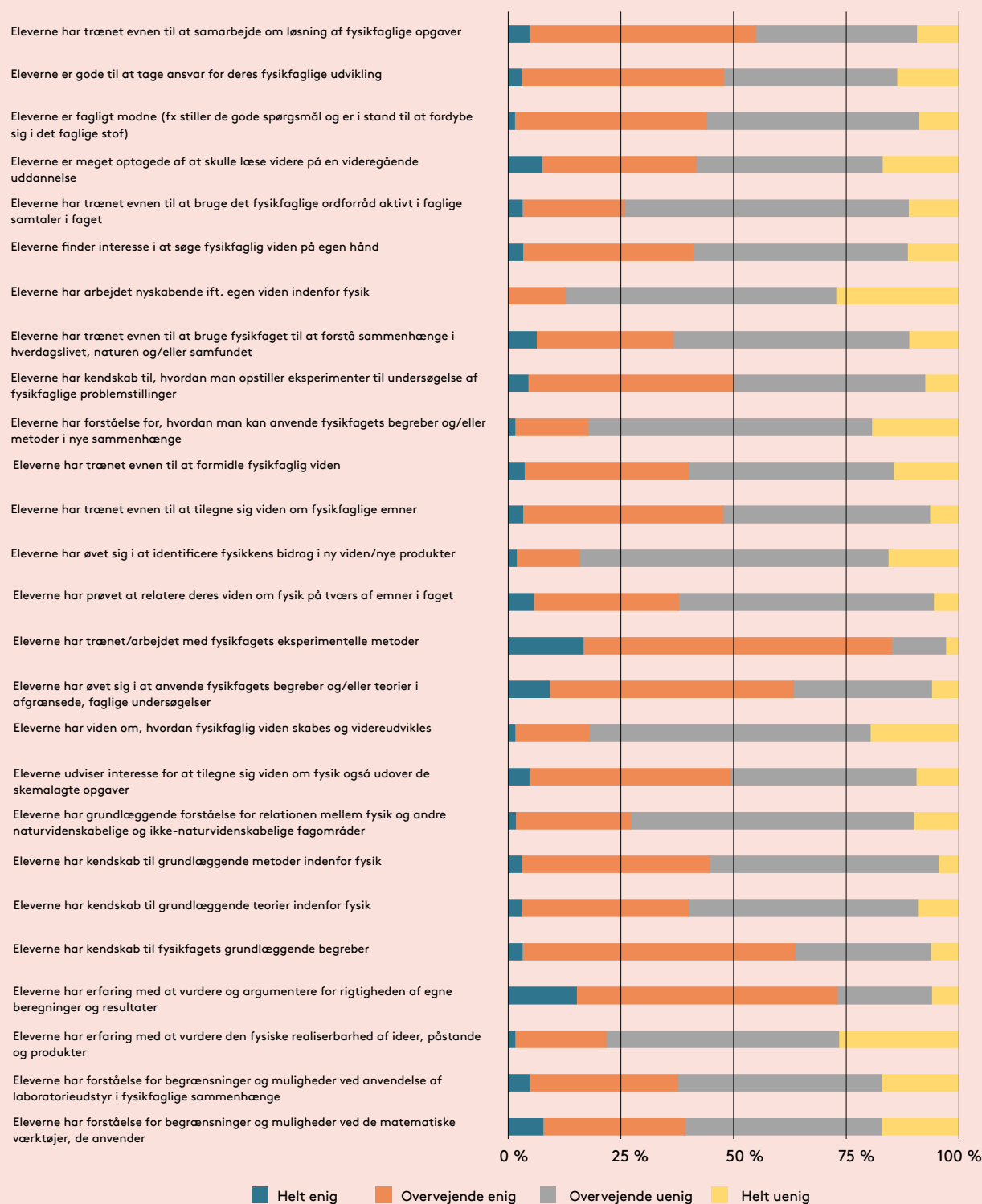
Fem spørgsmål skiller sig derimod positivt ud i figur 11; disse handler om elevernes evne til samarbejde om løsningen af fysikfaglige opgaver, erfaring med at arbejde med fagets eksperimentelle metoder, kendskab til og erfaring med at anvende fagets begreber og teorier samt at argumentere for rigtigheden af egne beregninger og resultater. Nogle af svarkategorierne i figur 11 har en højere andel af ’ved-ikke’-svar (fx om eleverne er fagligt modne). Dette kan skyldes, enten at spørgsmålet er dårligt formuleret, eller at lærerne finder det svært at vurdere, hvilke erfaringer eleverne har med i bagagen fra tidligere.

8.2.3. Udbytte

Lærerne er blevet bedt om at angive, hvor stor en del af deres elever, de vurderer, der lever op til en række forskellige udsagn om deres elevers fysikfaglige niveau ved afslutningen af henholdsvis afslutningen af grundskolen og gymnasiet. Lærernes vurdering kan ses i figur 12 (s. 43) og figur 13 (s. 44). Generelt er der på tværs af viden (V), færdigheder (F), kompetencer (K) og interesse og lyst (I) meget positive svar på elevernes udbytte af undervisningen, både for grundskolelærere (figur 12) og gymnasielærere (figur 13).

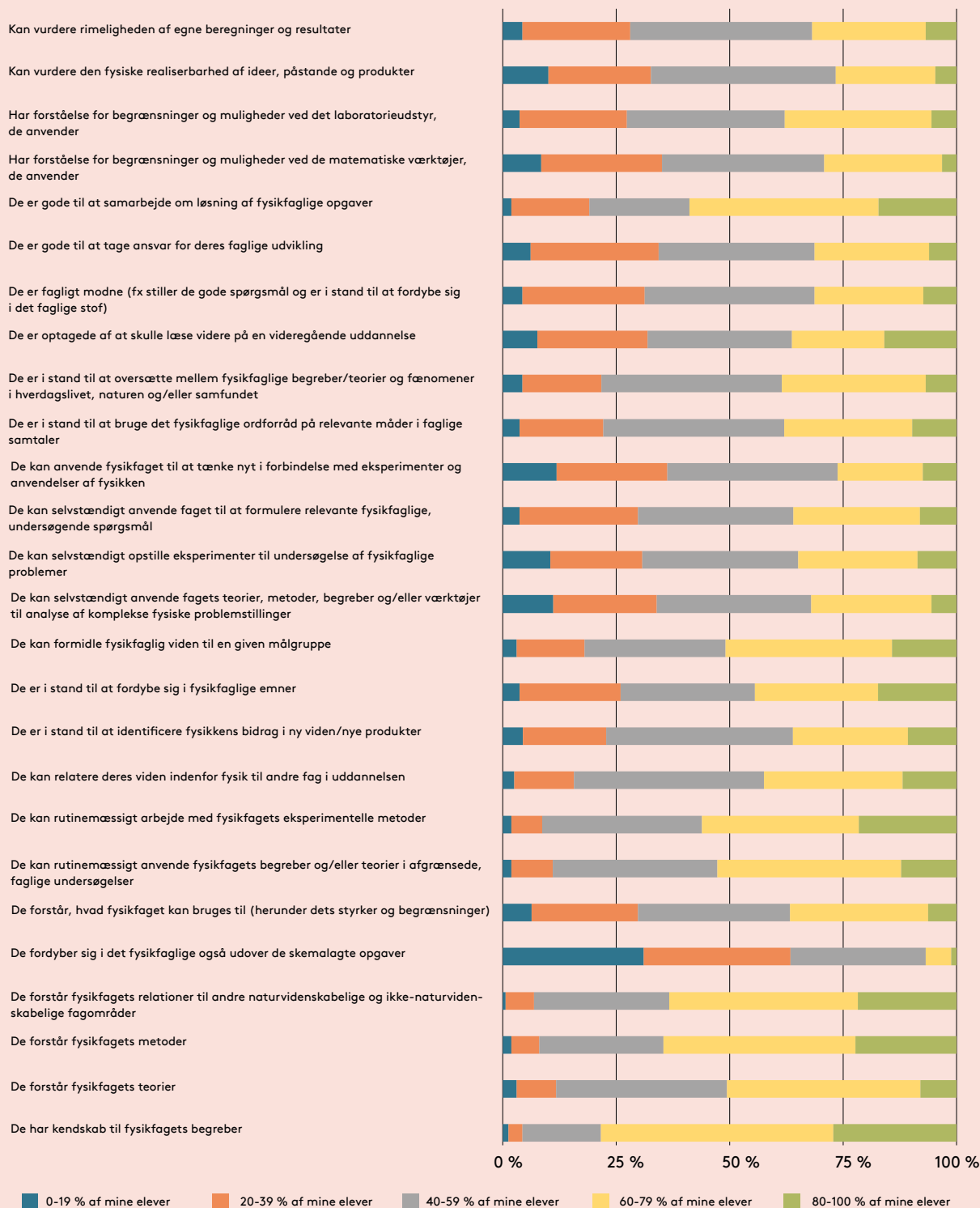
Ét spørgsmål – som eksperterne også kommenterer i afsnit 8.3 – skiller sig ud for både grundskolelærerne og gymnasielærerne, nemlig hvorvidt eleverne fordyber sig i det fysikfaglige også udover de skemalagte opgaver. Ved første øjekast skiller dette spørgsmål sig negativt ud, men man vil nok ved nærmere eftersyn vurdere det positivt, at over halvdelen af lærerne faktisk vurderer, at mindst 20-39 % af deres elever beskæftiger sig med fysik *udenfor* fysikundervisningen.

Elevernes parathed ved start på gymnasiet



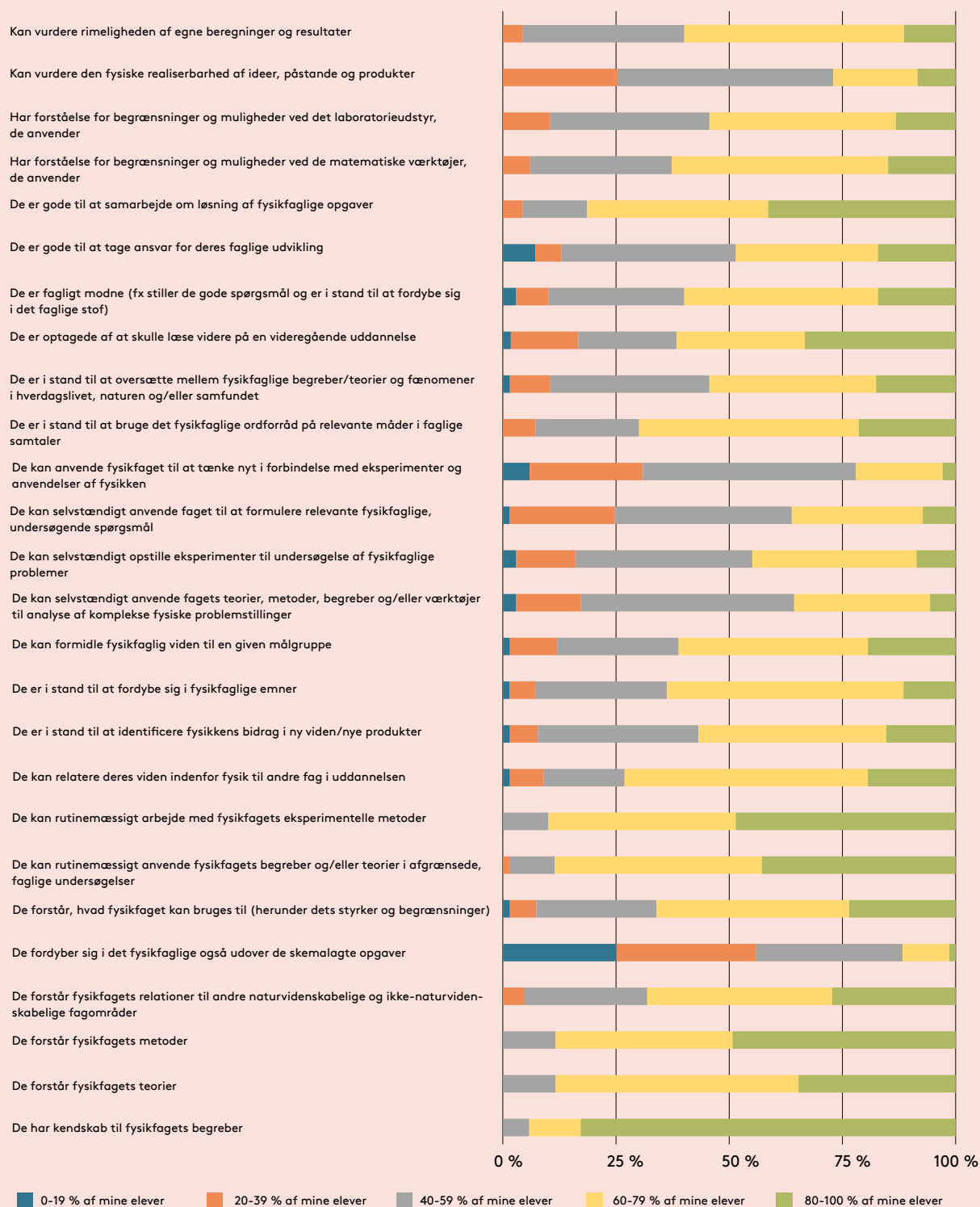
Figur 11. Gymnasielæreres vurdering af elevernes parathed, når de modtager dem fra grundskolen.

