



INTERVENTIONS- OG
FØLGEFORSKNINGSPROJEKT

RHAPSODE – design, brug og virkning

Rapport udarbejdet for Københavns Kommune
af Læremiddel.dk og AU, 2020, af:

Stig Toke Gissel

Karsten Gynter

Thomas Illum Hansen

Tomas Højgaard

Rasmus Leth Vergmann Jørnø

Anne-Mette Nortvig

Morten Pettersson

LÆRE
MIDDEL
DK

Rhapsode – design, brug og virkning

Forfattere

Stig Toke Gissel
Karsten Gynther
Thomas Illum Hansen
Tomas Højgaard
Rasmus Leth Vergmann Jørnø
Anne-Mette Nortvig
Morten Pettersson

Rapport udarbejdet for Københavns Kommune
af Læremiddel.dk og AU.

LÆRE
MIDDEL
DK



År: 2020

ISBN: 978-87-971113-1-4

Indhold

1	Resume	1
2	Baggrund.....	4
3	Projektformål	6
4	Metode.....	7
5	Vidensoverblik	10
5.1	Læringsudbytte.....	11
5.2	Metalæring	12
5.3	Tidsbesparelse i lærerarbejdet og målrettet undervisning.....	13
5.4	Muligheder, krav og udfordringer ift. implementering af adaptive læremidler	13
6	Projektkontekst.....	14
7	Læremiddelanalyse.....	15
7.1	Målstyring og mikrogranulering	17
7.2	<i>Rhapsodes</i> udtryksformer og minimalistisk design.....	20
7.3	<i>Rhapsodes</i> aktiviteter og betingelsesstruktur	24
7.4	<i>Rhapsodes</i> indhold og kognitive stilladsering.....	29
7.5	Skematisk opsummering.....	34
8	Elevkompetencer, motivation og self-efficacy	34
8.1	Forskningsdesign	34
8.2	Undersøgelsens design.....	34
8.3	Operationalisering