Lærernes vurdering af elevernes udbytte efter grundskolen



Figur 12. Grundskolelæreres vurdering af elevernes udbytte af deres undervisning.

Lærernes vurdering af elevernes udbytte efter gymnasiet



Figur 13. Gymnasielærernes vurdering af elevernes udbytte af deres undervisning.

8.2.4. Forandring (historisk)

Forandringsresultaterne er baseret på spørgeskemabesvarelser fra de gymnasielærere der har mindst 10 års erfaring (46 af de i alt 70 gymnasielærerbesvarelser). I figur 14 og figur 15 (s. 46 og 47) ses disse gymnasielæreres vurdering af hhv. elevernes forudsætninger ved begyndelsen af gymnasiet og ved afslutningen af gymnasiet i dag i forhold til for 10 år siden.

Figur 14 viser, at gymnasielærernes vurdering af det faglige niveau eleverne har, når de kommer fra folkeskolen i dag, primært er 'nogenlunde på samme niveau' eller 'væsentligt' ringere, end de vurderer, det var for 10 år siden. Særligt elevernes matematikkundskaber vurderer gymnasielærerne er dårligere i dag end for 10 år siden, derimod vurderes elevernes evne til at opsøge information i relation til fysikfaget som væsentligt bedre i dag end for 10 år siden.

Som for figur 14 viser figur 15 også, at lærerne vurderer, at elevernes matematikkundskaber efter gymnasiet er dårligere i dag end for 10 år siden, og elevernes evne til at opsøge information i relation til fysikfaget vurderes igen af lærerne som væsentligt bedre i dag end for 10 år siden.

På trods af, at niveauet ved modtagelse i gymnasiet (figur 14) vurderes ringere i dag end tidligere, vurderer gymnasielærerne (jf. figur 15), i højere grad end deres vurdering ved modtagelsen, at eleverne i løbet af gymnasiet opnår 'nogenlunde på samme niveau' i dag som for ti år siden. Det vidner om, at gymnasielærerne oplever et større fagligt løft igennem gymnasiet i dag, end de gjorde for 10 år siden.

8.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner

Ekspertgruppen er overordnet positivt overrasket over særligt to resultater af spørgeskemaundersøgelsen.

1. Generelt er der svaret meget ens på de forskellige delspørgsmål. Dette resulterer i en tydelig og langt hen ad vejen enslydende tendens:
 - Det faglige niveau vurderes lidt lunkent ved modtagelsen i gymnasiet (figur 11). Niveauet vurderes endvidere at være nogenlunde det samme/lidt dårligere i dag end for 10 år siden (figur 11).
 - Udbyttet af undervisningen i såvel folkeskolen (figur 12) som for gymnasiet (figur 13) vurderes positivt. Niveauet vurderes endvidere at være nogenlunde det samme, når eleverne forlader gymnasiet i dag, som det var, da de forlod det for 10 år siden (figur 15). Dette på trods af, at startniveauet, når eleverne starter i gymnasiet, vurderes lavere i dag end for 10 år siden (figur 14).
2. Ekspertgruppen er særligt overrasket over, at så mange lærere vurderer, at eleverne fordyber sig i fysikfaglige opgaver udenfor skoletiden (se figur 12 og figur 13). Dette opfattes meget positivt.

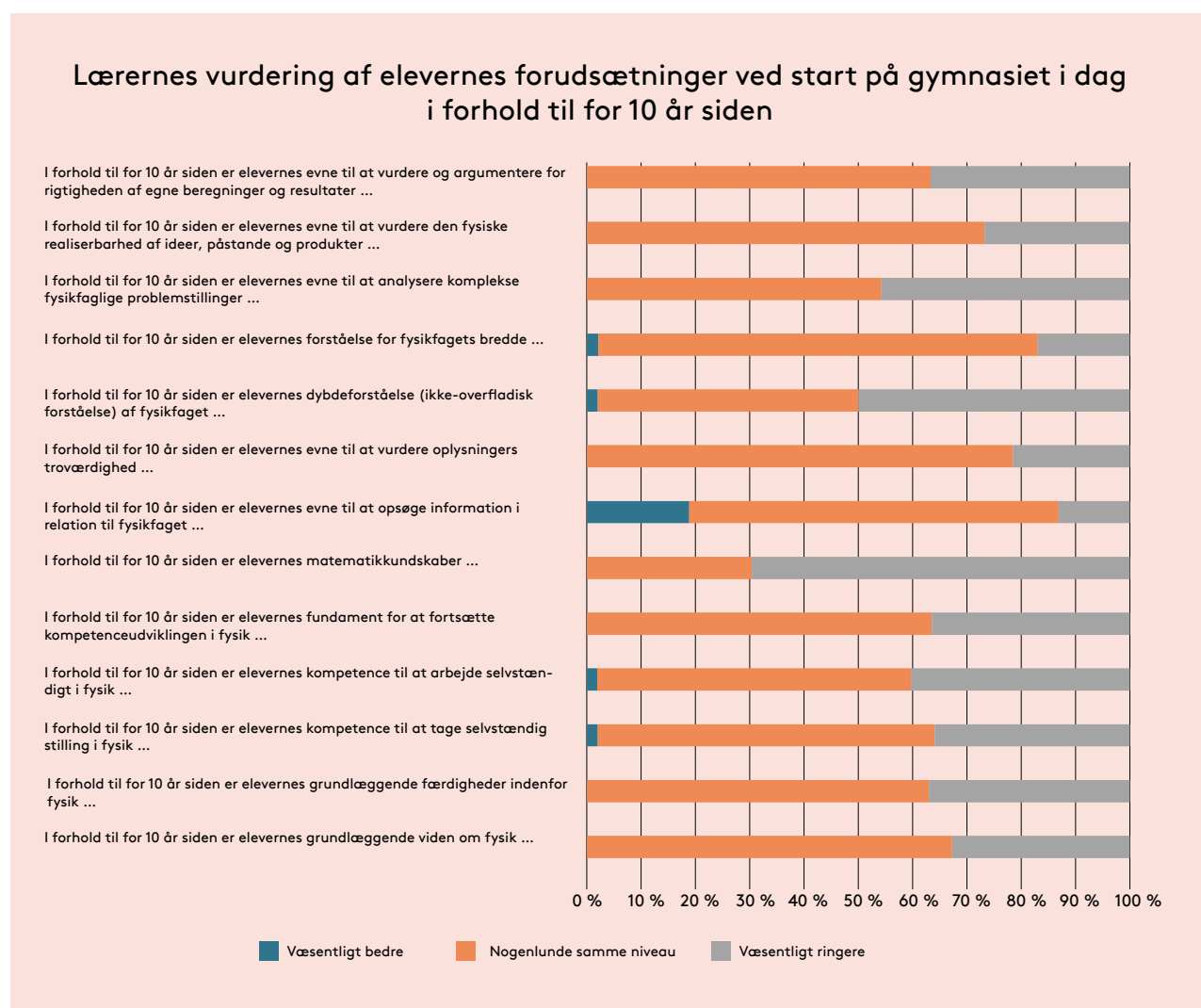
"Jeg havde troet, at besvarelserne ville være mere negative." (Nordisk repræsentant)

Et par yderligere konklusioner, som ikke overraskede ekspertgruppen, men som selvfølgelig alligevel skal pointeres var:

3. Eleverne er blevet bedre til at søge information i relation til fysikfaget (figur 14 og figur 15). Dette svarer fint overens med ekspertgruppens fornemmelse af, at eleverne er blevet bedre til og mere selvstændige i deres (ofte internet-)søgning generelt og i relation til fysik.
4. Matematikkundskaberne opleves i dag som forringede, både når eleverne starter på (figur 14) og forlader (figur 15) gymnasiet i forhold til for 10 år siden.

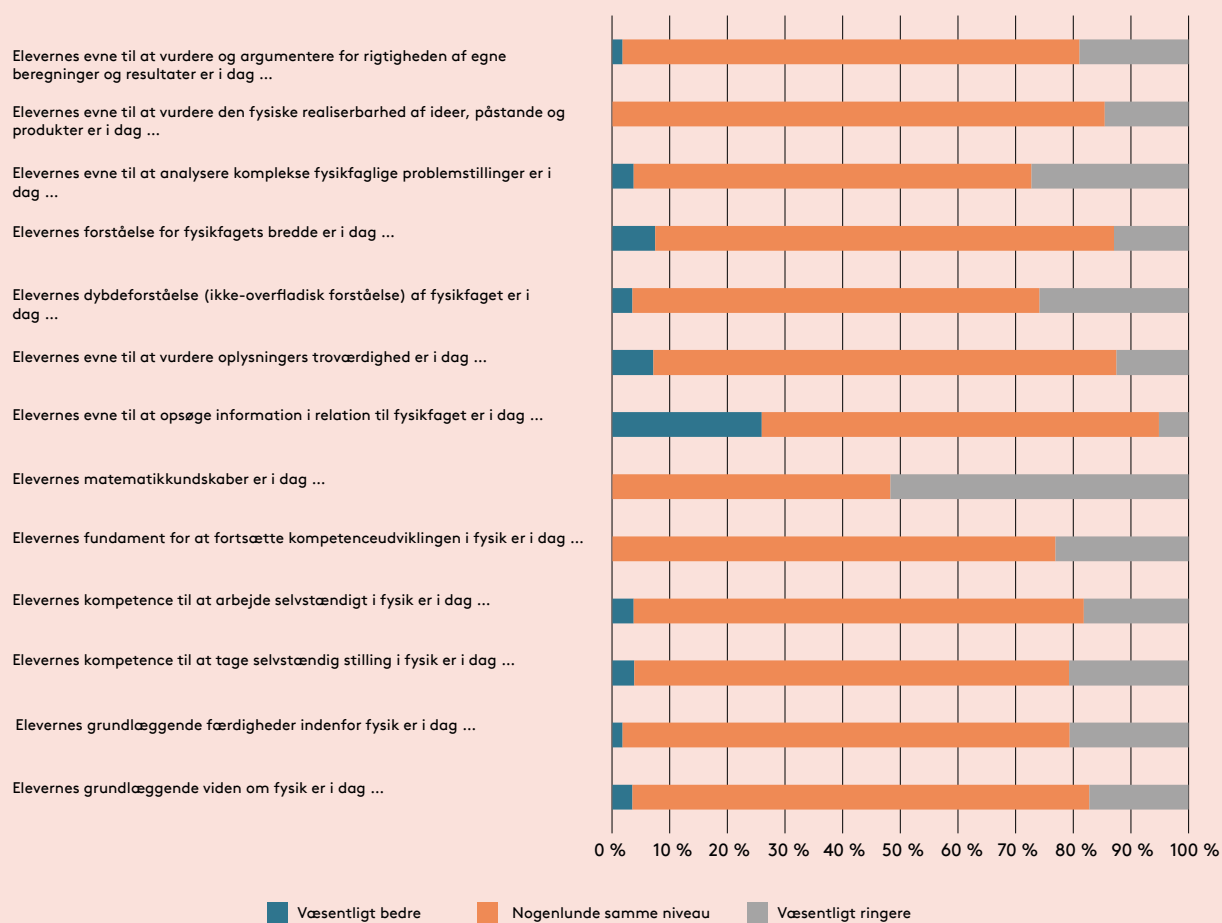
”Spørgeskemaerne viser i store træk – bortset fra i matematik – at underviserne oplever status quo.”
(Gymnasierepræsentant)

Se en udfoldet diskussion af eksperternes vurdering af matematikfærdigheders relevans i relation til fysikfagligheden i afsnit 11.1.1.



Figur 14. Gymnasielæreres vurdering af, om der er sket en forandring af elevernes fysikviden, -færdigheder og -kompetencer ved modtagelse af eleverne fra folkeskolen.

Lærernes vurdering af elevernes udbytte af gymnasiet i dag i forhold til for 10 år siden



Figur 15. Gymnasielæreres vurdering af, om der er sket en forandring af elevernes udbytte af fysikviden, -færdigheder og -kompetencer efter undervisning i gymnasiet.

9. Analyser af materiale fra forskellige perioder

Et øjebliksbillede af fysik ved årtusindeskiftet kan findes i rapporten ”Fysik i skolen – skolen i fysik” (EVA 2001). Her karakteriserer lærere fx Fysik A (i forhold til obligatorisk niveau) ved ”større mængde skriftlige opgaver, større kompleksitet i behandlingen af emnerne, større sammenhæng mellem emnerne, tættere sammenhæng med matematik og en mere videnskabscentreret tilgang til emnerne” (s. 41).

Hvordan Fysik A udviklede sig efter 2005-reformen er beskrevet af EVA (2009), hvor lærere vurderer om/hvordan de har ændret deres undervisningsindhold og tilgang efter reformen. Her nævner lærerne blandt andet ”øgede krav til selvstændighed og stigende abstraktionsniveau i det skriftlige arbejde som måder, hvorpå de har søgt at tilgodese progression” i undervisningen (s. 59).

Analyserne i nærværende undersøgelse ser på fysikfagligheden 50 år tilbage i tiden. Analyserne bygger videre på de konklusioner og optakter, der er præsenteret i afsnit 5 (undervisningsbeskrivelser – særligt tanker om lærebogsmateriale), afsnit 6 (eksamenssæt) og afsnit 7 (eksamensbesvarelser).

9.1. Materialer og metoder

Analyserne af materiale fra forskellige perioder består af tre forskellige datasæt

1. Lærebogsmateriale omhandlende ’det skrå kast’ fra 10 forskellige lærebøger fra perioden 1964-2006 (se liste over lærebøger i bilag 6). De forskellige lærebøgers gennemgang af det skrå kast blev analyseret af to eksperter ved brug af VFK-analysemodellen.
2. Eksamenssæt fra forskellige reformperioder: 1968 (2 sæt), 1981, 2000, 2010 og derudover adgangen til de eksamenssæt, som er gennemgået i afsnit 6. Eftersom der i afsnit 6 blev konstateret et konstant niveau for eksamenssæt i perioden 2010-2018 (altså både før og efter 2005-reformen) indgår eksamenssættet fra 2010 ikke separat i denne analyse. Eksamenssættene blev analyseret ved hjælp af VFK-analyserammen af 1-2 eksperter.
3. 5 eksamensbesvarelser fra hvert af årene 1981, 2000 og 2010 og derudover adgangen til de eksamensbesvarelser fra 2018, som er gennemgået i afsnit 7. Der blev tilfældigt udvalgt tre eksamensbesvarelser fra hvert af årene 1981, 2000 og 2010, og disse blev analyseret ved hjælp af VFK-analyserammen af 1-2 eksperter. Ekspertgruppen har valgt ikke at rapportere SOLO-analyser af disse eksamensbesvarelser, eftersom det i afsnit 7 blev vist, at SOLO-vurderingen i høj grad var sammenfaldende med elevens resultat (karakter) og altså ikke et udtryk for karakteristika ved det specifikke eksamenssæt eller en historisk tendens.

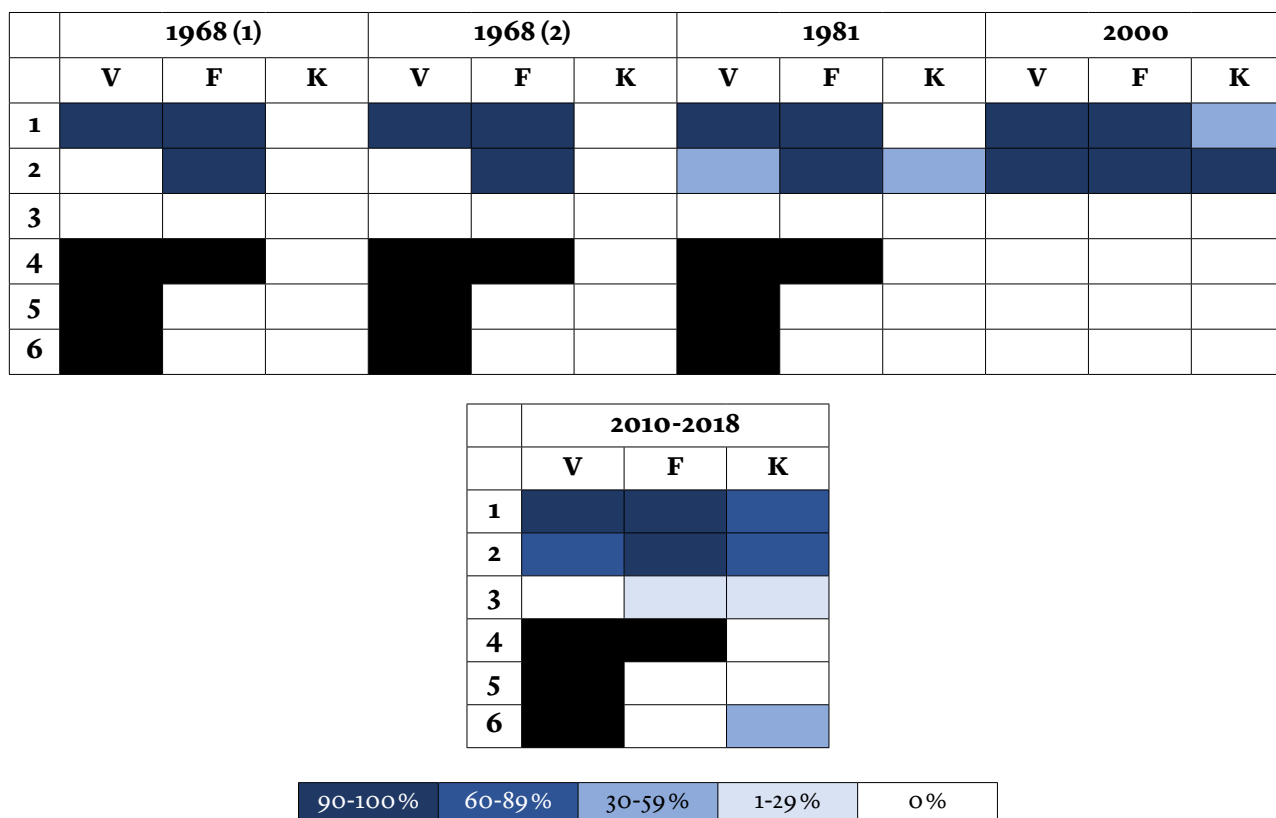
9.2. Resultater

9.2.1. Lærebogsmateriale: Det skrå kast

De to eksperters VFK-analyser kan ses i bilag 7. Alene på baggrund af VFK-analysen er det svært at tale om nogen decideret udvikling i perioden. Eksperternes kvalitative læsning af lærebøgerne viser derimod en markant udvikling fra ”matematisk meget udførlig brug af differentiallyigninger” (lærebog nr. 1, 1964) over ”mere fysiske betragtninger end tidligere og mange eksempler” (lærebog nr. 4, 1983) mod ”eksempler, hverdagsbeskrivelser” og ”mindre omfang af matematik” (lærebog nr. 8, 2002).

9.2.2. Eksamenssæt

Ekspertgruppens generelle vurdering af de tidlige eksamenssæt er, at de var langt mere strukturerede, end de nutidige eksamenssæt er, i den forstand at eleven blev guidet frem mod den opgave, der skulle løses. Dette antages at kunne hjælpe de elever, der er dygtige til matematik, men mangler decideret fysikforståelse. På den anden side noteres det, at der i de tidligere eksamenssæt i flere tilfælde er kædede spørgsmål (hvor svaret på ét spørgsmål skal bruges i en senere opgave), hvilket antages at



Figur 16. Samlet VFK-analyse af udvalgte tidligere eksamenssæt samt den samlede analyse af eksamenssæt for perioden 2010-2018. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 2 analyser af hvert af de tidligere eksamenssæt og 32 analyser af aktuelle eksamenssæt (2010-2018) eksperterne har vurderet, at eksamenssættet spørger ind til den pågældende dimension.

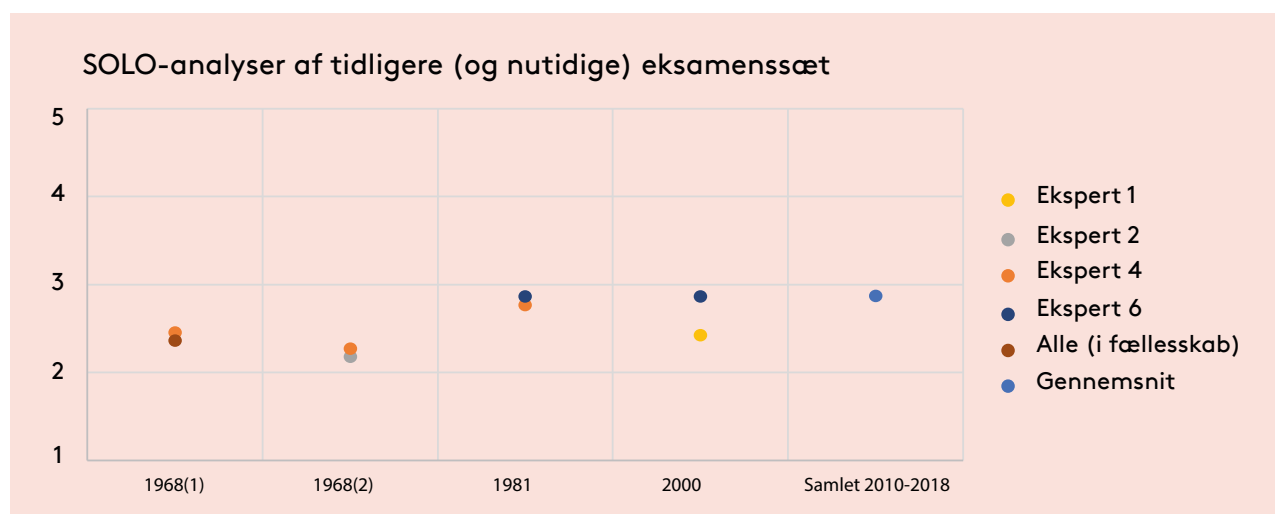
have kompliceret besvarelsen af efterfølgende opgaver for elever, der ikke har formået at svare eller har svaret forkert på et tidligere spørgsmål. Endvidere noterer ekspertgruppen sig, at der i de tidligere eksamenssæt var færre opgaver, end der er i de nutidige, hvilket gav eleven færre muligheder for at vise sin viden, sine færdigheder og kompetencer – eller mangel herpå.

Slutteligt er ekspertgruppen enige om, at de nutidige eksamenssæt i langt højere grad forudsætter, at eleven selv er i stand til at identificere et fysikproblem i en hverdagskontekst. I ekspertgruppen blev dette omtalt som ”evnen til at pakke opgaven ud”, altså at forstå, hvad opgaven i det hele taget går ud på.

”Eleven skal kunne åbne og forstå spørgsmålet, de skal identificere fysikproblemstillinger i hverdags-situationer (K6.5).” (Gymnasiepræsentant)

En oversigt over eksperternes VFK-analyser af de tidligere eksamenssæt (samt den summative analyse af eksamenssættene fra perioden 2010-2018) ses i figur 16 (s. 50). Generelt er der blevet kodet flere forskellige VFK-dimensioner i senere eksamenssæt og for de tidligste eksamenssæt er kompetencerne (K) helt fraværende.

Eksperternes SOLO-analyser af de tidligere (og nutidige) eksamenssæt er illustreret i figur 17. Figuren viser en antydning af, at 1968-eksamenssættene har lavere SOLO-taksonomisk niveau end de senere (den udvikling, der måske er der, udviskes dog af måleusikkerheden). Dette er enslydende med ekspertgruppens generelle vurdering af, at senere eksamensopgaver kræver mere udpakning samt flere forskellige færdigheder og kompetencer.

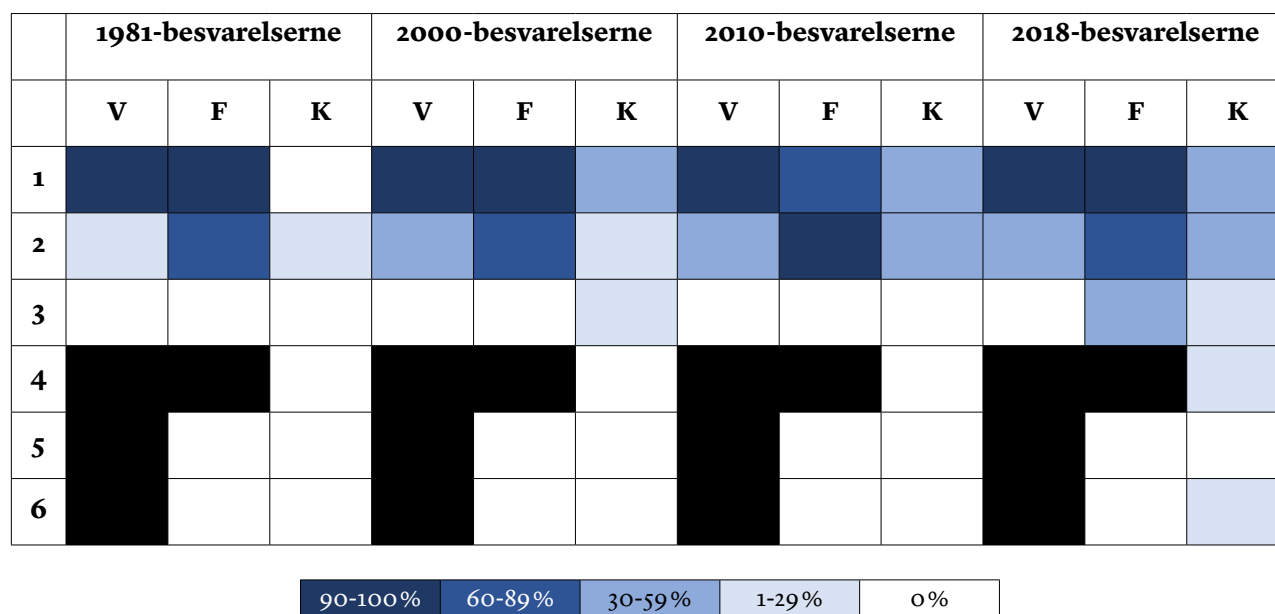


Figur 17. Ekspertgruppens summative SOLO-analyser af tidligere (og nutidige) eksamenssæt.

9.2.3. Eksamensbesvarelser

Ekspertgruppens overordnede betragtninger af elevbesvarelserne var, at elever i nutidige besvarelser skriver langt mere tekst, end de gjorde tidligere. Dette er dels et udtryk for, hvordan det – i hvert fald efter 2005-reformen – er blevet et tydeligere krav, at eleverne skal tilføje beskrivende tekst, dels vurderer de fleste af eksperterne, at denne tilføjede forklarende tekst generelt tydeliggør elevens fysikformåen – evner såvel som mangel herpå.

Eksperternes VFK-analyser af de tidligere (og nutidige) eksamenssæt er præsenteret i figur 18. VFK-analyserne af eksamensbesvarelserne i figuren ligger i tråd med analyserne af eksamenssættene (figur 16). Der er generelt kodet flere forskellige VFK-dimensioner i senere eksamensbesvarelser, og for de tidligste eksamensbesvarelser er kompetencerne (K) i højere grad fraværende.



Figur 18. Samlet VFK-analyse af tidligere (og nutidige) elevbesvarelser. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 6 analyser af 1981-besvarelser, 5 analyser af 2000-besvarelser, 3 analyser af 2010-besvarelse og 18 analyser af 2010-2018-besvarelser eksperterne har vurderet, at eleven har demonstreret at besidde den pågældende dimension.

9.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner

”De fysiske principper, der bliver behandlet, er stort set de samme.” (Aftagerrepræsentant)

Særligt to diskussioner fylder i eksperternes gennemgang af de forskellige perioders materialer:

Matematiske kompetencer og CAS-værktøjer

En af aftagerrepræsentanterne beskriver, hvordan han troede, at man tidligere kunne ”alt” i matematik og fysik i gymnasiet, og at han forventede, at denne antagelse ville blive bekræftet i projektet, men at dette ikke var tilfældet.

”Man havde et andet fokus tidligere, på sin vis var de tidligere opgaver lettere, men matematisk sværere.” (Aftagerrepræsentant)

Han bakkes op af en nordisk repræsentant, der vurderer, at dygtige matematikere havde lettere ved fysikken tidligere.

Den nordiske repræsentant og de to gymnasierepræsentanter diskuterer, at udviklingen ”er gået i

moderniseringsretningen” og ”er et udtryk for, at samfundet også er ændret”, idet bl.a. CAS-værktøjer inddrages til eksamensbesvarelser. Hos disse tre eksperter er der enighed om, at samfundsudviklingen gør, at eleven i dag skal kunne håndtere en langt mere kompleks verden/arbejdssituation senere i livet, end eleven fra 1968 skulle.

Den anden aftagerrepræsentant og en nordisk repræsentant har dog et par indvendinger mod CAS-værktøjerne:

”CAS-værktøjer har som alle andre værktøjer kun værdi, hvis eleverne ved, hvad de egner sig til, og hvor deres begrænsninger ligger.” (Den anden aftagerrepræsentant)

”CAS-værktøjer maskerer matematikkundskaber.” (Nordisk repræsentant)

Hvortil en af gymnasierepræsentanterne svarer:

”Matematikken er én af VFK-dimensionerne, vi kan vurdere på (og der er ikke tvivl om, at elevernes evne til at anvende matematikken er faldet), men der er mange andre dimensioner (eksempelvis brugen af CAS-værktøjer (F3.1) og formidlingen (K6.4)). Det ser ud til, at det kræver et højere abstraktionsniveau at løse en fysikopgave i dag end tidligere, hvor eleven kunne være konkret-tænkende og alligevel løse opgaven.” (Gymnasierepræsentant)

Det diskuteres endvidere, at nogle elever ikke når til at lykkes med eller fejle i selve matematikken, da de først skal bruge tid på at åbne eksamensspørgsmålene, hvilket leder til næste punkt.

Evnen til at ”pakke opgaver ud”, dvs. evnen til at forstå, hvad opgaverne egentlig går ud på (kompetencen K6.5: kunne identificere fysiske problemstillinger i hverdagssituationer).

”Tidligere skulle man spore sig ind på den rigtige retning, og så skulle man bare følge sporet. I dag er det sværere [kræver forskellige kompetencer – blandt andet at kunne pakke opgaven ud], og fordi det er sværere, er jeg bekymret for, at der er flere elever, der ikke opnår de basale videns- og færdighedskompetencer, som de gjorde tidligere.” (Den ene aftagerrepræsentant)

”Vi er meget enige om, at de elever, der nåede op til kompetenceniveauet, var de dygtigste. Men sproglige kompetencer (at argumentere/formulere osv.) afhænger også af, hvordan man taler i hjemmet (og hvilket sprog). De, der har svært ved sprogfærdigheder, vil have svært ved de nye opgaver, hvor der er mere tekst.” (Nordisk repræsentant)

”I dag er opgaverne pakket ind i mere end bare sprog, nemlig også i et abstraktionsniveau. Udpakningen kræver evnen til mere abstrakt tænkning hos eleverne, end tidligere opgaver gjorde. Dette abstraktionsniveau kommer for nogle først efter gymnasietiden. Indpakningen gør altså de nye opgaver sværere for nogle end for andre.” (Aftagerrepræsentant)

Alt i alt er eksperterne enige om, at de tidligere eksamenssæt (og besvarelser) i højere grad indeholdt viden og færdigheder, og at de nyere sæt også stiller krav om kompetencer.

Dette ser den ene aftagerrepræsentant således:

”Det kunne tydes som større fokus på præcise udregninger af præcise spørgsmål i 1960’erne til forskel fra løse formuleringer i dag.” (Aftagerrepræsentant)

Hvorimod flere andre eksperter udtrykker følgende holdning:

"I sættet fra 1968 tester man ikke kompetencer, men kun viden og færdigheder. Det er en væsentlig forskel fra i dag. Man behøver ikke at forstå fysik – for groft sagt – så længe man er god til matematik, har en formelsamling og kan finde de rette formler, så kan man besvare opgaven." (Gymnasierepræsentant)

10. Komparative analyser af materiale fra Danmark, Norge og Sverige

Analyserne af materialer fra de tre skandinaviske lande bygger videre på de konklusioner og optakter, der er præsenteret i afsnit 4 (læreplan) og afsnit 6 (eksamenssæt).

Antallet af timer, der undervises i (det, der svarer til det danske Fysik A-niveau – i Sverige har de et endnu højere fysikniveau), er nogenlunde sammenligneligt på tværs af de tre lande. I Danmark drejer det sig om 325 timer, i Norge 280 timer og i Sverige ca. 215 timer. For Danmark skal man være opmærksom på, at timeangivelsen kan inkludere timer, der er allokeret til fx tværfagligt arbejde.

10.1. Materialer og metoder

De komparative analyser af materiale fra de tre skandinaviske lande beror på to forskellige datakilder:

1. Sammenligninger af læreplaner fra de tre lande. Hver læreplan er analyseret af to eksperter.
2. Sammenligninger af eksamenssæt fra Norge (2018) og Danmark (2010-2018). I Norge testes eleverne (som i Danmark) både i en mundtlig-praktisk eksamen og i en skriftlig eksamen. Det er kun den skriftlige eksamen, der indgår her. Den norske skriftlige eksamen er (ligesom den danske) en 5-timers prøve, men den norske prøve består af to dele. En prøve uden hjælpemidler (de første to timer), der primært består af multiple choice-spørgsmål, og herefter en problemløsningsprøve. Det norske eksamenssæt er analyseret af 3 eksperter og sammenlignet med den summative analyse af de danske eksamenssæt (2010-2018). I Sverige findes der ingen national prøve (hverken mundtlig eller skriftlig), og det har derfor ikke været muligt at sammenligne fagligheden i de danske og norske prøver med svenske ditto.

10.2. Resultater

Ekspertene har noteret sig, at der i de tre landes fysiklæreplaner fremskrives forskellige forhold mellem matematik og fysik. I den norske læreplan står, at "Programfaget skal bidra til å vise fysikkfagets bruk av matematikk og hvordan matematikken brukes til å modellere virkeligheten", og i den svenske læreplan står, at eleverne skal "[...] finna grundläggande principer som kan uttryckas matematiskt i modeller och teorier." I både den svenske og den norske læreplan er der altså et eksplicit fokus på matematiske (særligt modellerings-)kompetencer. I den danske læreplan hedder det, at matematik skal "anvendes integreret i undervisningen", og at der i enkelte eksempler på udledning af fysiske sammenhænge "indgår formel matematisk argumentation". Ydermere skal eleven "kunne

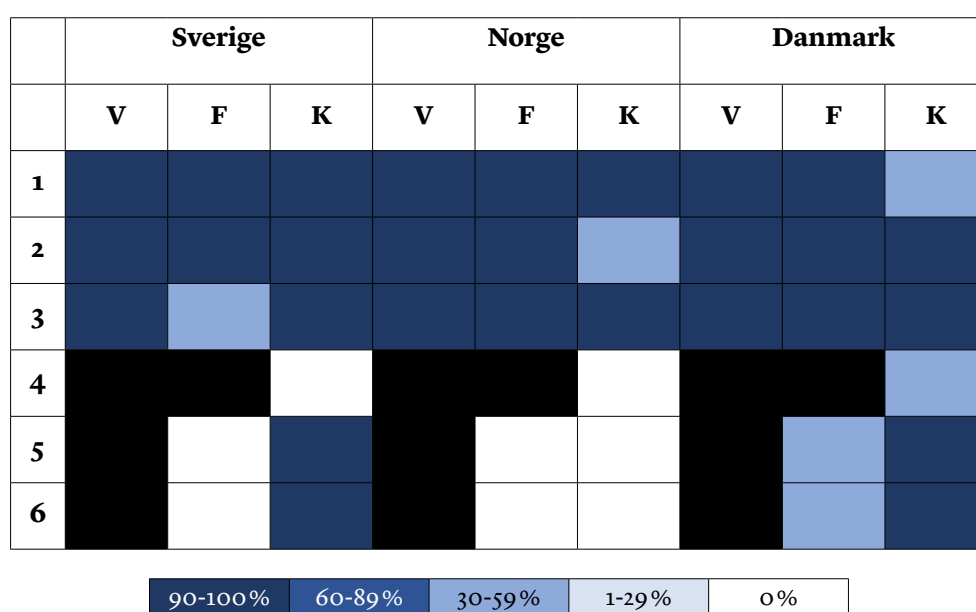
behandle eksperimentelle data ved hjælp af blandt andet it-værktøjer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser”. Ekspertgruppen noterer sig således, at i den danske kontekst er matematisk forståelse akkompagneret af evnen til at anvende CAS-værktøjer.

En udvidet kvalitativ vurdering af forskelle og ligheder mellem de tre lande kan findes i den komparative delrapport 6.

10.2.1. Læreplaner

I den norske læreplan er emner fordelt mellem to år (fysik 1 og 2). Hvis vi havde lavet analyser af norske undervisningsbeskrivelser, ville vi derfor (formodentlig) ikke være stødt på samme paradoks som for de danske (tabel 7), hvor det ser ud til, at ikke alle kernestofemner bliver behandlet (på 3. år).

I figur 19 vises analysen af den svenske og norske læreplan (sammenholdt med den danske (fra figur 3)).

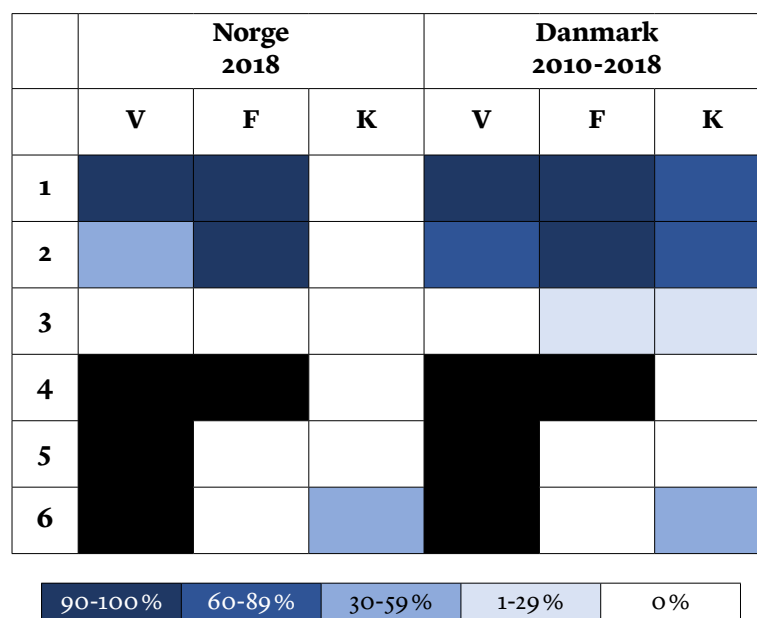


Figur 19. VFK-analyse af den svenske, norske og danske læreplan: De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 2 analyser af hver læreplan eksperterne har vurderet, at læreplanen beskriver den pågældende dimension.

VFK-analyserne af læreplanerne viser, at der for alle tre lande er lagt vægt på viden (V), færdigheder (F) og kompetencer (K) særligt indenfor vidensformer, begreber og indhold (1), metoder (2) og tværfaglighed (3). Der ses en tendens til, at den danske læreplan inkluderer flere færdigheder i relation til personlige (5) og sociale aspekter (6), end læreplanerne i nabolandene gør. Ligeledes er det kun i den danske læreplan, vi finder innovation (4) præsenteret i læreplanen.

10.2.2. Eksamenssæt

I figur 20 ses en oversigt over eksperternes VFK-analyser af det norske 2018-eksamenssæt og en samlet analyse af de danske eksamenssæt fra perioden 2010-2018. VFK-vurderingerne viser samme tendens som analyserne af hhv. den danske og den norske læreplan: Der er for begge lande primært vægt på viden (V) og færdigheder (F) særligt indenfor vidensformer, begreber og indhold (1), metoder (2) og tværfaglighed (3). Det ses ydermere, at de danske eksamenssæt tester flere kompetencer (K) end det norske sæt, og det er igen kun i de danske sæt, at vi ser innovation (4) præsenteret.



Figur 20. VFK-analyse af et norsk og dansk eksamenssæt fra 2018. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Antallet og intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 3 analyser af det norske eksamenssæt og 36 analyser af de danske eksamenssæt eksperterne har vurderet, at eleven har demonstreret at besidde den pågældende dimension.

I tabel 9 ses SOLO-analyser af det norske eksamenssæt og et gennemsnit for de danske eksamenssæt (2010-2018). Tabellen viser, at det norske eksamenssæt (2018) har langt flere opgaver med lave SOLO-niveauer (S2 og S3), hvorimod de danske eksamenssæt (2010-2018) har flere opgaver med højeste SOLO-niveau (S4 og S5).

Norge (2018)	S1	S2	S3	S4	S5
Ekspert 1	0	25	22	4	0
Ekspert 4	0	30	17	4	0
Ekspert 6	0	23	22	6	0
Gennemsnit	0 (0 %)	26 (51 %)	20 (40 %)	5 (9 %)	0 (0 %)
Danmark (2010-2018)	S1	S2	S3	S4	S5
Gennemsnit	0 (0 %)	6 (35 %)	5 (28 %)	3 (18 %)	1 (3 %)

Tabel 9. SOLO-analyser af det norske og de danske eksamenssæt. Hvert delspørgsmål er tilforordnet én SOLO-værdi.

10.3. Ekspertgruppens kommentarer og konklusioner

Ekspertene finder mange paralleller imellem de tre landes læreplaner. I Danmark er ét af otte kerne-stofemner 'Fysik i det 21. århundrede', hvorimod der i læreplanen i Norge er fokus på det historiske perspektiv. Dette leder til en diskussion af emnet 'Fysik i det 21. århundrede'. Fx "indgår det 21. århundrede eksplicit i andre fag – fx dansks eller matematiks – læreplaner?"

Hvad angår eksamenssættene, ser en ekspert potentiale i at tilføje elementer fra den norske eksamensform til den danske:

"Jeg kunne godt lide den norske prøve. Den indeholder to elementer, vi ikke har i den danske. 1: Multiple choice-prøven (så man kommer vidt omkring pensum), 2: Prøve uden hjælpemidler (der afprøver bestemte VFK-dimensioner, med computeren tændt kan man afprøve andre)." (Aftagerrepræsentant)

En anden ekspert forholder sig lidt mere skeptisk overfor den norske prøveform:

"Det norske eksamenssæt har 50 spørgsmål til 5 timers prøve, hvor det danske har 15 spørgsmål til 5 timer. De norske eksaminander må have travlt!" (Gymnasierepræsentant)

Den norske repræsentant vurderer, at "den danske fysikundervisning er nået længere, end den norske er". Her refereres til, at det danske eksamenssæt (jf. figur 20) i højere grad end det norske tester kompetencer – hvilket jo ikke er så overraskende, da multiple choice-spørgsmål primært tester viden og færdigheder.

Den svenske ekspert var ligeledes imponeret over det danske eksamenssystem. Både som testværktøj, men også som forskningsfelt og sammenligningsgrundlag.

"Det mangler vi i Sverige." (Svensk repræsentant)

11. Konklusioner på undersøgelsesspørgsmålene

Det samlede billede af analyserne præsenteret i de foregående afsnit er, at der på tværs af VFK-analyserne i projektet er identificeret nogle "basale fysikdimensioner", der synes at være grundlæggende kundskaber/egenskaber for yderligere viden (V), færdigheder (F) og kompetencer (K). De "basale fysikdimensioner" går på tværs af datakilder (se fx lærebogsmateriale i bilag 7 og eksamensbesvarelser i figur 7), eksperter (se bilag 5), lande (se læreplaner i figur 19) og år (se eksamenssæt i figur 16).

	Fysikdimensionernes 'omfang' på tværs af analyserne		
	V	F	K
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Identificeres på tværs af alle datamaterialer	Identificeres i størstedelen af datamaterialerne	Identificeres i nogle datamaterialer	Identificeres i et enkelt datamateriale (læreplanen)	Identificeres ikke i nogle datamaterialer
---	--	--------------------------------------	--	---

Figur 21. Samlet konklusion af forskellige fysikdimensioners omfang i de forskellige analyserede materialer. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den grønne farve indikerer, hvor grundlæggende/'basal' den pågældende VFK-dimension er (hvor mange gange den indgår på tværs af datamaterialerne).

De helt grundlæggende/basale fysikdimensioner er:

V1: Viden om vidensformer, begreber og indhold

V2: Viden om metoder (eksperimentelle og teoretiske)

F1: Færdigheder i relation til vidensformer, begreber og indhold

F2: Færdigheder i relation til metoder (eksperimentelle og teoretiske)

Kompleksiteten (med flere VFK-dimensioner, særligt kompetencer (K) og dimensioner indenfor tværfaglighed (3), innovation (4) og sociale aspekter (6)) bygger ovenpå de grundlæggende/basale fysikdimensioner:

- I nutidige eksamenssæt i højere grad end tidligere eksamenssæt (se i figur 16).
- I dygtige elevers eksamensbesvarelser i højere grad end i dårlige elevers eksamensbesvarelser (figur 7).
- I Danmark i større grad end i nabolandene (se læreplaner i figur 15).

Den stillede opgave lød på tre overordnede undersøgelsesspørgsmål (jf. afsnit 1). De søges hermed besvaret et for et i de efterfølgende underafsnit, der fremdrager de vigtigste pointer fra rapportens analyser og delkonklusioner.

11.1. Udviklingen i gymnasieelevernes viden, færdigheder og kompetencer

Analysen med historisk perspektiv beror på nedslag i forskellige perioder. Materialerne bestod af:

- Eksamenssæt fra forskellige reformperioder: 1968 (2 sæt), 1981 og 2000 og derudover adgangen til de to eksamenssæt fra hvert af årene 2010-2018, der indgår i analysen af det aktuelle niveau.
- 3 eksamensbesvarelser fra hvert af årene 1981, 2000 og 2010 og derudover adgangen til de 15 eksamensbesvarelser fra 2018, som også indgår i analysen af det aktuelle niveau.
- Spørgeskemabesvarelser fra 70 gymnasielærere.
- Og herudover lærebogsmateriale omhandlende 'det skrå kast' fra 10 forskellige lærebøger fra perioden 1964-2006.

Fysikekspertgruppen viser, at videns- og færdighedsformerne indenfor fagets vidensformer, begreber og indhold er ens og stærkt repræsenteret på tværs af årene 1968, 1981, 2000 og 2010-2018 (jf. figur 16). Alle eksamenssættene udprøver altså viden om specifikke fysikfacts, fysikbegreber, fysikterminologi, og/eller kendskabet til fysiske principper og love. De udprøver ligeledes færdigheder i at anvende fysikbegreber, udtrykke sig med tilstrækkelig faglig præcision i et fysikfagligt sprog, anvende bogstavsymboler og formelsprog (matematik) og regne med enheder, skifte mellem forskellige repræsentationsformer og/eller søge og anvende informationer om fysikstørrelser og -fænomener fra tabelværker, databaser og lignende (jf. tabel 4). Samtidig viser analyserne, at også færdigheder indenfor metoder er ens og stærkt repræsenteret alle årene (jf. figur 16). Alle eksamenssættene udprøver altså færdigheder i at identificere et fysisk problem, udlede relevante variable og udlede deres betydning for et problem, formulere en arbejdshypotese, beskrive observation med passende fysiksprog, anvende matematiske metoder estimere en måling afprøve en model og/eller analysere data (jf. tabel 4).

Tværfaglig viden, færdigheder og kompetence efterspørges ikke eksplicit i eksamenssættet fra 1968 (andet end implicit ved at eleverne skulle være dygtige til matematik). Innovative, personlige og sociale aspekter af den efterspurgte viden og de efterspurgte færdigheder og kompetencer er heller ikke at finde i eksamenssættene, der ikke indeholdt ret meget tekst, men mest regneopgaver. Fra 1981 tilføjes viden om metoder og metodiske kompetencer i den forstand, at eleverne skal kunne redegøre for, hvad de foretager sig metodisk, og der fordres en mere selvstændig anvendelse af den metodiske viden og de metodiske færdigheder (jf. figur 16). I eksamenssættet fra år 2000 ses en endnu større grad af efterspørgsel af sådanne metodiske kompetencer end i 1981 og tillige et krav om selvstændig og kritisk anvendelse af fagets teoretiske, begrebslige og tematiske indhold (jf. figur 16). Her tilføjes desuden kompetencer indenfor fysiks vidensformer, begreber og indhold (jf. figur 16), dvs. kompetencer til at anerkende begrænsninger ved videnskabelige forklaringer, anvende erhvervet fysikviden og -færdigheder i nye sammenhænge og/eller gennemføre rimelighedsvurdering af resultater og størrelsesordner (jf. tabel 4). I eksamenssættene fra perioden 2010-2018 (samlet vurdering) ses der i tillæg til den viden og de færdigheder og kompetencer, der blev efterspurgt i år 1968, 1981 og 2000, yderligere, omend i svagere grad, en fordring om bl.a. tværfaglige færdigheder og kompetencer, ligesom der også i eksamenssættene fra denne periode ses en efterspørgsel efter sociale kompetencer, dvs. en evne til at kunne tænke kritisk med fysikfaget i forhold til fx samfundsmæssige problemstillinger (fx teknologi og bæredygtighed). Ekspertgruppens analyser ift. SOLO-taksonomien viser en progression på SOLO-niveau ift. de enkelte delspørgsmål i hver opgave i eksamenssættene, men historisk vurderes niveauet at være forholdsvis konstant på omkring SOLO-niveau 3 (ud af 5).

Analyserne af elevbesvarelserne i fysik viser, at der alle år i langt størstedelen af besvarelserne (90-100 %) kan findes udtryk for viden og færdigheder indenfor fagets vidensformer, indhold, begreber og temaer, ligesom der kan findes udtryk for fysikfaglige metodiske færdigheder og for metodisk viden og kompetence, dvs. evnen til selvstændigt og kreativt at anvende fagets metoder. Sidstnævnte findes kun i mindre grad i elevbesvarelserne fra 1981, men bliver gradvist en smule stærkere frem mod 2018, hvor en større andel af elevbesvarelser udviser disse kompetencer. Der sker, ligesom analysen af eksamenssættene viste, endvidere det, at der i en væsentlig del af 2018-besvarelserne også udtrykkes kompetence til at forholde sig tværfagligt med fysikken. I en mindre del af 2018-besvarelserne ses også en vis grad af innovativ kompetence, dvs. evnen til at tænke kreativt med fysikfaget, ligesom en del af elevbesvarelserne også demonstrerer en vis social kompetence, igen forstået som evnen til med fysikfaget at forholde sig til samfundsforandringer og -problemer, fx vedrørende bæredygtighed, kommunikation m.m.

I forhold til spørgeskemaundersøgelsens spørgsmål om udviklingen i elevernes faglighed over tid vurderer gymnasielærerne, at elevernes faglige niveau, når de kommer fra folkeskolen i dag er 'nogenlunde på samme niveau' eller 'væsentligt' ringere, end det var tidligere. Særligt elevernes matematikkundskaber vurderes af gymnasielærerne til at være dårlige. Derimod vurderes elevernes evne til at opsøge information i relation til fysikfaget som væsentligt bedre i dag.

I forhold til elevernes niveau ved afslutningen af gymnasiet vurderer gymnasielærerne også, at elevernes matematikkundskaber er dårligere i dag end for 10 år siden, ligesom elevernes evne til at opsøge information i relation til fysikfaget igen vurderes som væsentligt bedre i dag. På trods af, at niveauet ved modtagelse i gymnasiet som nævnt vurderes ringere i dag end tidligere, vurderer gymnasielærerne, at eleverne i løbet af gymnasiet opnår 'nogenlunde på samme niveau' i dag som for ti år siden. Det vidner om, at gymnasielærerne oplever at skulle understøtte et større fagligt løft i gymnasiet i dag, end det var tilfældet tidligere.

På tværs af eksamenssæt, eksamensbesvarelser, spørgeskemadata og lærebogsmateriale var konklusionen, at der tidligere har været udspændt en mindre del af VFK-analysemodellen, end der er i det nutidige Fysik A-niveau. Særligt er kompetencer (K) fraværende i de historiske materialer (se fx figur 16). Herudover tegner der sig to vigtige konklusioner i det historiske perspektiv, der gennemgås separat i de to efterfølgende underafsnit.

11.1.1. Kravene til matematikkundskaber er mindsket over tid

Netop elevernes matematikkundskaber har været diskuteret flittigt i ekspertgruppen. Der er enighed om, at kravene til elevernes matematikkundskaber over tid har været faldende (se fx lærebogsgennemgang af 'det skrå kast' i afsnit 9.2.1 eller spørgeskemaresultaterne i afsnit 8.2.4) – dette modsvarer, at det siden 1989-reformen ikke har været obligatorisk at have Matematik A for at have Fysik A. Gymnasierepræsentanterne vurderer dog, at de fleste elever med Fysik A i praksis alligevel også har Matematik A. Opfattelsen af, at matematikkundskaberne er mindsket over tid, er for øvrigt ikke blot noget, der vurderes af fysikgruppen, men er i overensstemmelse med matematikgruppens analyser (jf. delrapport 2) og med den tidligere analyse af læreplaner (EVA-rapporten 2018, s. 118).

Fysikeksperterne er altså enige om, at kravene til matematikkundskaberne er mindsket, men synes ikke enige om, hvordan denne udvikling har influeret eleverne. Nedenstående citater viser nogle af ekspertgruppens artikulationer igennem projektet.

"At eleverne har fået adgang til CAS-værktøjer, gør, at de ikke behøver at beherske algebra og regne med enheder. Programmet kan klare det for dem."

"Eleverne er ikke dummere, end de var tidligere. Derfor forstår jeg ikke, hvorfor man ikke mener, de kan forstå lige så meget matematik i dag [altså have det som en obligatorisk del af fysikundervisningen], som de kunne tidligere." (Den ene nordiske repræsentant – der generelt er meget overrasket over, at man ikke behøver Matematik A for at have Fysik A i Danmark)

"Manglende matematiske kundskaber sætter begrænsninger for, hvilke emner og hvilken dybde der kan undervises i i fysik. Det er ikke bare et spørgsmål om, at det ville være rart – det er begrænsende for emnevalg." (Aftagerrepræsentant)

"Eleverne bør mestre grundlæggende algebra, så de kan kombinere ligninger, der udtrykker fysikrelationer og løse dem. Det er vigtigt, blandt andet, at de kan regne med enheder. Dette bør de få træning i uden hjælp af CAS-værktøjer."

"Hvis eleverne ikke har tilegnet sig mere avanceret algebraisk forståelse i matematikfaget, skal fysikfaget ikke bruges til dette. Det er derimod vigtigt, at eleverne får erfaring med brug af CAS-værktøjer i fysik, både fordi det er et vigtigt metodeværktøj, og fordi det kan benyttes til at give en dybere fysikforståelse. De bør både undervises i værktøjets muligheder og begrænsninger og i, hvordan de ræsonnerer fysikfagligt om de resultater, værktøjet giver."

"Træning i både matematiske færdigheder og brugen af CAS-værktøjer giver eleverne kompetence til at 'lære at lære'. En kompetence, de vil kunne bruge, når de møder nye fysikemner fremadrettet." (Den anden nordiske repræsentant)

"Det ideelle ville jo være både 'regning' og CAS. Men med stoftrængslen er det ganske enkelt ikke muligt. Egentlig tror jeg, vi glemmer, at fysik 'kun' er ét fag ud af mange." (Den ene gymnasie-repræsentant)

Den anden gymnasierepræsentant tilføjer (jf. ekspertgruppens initiale kommentarer om udfordringer/begrænsninger i afsnit 3.4., punkt 2), at selvom man ikke decideret tester matematikkompetencer til den skriftlige eksamen i Fysik A (på grund af CAS-værktøjet), kan man ikke slutte, at matematikkompetencer er helt fraværende fra Fysik A.

"At opstille modeller og udlede teoretiske formler (der også kræver matematikkundskaber) testes eksempelvis i den mundtlige eksamen." (Den anden gymnasierepræsentant)

Diskussionerne om matematikkompetencer centrerer sig således om brugen af CAS-værktøjer og vidner om ekspertgruppens forskellige opfattelser af, hvad fysikfaglighed er! Også samfundsrelevans og elevernes evner til at reflektere over resultater bringes op. Sidstnævnte relaterer sig til næste afsnit.

11.1.2. Fysikkens almindennede aspekt og relation til virkeligheden er styrket over tid

De nutidige eksamenssæt forudsætter, at eleven er i stand til at identificere et fysikproblem i en hverdagskontekst, det, ekspertgruppen benævner "evnen til at pakke opgaven ud". Tidligere blev eleverne guidet mere igennem opgaven og skulle ikke bruge samme tid på at finde ud af, hvad der egentlig blev spurgt om. Det leder til en diskussion i ekspertgruppen om fysikkens almindennede element og vigtigheden af, at fysik relaterer sig til virkeligheden/hverdagen:

"Det er et vigtigt dannelseselement i fysik, som ikke bare er rekruttering fra gymnasiet til de videregående uddannelser. Jeg tror, det er motiverende for unge mennesker at se problemer i bøger og til eksamen som er fra deres hverdag."

"Det vigtigste med faglighed er, at naturvidenskabelig faglighed skal introduceres til et bredere snit end bare de få, der vil være i den naturvidenskabelige verden." (Nordisk repræsentant)

"I gymnasiet skal fysik også være for bredden. 95% af dem, der har Fysik A, ender ikke med at studere fysik, derfor er det vigtigt, at eleverne kan anvende fysikken indenfor andre FELTER. Det vigtigste er at motivere dem. Vi skal sælge – ikke oversælge – varen, for vi skal have naturvidenskaben så bredt ud som muligt. Jeg vil gerne, at det, man får med i fysiktimerne, er, at man forstår naturen. Men man behøver ikke forstå alle detaljerne." (Aftagerrepræsentant)

"Min erfaring som fysiklærer i gymnasiet er, at eleverne i højere og højere grad skal se relevansen i det, de lærer, for at engagere sig i læreprocessen." (Gymnasierepræsentant)

11.2. Udviklingen i undervisningen mht. viden, færdigheder og kompetencer

Analysen af undervisningsbeskrivelserne viste ingen udvikling over tid men stor bredde i undervisningstemaer på tværs af de undersøgte skoler og år. Alle undervisningsbeskrivelser burde indeholde

de samme 8 kernestofemner: Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede, Energi, Elektriske kredsløb, Bølger, Elektriske og magnetiske felter, Kvantefysik, Mekanik og Fysik i det 21. århundrede, og i tillæg hertil enkelte valgfrie emner/supplerende stof, men det er ikke det billede, analysen af undervisningsbeskrivelserne tegner. Ud fra analyserne ser det ud til, at underviserne har fokus på forskellige kernestofemner (men ikke alle). Dette skyldes formodentlig, at der er forskel på, om Fysik A er et 1-årigt valgfag eller et 3-årigt studieretningsfag. Hvis der er tale om det 3-årige fag kan nogle af kernestofemnerne være gennemgået på 1. eller 2. år. Således kan der ikke på baggrund af de gennemførte analyser konkluderes noget om, hvorvidt der reelt er stor variation. Begge aftagerrepræsentanter i fysikgruppen har dog erfaring med, at der kan være stor spredning i de emner, eleverne har kendskab til, når de starter på universitetet, hvilket kan være et problem i forhold til at gennemføre undervisningen på universitetet. En gymnasierepræsentant anfører desuden, at der kan være en interesse i at fokusere på det supplerende stof, fordi det ofte er motiverende for eleverne.

11.3. Det aktuelle niveau i gymnasieelevernes viden, færdigheder og kompetencer

Undersøgelserne af den nutidige faglighed i Fysik A (2009/2010-2018) er det mest solide i projektet; det er her, der er indsamlet og analyseret mest data:

- 64 undervisningsbeskrivelser fra 10 gymnasier (2009-2018)
- 18 eksamenssæt (2 fra hvert år i perioden 2010-2018)
- 15 eksamensbesvarelser fra 2018 (samt 3 besvarelser fra 2010, der blev analyseret i forbindelse med analysen af materiale fra forskellige perioder)
- spørgeskemabesvarelser fra 70 gymnasielærere

Analysen af eksamenssættene viser, at de aktuelle eksamenssæt (2010-2018) i høj grad tester viden (V) og færdigheder (F) og sekundært kompetencer (K) indenfor vidensformerne begreber og indhold (1) samt metoder (2). En enkelt kompetence (K) testes også i flere eksamenssæt indenfor de sociale aspekter (6), nemlig kompetencen til at kunne formidle fysikviden til forskellige målgrupper (se figur 4). Der er altså nogle basale videns-, færdigheds- og kompetencedimensioner, der går igen i alle eksamenssættene. Tværfaglige færdigheder og kompetencer testes i mindre grad. Her drejer det sig kun om IT-færdigheder (fx Computer Algebra Systemer (CAS-programmer)) og kompetencen til at overføre fysikviden/metode til andre felter indenfor/udenfor naturvidenskab. Personlige aspekter testes ikke i de skriftlige eksamenssæt. En samlet vurdering viser, at eksamenssættene synes at have et stabilt niveau på tværs af tidsperioden (se fx figur 5). Taksonomisk ligger opgaverne i de aktuelle eksamenssæt gennemsnitlig omkring SOLO-niveau 3 (ud af 5) som for de tidligere opgaver, og analysen peger på en progression ift. SOLO-niveau mellem de enkelte delspørgsmål i hver opgave. Analysen af eksamensbesvarelser viser, at det SOLO-taksonomiske niveau og karakter hænger sammen: 02-talsbesvarelserne ligger på en SOLO-vurdering på 2 eller derunder, mens 7-talsbesvarelser typisk ligger på en SOLO-vurdering mellem 2 og 3, og 12-talsbesvarelser lidt højere på omkring eller over 3. Analysen viser samtidig, at der er nogle videns-, færdigheds- og kompetencedimensioner, der går på tværs af alle besvarelserne, mens der er andre, der varierer, og hvor variationen igen følger karakteren. De dårligere besvarelser inkluderer primært viden (V) og færdigheder (F) indenfor vidensformer, begreber og indhold (1), mens 7-talsbesvarelserne herudover inkluderer færdigheder (F) indenfor metoder (2) og til dels tværfaglighed (3). 12-talsbesvarelserne inkluderer i tillæg hertil kompetencer (K) indenfor såvel vidensformer, begreber og indhold (1) som metoder (2).

Det er samtidig et centralt træk, at eleverne i nutidige besvarelser skriver langt mere tekst, end de gjorde tidligere. De fleste af eksperterne vurderer, at denne tilføjede forklarende tekst tydeliggør elevens fysikformåen – evner såvel som mangel herpå.

Gymnasielærernes vurdering ligger mellem svarkategorierne 'overvejende enig' og 'overvejende uenig', med en lille overvægt til 'overvejende uenig', når det kommer til at vurdere elevernes parathed, når de starter i gymnasiet. Dette gælder på tværs af kategorierne viden, færdigheder og kompetencer samt interesse og lyst. På seks spørgsmål har lærerne vurderet, at eleverne i særlig grad *ikke* er på det ønskede niveau ved start i gymnasiet. Dette drejer sig primært om spørgsmål, der relaterer sig til innovation: Elevernes erfaring med at arbejde nyskabende i forhold til egen viden indenfor fysik, elevernes erfaring med at vurdere den fysiske realiserbarhed af ideer, påstande og produkter og elevernes erfaring med at identificere fysikkens bidrag i ny viden og nye produkter. Sekundært vurderer lærerne også, at eleverne mangler forståelse for relationen mellem fysik og andre naturvidenskabelige og ikke-naturvidenskabelige fagområder og viden om, hvordan ny fysikfaglig viden skabes og videreudvikles. Fem spørgsmål skiller sig derimod positivt ud. Disse handler om lærernes vurdering af elevernes evne til samarbejde om løsningen af fysikfaglige opgaver, erfaring med at arbejde med fagets eksperimentelle metoder, kendskab til og erfaring med at anvende fagets begreber og teorier samt at argumentere for rigtigheden af egne beregninger og resultater.

Også når det kommer til lærernes vurdering af elevernes udbytte af undervisningen, er der på tværs af viden, færdigheder og kompetencer samt interesse og lyst meget positive svar på elevernes udbytte af undervisningen. Ét spørgsmål, som skiller sig ud for både grundskolelærerne og gymnasielærerne er, hvorvidt eleverne fordyber sig i det fysikfaglige også udover de skemalagte opgaver. Ved første øjekast skiller dette spørgsmål sig negativt ud, men man vil nok ved nærmere eftersyn vurdere det positivt, at over halvdelen af lærerne faktisk vurderer, at mindst 20-39 % af deres elever beskæftiger sig med fysik *udenfor* fysikundervisningen.

11.4. Afsluttende diskussion af udfordringer/begrænsninger

Konklusionerne fremlagt i dette afsnit skal læses med de forbehold, der er præsenteret løbende i rapporten, men primært i afsnit 3.4: Fysik A er et valgfag, som relativt få elever vælger.

Der er primært set på skriftlige eksaminer (eksamenssæt og eksamensbesvarelser), men jf. ekspertgruppens initiale kommentarer om udfordringer/begrænsninger i afsnit 3.4., punkt 2, vil en del af fysikfagligheden også blive testet til den mundtlige eksamen (herunder den eksperimentelle del) eller i den daglige undervisning.

Skriftlige eksamener er dog et på ingen måde ubetydeligt element, når fysikfagligheden ønskes undersøgt. Den skriftlige eksamen smitter naturligvis af på den daglige undervisning.

Ekspertgruppen vil understrege yderligere udfordringer/begrænsninger i deres arbejde med rapporten i form af følgende punkter, der gennemgås nedenfor.

1. Utilfredsstillende tidsramme.
2. VFK-analyserammens begrænsninger og eksperternes forskellige faglighedsforståelser.
3. Forskelligartet, men inkluderende brug af analysemodellerne.

Ekspertgruppen har i løbet af projektperioden haft flere tanker om fysikfagligheden og forslag til analyser af fysikfaglighed (af yderligere materialer), end hvad der er inddraget i rapporten. Dette skyldes manglende data, hvilket blandt andet skyldes manglende tid.

For flere af fysikeksperteserne er det generelt utilfredsstillende ikke at kunne sige noget signifikant om elevernes fysikfaglighed. Dette skyldes tidsbegrænsninger i projektet.

*"Det har ikke været muligt at analysere materialer i et omfang, som giver et statistisk grundlag."
(Nordisk repræsentant)*

"Det skal også bemærkes, at vi jo ikke regnede opgaverne, da vi vurderede VFK og SOLO. Det kan godt være, vi havde fået øje på flere/andre, hvis vi havde haft tid til at regne dem. Selv dygtige folk kan overse ting, når vi kun skaber overblik over løsningen i vore hoveder." (Gymnasierepræsentant)

Når det kommer til VFK-analysemodellens begrænsninger, fremhæver ekspertgrupperepræsentanter følgende:

*"Analysemodellen er for kompliceret, til dels overlappende og ikke færdigpudset."
(Nordisk repræsentant)*

Den allerstørste udfordring for ekspertudvalget er, at vi ikke har samme syn på, hvad faglighed er, og på, hvorfor eleverne skal lære fysik. (Gymnasierepræsentant)

På flere ekspertgruppemøder var punktet "Overvej inden mødet, om I finder analyserne og analyse-rammen fyldestgørende til formålet" på dagsordenen. Efter det indledende møde, hvor VFK-analyse-rammen blev defineret, ændrede eksperterne dog ikke meget ved analyserammen. Dette skal ikke ses som et udtryk for, at analyserammen var fuldt færdigudviklet, men snarere som et udtryk for projek- tets begrænsede tidsramme (jf. forrige afsnit). Hvis VFK-analyserammen var blevet løbende ændret (og dermed forbedret) over tid, ville det have krævet flere itera- tioner af analyserne – det har projektets tidsramme ikke tilladt.

"På det tidlige tidspunkt i studiet [hvor analyserammen blev udarbejdet] kunne jeg ikke overskue konsekvenserne heraf." (Aftagerrepræsentant)

"VFK-analyserammen fanger meget af det, jeg definerer som fysikfaglighed, og er sådan set i stand til at opfange læringsformuleringerne i læreplanerne og de læringsmål, eleverne afprøves i i eksamenssæt- tene." (Nordisk repræsentant)

Ovenstående citat fra den nordiske repræsentant illustrerer, at eksperterne opererer med deres "egne" faglighedsforståelser og -definitioner. Dette har resulteret i flere diskussioner i ekspert- gruppen (se uddrag af diskussion fra første ekspertgruppemøde som eksempel nedenfor). Alle eksperterne er således ikke enige i den faglighedsforståelse, som VFK-analyserammen udspænder.

"Jeg har en snæver forståelse af, hvad fysikfaglighed er. Faglighed er 'kun' fysik, ikke de andre faglig- hedsbegreber (social viden, personlig viden osv.)" (Den første aftagerrepræsentant)

"Vi arbejder i gymnasiet med en anden faglighedsforståelse, der inkluderer netop social viden, personlig viden osv." (Gymnasierepræsentant)

"Det gør ikke de andre fagligheder til fysikfaglighed, men det er disse andre ikke-fysikfagligheder, som skubber egentlige fysikfærdigheder af banen." (Den første aftagerrepræsentant)

"Social og personlig faglighed er en forudsætning for at kunne tillære sig viden og derfor nødvendige for den overordnede fysikfaglighed." (Den anden aftagerrepræsentant)

Ekspertgruppen er enige om, at en svaghed ved VFK-analysemodellen er, at der ikke er indbygget nogen graduering, som udtrykker graden, hvormed eleven opnår de forskellige VFK-dimensioner. VFK-analyserammen opererer med ja/nej-kategoriseringer 'er den pågældende VFK-dimension til stede eller ej?', men siger ikke noget om, i hvor høj grad den er til stede.

"Fx VFK-udsagnet F2.5: Anvende matematiske metoder. Analysen giver ikke mulighed for at afgøre 'på hvilket niveau' matematiske metoder anvendes." (Nordisk repræsentant)

Tilføjelsen af SOLO-taksonomien var et forsøg fra ekspertgruppens side på at overkomme denne begrænsning ved VFK-analysemodellen, men mere tid til at arbejde med analysemodellen ville formodentlig kunne have resulteret i en bedre integration heraf.

Som gennemgået i afsnit 4.1 og bilag 1 giver brugen af VFK-analyserammen en god/fair inter-rater-reliabilitet. Men ekspertgruppen oplevede det til tider frustrerende at arbejde med analyserammen, særligt når de havde forskelligartet brug heraf. Tiden har igen været en begrænsende faktor for at strømline forståelsen af hver enkelt VFK-analyseudsagn.

"Da de fleste af os var totalt uerfarne med disse analyser, lærte vi undervejs brugen af de forskellige VFK-koder. Det vil sige, at vores tidlige kodninger (i hvert fald mine) er anderledes end de senere."

"Det brede perspektiv gør også, at de små detaljer som VFK-udsagnsnumrene bliver overflødige. Om det er det ene eller andet nummer, er irrelevant i forhold til, om der er sket en ændring af fysikfagligheden." (Aftagerrepræsentant)

Dette resulterede i den "inkluderende" resultatgennemgang, der er fremlagt igennem rapporten. Der er ikke lavet komparative analyser på enkelt-VFK-udsagnsniveau, men i stedet summative analyser på VFK-dimensionsniveau.

Ekspertgruppen fandt SOLO-analyserammen grov, men brugbar til formålet. Der var dog også visse udfordringer associeret med brugen af denne analyseramme.

Ekspertgruppen noterede fx, at jo mere de diskuterede en opgave/besvarelse, des mere steg SOLO-vurderingen.

Ligeledes så de et iboende problem i at vurdere de tidligere eksamenssæt.

"SOLO-vurderingen er måske ikke retvisende for de tidligere eksamenssæt og -besvarelser. Eleverne skulle fx tidligere kunne omregne enheder, som CAS-programmer i dag kan. Er vi sikre på, at vi tager højde for sådanne elementer i vores SOLO-angivelser?" (Nordisk repræsentant)

12. Anbefalinger

12.1. Fremadrettet arbejde med Fysik A

En af de nordiske repræsentanter har flere gange kommenteret på udviklingen i kernestof i det historiske perspektiv (analyser heraf ligger udenfor projektets sigte, men er absolut interessante). Dette resulterede i følgende diskussion:

"Mange kommentarer fra spørgeskemaet går på, at der er stoftrængsel i faget. Det er derfor vigtigt at være opmærksom på ikke bare at anbefale, at der kommer mere ind i faget. Det handler ikke om de enkelte kernefaglige elementer, men om, at eleverne motiveres, og om, at de bliver gode til selv at tilegne sig viden om fysikken i andre emner." (Gymnasierepræsentant)

"Der, hvor man kunne sætte ind, var at informere om niveauet: Hvad er niveauet i overgangene mellem uddannelsesniveauerne." (Aftagerrepræsentant; gymnasirepræsentanterne er enige i dette forslag)

Den samme nordiske repræsentant peger endvidere på, at der ikke er mange af de danske eksamensopgaver, der tvinger eleverne til at forholde sig til rimeligheden af forskellige udsagn. Dette ser gymnasirepræsentanterne et spændende potentiale i at inddrage i fremtidige eksamenssæt.

12.2. Fremadrettet undersøgelse af fysikfaglighed

Først og fremmest peger eksperterne på projektets tidsramme som en begrænsende faktor (jf. afsnit 11.4).

"Jeg sidder tilbage med et billede af, at der er blevet forsøgt at gøre et stort arbejde med for lidt tid og for dårlig mulighed for at etablere en grundig metodisk tilgang. Det er synd, for jeg tror, indsigten i projektet kunne være blevet en del bedre, hvis vi havde haft mere tid og større mulighed for at kvalitetssikre revisioner undervejs."

"Det, der er mest frustrerende, er, at vi ikke har været i stand til at være så grundige, som vi gerne ville have været." (Nordisk repræsentant)

I relation hertil kommenterer den anden nordiske repræsentant på, at analyseværktøjet med fordel kunne forbedres – hvilket også tager tid.

”Videreudvikling af metoden til at undersøge fysikfaglighed skal ikke have fokus på fortiden, men på at formulere gode læringsmål og kreere en analyseproces og analysekriterier for at forstå, hvordan undervisningsmetoder, lærebogsmateriale og eksamensmetoder kan bidrage til at nå læringsmålene.”
(Nordisk repræsentant)

Men den vigtigste anbefaling er, at fremtidige analyser af fysikfagligheden også må inkludere andre eksamensformer og gerne ’selve undervisningen’ for at indfange forsømte faglighedsdimensioner (jf. ekspertgruppens initielle kommentarer om udfordringer/begrænsninger i afsnit 3.4., punkt 2).

Hertil reflekterer en af eksperterne (med opbakning fra flere andre i gruppen):

”Analyser må kræve, at vi ikke alene ser på udviklingen i eksamenerne/undervisningen, men også udviklingen af, hvilket behov vi i samfundet har for elevernes fysikkundskaber. Det ligger nok udenfor denne faglighedsvurderings opdrag, men det er da skræmmende, hvis vores elever i dag alene kunne løse fysikopgaver og ikke sætte fysikken i relation til omverdenen og anvendelserne.”
(Gymnasierepræsentant)

13. Referencer

- Andersen, N.O.; Busch, H.; Troelsen, R. & Horst, S. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser – Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Undervisningsministeriet.
- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does*. Berkshire: Open University Press.
- Blomhøj, M. (2016). *Fagdidaktik i matematik*. Frederiksberg: Frydenlund.
- Bloom, B.S.; Engelhart, M.D.; Furst, E.J.; Hill, W.H. & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- Bryman, A. (2004). *Social research methods* (2. udg.). New York: Oxford University Press.
- Claussen, C.; Dolin, J.; Gregersen, K. & Michelsen, C. (2000). *Eksamensopgaver i fysik – en analyse af opgavesættet ved skriftlig studentereksamen maj 1998*. Uddannelsesstyrelsen/Det gymnasiale område.
- Dolin, J. (2004). Et kompetencebaseret curriculum i fysik. I E.K. Henriksen & M. Ødegaard *Naturfagenes didaktik – en disciplin i forandring?* Forskningsserien, nr. 42. Høgskolen i Agder.
- Dolin, J.; Jacobsen, L.B.; Jensen, S.B & Johannsen, B.F (2006). *Evaluering af naturvidenskabelig almen dannelse i stx- og hf-uddannelserne*. MONA Forskningsrapportserie for matematik- og naturfagsdidaktik, nr. 3.
- Naturfagenes didaktik – en disciplin i forandring?* Forskningsserien, nr. 42. Høgskolen i Agder.
- Dolin, J.; Krogh, L. Brian & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 8, s. 59-140. København: Undervisningsministeriet.
- EVA (Danmarks Evalueringsinstitut) (2001). *Fysik i skolen – skolen i fysik*. ISBN 87-7958-020-3.
- EVA (Danmarks Evalueringsinstitut) (2009). *Fysik A og B på htx og stx*. ISBN (www) 978-87-7958-512-6.
- EVA (Danmarks Evalueringsinstitut) (2018). *Den faglige udvikling i gymnasiet – En undersøgelse af udviklingen i dansk, engelsk, matematik og fysik i perioden 1967-2017 – belyst gennem læreplaner og eksamenssæt*. ISBN (www) 978-87-7182-156-7.
- Klopfer, L.E. (1970). *Student behaviour and science content categories and subcategories for a science program*. Pittsburgh: Learning Research and Development Center, Univ. of Pittsburgh.
- Krogh, L.B. (2006). "Cultural Border Crossings" i *fysikundervisningen – unges forhold til fysik i et kulturelt perspektiv*. Ph.d.-afhandling, Center for Naturfagenes Didaktik, Steno Institutet, Aarhus Universitet.
- Krogh, L.B. & Andersen, H.M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. Frederiksberg: Frydenlund.
- Sjøberg, S. (2012). *Naturfag som almindelse – en kritisk fagdidaktik*. Aarhus: Forlaget Klim.
- Undervisningsministeriet (2005). *Evaluering af den skriftlige prøve i fysik (stx), Maj-Juni 2005*.
- Undervisningsministeriet (2018). *Fysik A, stx*. Vejledning.

14. Bilag

Bilag 1. VFK-kodning af den danske læreplan

Valgte VFK-udsagn

	Viden	Færdigheder	Kompetencer
Vidensformer, begreber og indhold	V1.1: Begge eksperter V1.2: Begge eksperter V1.3: Begge eksperter V1.4: Begge eksperter V1.5: Begge eksperter V1.6: Begge eksperter	F1.1: Begge eksperter F1.3: Begge eksperter F1.4: Ekspert nr. 2	K1.3: Ekspert nr. 2 K1.6: Ekspert nr. 2 K1.7: Ekspert nr. 2
Metoder (eksperimentelle og teoretiske)	V2.1: Ekspert nr. 1 V2.3: Begge eksperter	F2.1: Begge eksperter F2.5: Begge eksperter F2.6: Begge eksperter F2.7: Ekspert nr. 2 F2.8: Begge eksperter F2.9: Ekspert nr. 2 F2.10: Begge eksperter F2.11: Begge eksperter F2.12: Begge eksperter	K2.1: Begge eksperter K2.2: Begge eksperter K2.3: Ekspert nr. 2 K2.4: Begge eksperter K2.5: Begge eksperter K2.6: Begge eksperter K2.7: Ekspert nr. 2
Tværfaglighed	V3.1: Begge eksperter V3.2: Begge eksperter	F3.1: Begge eksperter	K3.1: Ekspert nr. 2 K3.2: Begge eksperter K3.3: Begge eksperter K3.4: Ekspert nr. 2
Innovation			K4.1: Ekspert nr. 1
Personlige aspekter		F5.1: Ekspert nr. 1	K5.1: Ekspert nr. 2 K5.2: Ekspert nr. 2 K5.3: Begge eksperter
Sociale aspekter		F6.1: Ekspert nr. 1	K6.2: Ekspert nr. 1 K6.3: Begge eksperter K6.4: Begge eksperter

Inter-rater-reliabilitet

Viden		<i>Ekspert 1</i>	
		Analysekode anvendt	Analysekode ikke anvendt
<i>Ekspert 2</i>	Analysekode anvendt	9	1
	Analysekode ikke anvendt	0	3

Færdigheder		<i>Ekspert 1</i>	
		Analysekode anvendt	Analysekode ikke anvendt
<i>Ekspert 2</i>	Analysekode anvendt	10	2
	Analysekode ikke anvendt	3	5

Kompetencer		<i>Ekspert 1</i>	
		Analysekode anvendt	Analysekode ikke anvendt
<i>Ekspert 2</i>	Analysekode anvendt	10	9
	Analysekode ikke anvendt	2	4

Bilag 2. Eksempel på de undervisningsbeskrivelser, der blev stillet til rådighed

Oversigt over gennemførte undervisningsforløb

Titel 1	Mekanik
Titel 2	Elektromagnetisme
Titel 3	Plasmafysik
Titel 4	Rel. teori
Titel 5	DTU
Titel 6	Idealgasser
Titel 7	Kosmologi

Beskrivelse af de enkelte undervisningsforløb (1 skema for hvert forløb)

Titel 1	Mekanik Samlet forløb over mekanik i 3.g Det skrå kast med med konstant acceleration Harmonisk svingning og Hookes lov Fjederkraft, fjederkonstant, potentiel energi Jævn cirkelbevægelse Sammenhænge mellem vinkelhastighed, radius, omløbstid, acceleration, fart og hastighed, kræfter. Centralbevægelse og gravitationsfelt. Energi i et gravitationsfelt, bevægelse, kræfter Stød og impuls (bevægelsesmængde) Impuls og kraft, Newtons 2. lov Impuls og impulsbevarelse, elastisk og uelastisk stød, stød i 2-d, energi ifm. stød.
Indhold	<i>Kernestof:</i>  fysikbog-tabeller.pdf  Elvekjær og Benoni: FysikABbogen 2, Systime; sider: 187-214, 220-224, 230-234, 238-253, 272-275 • Regn bola-opgaven: Bestem kraften som en bola trækker i en ko med i det den rammer benene. • Læs kap 8 frem til s. 267 Fokus er på begrebet bevægelsesmængde og dets sammenhæng med kraft.
Titel 2	Elektromagnetisme Elektromagnetisme. Coulombkraft, Lorentzkraft, E- og B-felt, punktladning, homogent felt, elektrisk potentiel energi, bevægelse i et homogent felt. Højrehandsregel, griberegler (forståelse af disse) Anvendelse, massespektrometer, partikkelaccelerator, induktion.
Indhold	<i>Kernestof:</i>  Elvekjær og Benoni: FysikABbogen 2, Systime; sider: 278-288, 301-304, 306-308, 311-313, 319-326, 331-337  Regn øvelser 3.1 og 3.2 færdige.
Omfang	Estimeret: Ikke angivet Dækker over: 25 moduler
Særlige fokuspunkter	
Væsentligste arbejdsformer	

Titel 3	Plasmafysik Fysik i det 21. århundrede - Plasmafysik og Fusion. Kernereaktioner og Q-værdi, plasma, tilstandsligning, reaktionstværsnit, reaktionsrate, reaktorer (herunder virkemåde, opbygning og teknologiske/fysiske problemstillinger), indeslutning, opvarmning af plasma, Q-faktor.
Indhold	<i>Kernestof:</i>  Heiselberg: Plasmafysik og fusionsenergi, Fysikforlaget; sider: 7-12, 14-41  Regn opg. 2.3 + 2.4  Regn opgave 3.3  151023 Plasmafysik og fusionsenergi vejledende opgaver 21 århundrede 2015 16.pdf  Regn opg. 3.7, 3.11 og 3.12.  Læs resten af kap. 4 og overvej hvilken del af kapitlet, som du kunne ønske at lave en elevgennemgang over.
Omfang	Estimeret: Ikke angivet Dækker over: 16 moduler
Særlige fokuspunkter	
Væsentligste arbejdsformer	
Titel 4	Rel. teori
Indhold	<i>Kernestof:</i>  speed-of-light.pdf  Vi skal lave forsøget med det roterende spejl, hvor vi vil bestemme lysets fart. <i>Supplerende stof:</i>  Elvekjær og Benoni: FysikABbogen 2, Systime; sider: 344-351
Omfang	Estimeret: Ikke angivet Dækker over: 5 moduler
Særlige fokuspunkter	
Væsentligste arbejdsformer	
Titel 5	DTU Besøg på DTU. Foredrag, forsøg og databehandling
Indhold	<i>Kernestof:</i>  lyngby_kort_dk.pdf  PlamafysikMedElektronstraalerV2.pdf
Omfang	Estimeret: Ikke angivet Dækker over: 6 moduler
Titel 6	Idealgasser Idealgasser.
Indhold	<i>Kernestof:</i>  FysikABbogen 1, Systime; sider: 112-114, 116-118, 122-123
Omfang	Estimeret: Ikke angivet Dækker over: 4 moduler
Særlige fokuspunkter	
Væsentligste arbejdsformer	
Titel 7	Kosmologi Kosmologi - opsamling
Indhold	<i>Kernestof:</i>  Elvekjær og Benoni: FysikABbogen 2, Systime; sider: 92-103, 112-113, 115-119  Java applet med universmodeller.
Omfang	Estimeret: Ikke angivet Dækker over: 4 moduler
Særlige fokuspunkter	
Væsentligste arbejdsformer	

Bilag 3. Eksempel på ”uofficiel undervisningsbeskrivelse” fra et enkelt undervisningsforløb

Hvad laver de dog på CERN?

Emner (kernestof og supplerende) Stjerners liv (fusion) og lysudsendelse (Wiens forskydningslov, sortlegemestråling) Dannelse af tungere grundstoffer Universets udvidelse med rødforskydning og Hubbles lov Elementarpartikler
Læste sider Vejen til Fysik B2 side 124-139 + 142-165 Kvantespring side 57-72 + 93-110 Højenergifysik fra NBI (noter) Guds Univers og mit Univers, af Holger Bech Nielsen, side 186-217 i Videnskaben eller Gud?
Film Partikelfysik: http://www.youtube.com/watch?v=Xcww72_6gCI&feature=related LHC rundtur: http://www.youtube.com/watch?v=qQNpucos9wc&feature=related
Foredrag Videnskaben eller Gud, foredrag med Holger Bech Nielsen og Bent Raymond Jørgensen
Eksperimenter Sortlegemestråling med Leslie-kuben
Afleveringer Kernereaktioner i Solen – opgaver Universets fysik – A-niveau eksamensopgaver
Fokus Med udgangspunkt i det aktuelle arbejde på forskningsinstitutionen CERN arbejdes der med kosmologi. Vi starter med det grundlæggende om, hvad en stjerne er, og hvorfor den lyser. Hvor kommer universet fra – og hvor skal det hen? Hvad ved vi om universets sammensætning i dag, og hvor ved vi det fra? Fysikken skal hjælpe med til, at vi får forståelse for vores ”plads” i universet. Der er også vægt på, at vi ikke kender svarene på alle spørgsmål i fysikken – men at vi ved eksperimenter kan finde nogle af dem. Fokus bliver på, hvorfor vi laver grundforskning, og hvilket ansvar en forsker kan og skal påtage sig.
Varighed 9 moduler – heraf 3 moduler med eksperimentelt arbejde og en dag med foredrag

Bilag 4. VFK-analyser af eksamenssæt i Fysik A for perioden 2010-2018

De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 1-3 analyser af hvert eksamenssæt eksperterne har vurderet, at eksamenssættet spørger ind til den pågældende dimension.

	2010 (1)			2010 (2)			2011 (1)			2011 (2)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	2012 (1)			2012 (2)			2013 (1)			2013 (2)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	2014 (1)			2014 (2)			2015 (1)			2015 (2)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	2016 (1)			2016 (2)			2017 (1)			2017 (2)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	2018(1)			2018 (2)		
	V	F	K	V	F	K
1						
2						
3						
4						
5						
6						

90-100 %	60-89 %	30-59 %	1-29 %	0 %
----------	---------	---------	--------	-----

Bilag 5. VFK-analyser af eksamensbesvarelser

De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 1-3 analyser af hver eksamensbesvarelse eksperterne har vurderet, at eleven har demonstreret at besidde den pågældende dimension.

	o2-besvarelse (1)			o2-besvarelse (2)			o2-besvarelse (3)			o2-besvarelse (4)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	o2-besvarelse (5)		
	V	F	K
1			
2			
3			
4			
5			
6			

	7-besvarelse (1)			7-besvarelse (2)			7-besvarelse (3)			7-besvarelse (4)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	7-besvarelse (5)			7-besvarelse (6)			7-besvarelse (7)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1									
2									
3									
4									
5									
6									

	12-besvarelse (1)			12-besvarelse (2)			12-besvarelse (3)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1									
2									
3									
4									
5									
6									

90-100 %	60-89 %	30-59 %	1-29 %	0 %
----------	---------	---------	--------	-----

Bilag 6. Analyseret lærebogsmateriale

Følgende 10 bøgers behandling af emnet Det skrå kast er blevet analyseret:

Nr.	Årstal	Lærebog	Sidetal
1	1964	Fysik for gymnasiet II	73-77
2	1973	Fysik 2	90-91
3	1973	Fysik i Grundtræk	18-21
4	1983	Kraft og Bevægelse	36-41
5	1990	Fysikkens spor	42-43, 45
6	1990	Fysikkens Verden 3	35-40
7	1990	Fysik for 3. g	46-51
8	1996	Orbit 3	74-80
9	2002	Fysik ABogen2	210-213
10	2006	Orbit BA	306-312

Bilag 7. VFK-analyser af lærebogsmaterialet Det skrå kast

To eksperter VFK-analyser af gennemgangen af 'det skrå kast' i 10 forskellige lærebøger. De tre hoveddimensioner viden, færdigheder og kompetencer (VFK) horisontalt samt de 6 vertikale underdimensioner: 1 Vidensformer, begreber og indhold, 2 Metoder, 3 Tværfaglighed, 4 Innovation, 5 Personlige aspekter og 6 Sociale aspekter. Intensiteten af den blå farve indikerer, i hvor mange af de 2 eksperter analyser af hver lærebog den pågældende dimension er valgt.

	Lærebog 1 (1964)			Lærebog 2 (1973)			Lærebog 3 (1973)			Lærebog 4 (1983)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	Lærebog 5 (1990)			Lærebog 6 (1990)			Lærebog 7 (1996)			Lærebog 8 (2002)		
	V	F	K	V	F	K	V	F	K	V	F	K
1												
2												
3												
4												
5												
6												

	Lærebog 9 (2006)			Lærebog 10 (2006)		
	V	F	K	V	F	K
1						
2						
3						
4						
5						
6						

90-100 %	60-89 %	30-59 %	1-29 %	0 %
----------	---------	---------	--------	-----

Syddansk Universitet har i samarbejde med Teknologisk Institut, JYSK ANALYSE A/S og fire ekspertgrupper nedsat af Børne- og Undervisningsministeriet gennemført en undersøgelse af den faglige udvikling indenfor fagene dansk, engelsk, matematik og fysik i det almene gymnasium (stx) i perioden 1968-2018.

Denne rapport præsenterer undersøgelsen af den faglige udvikling i fysik.

Gennem systematiske analyser af undervisningsbeskrivelser, eksamenssæt og eksamensbesvarelser fra perioden samt spørgeskemaundersøgelser med lærere og undervisere i grundskolen, på de gymnasiale uddannelser og på videregående uddannelser anlægger rapporten et bredt perspektiv på faglighed, som kan understøtte refleksioner over faget og over faglighed.

Der er udgivet seks delrapporter:

Faglighed i gymnasiet: Projektets rammer og design

Faglighed i gymnasiet: Matematik

Faglighed i gymnasiet: Fysik

Faglighed i gymnasiet: Dansk

Faglighed i gymnasiet: Engelsk

Udviklingen af fagligheden i gymnasiet: Tværgående opsamling og resultater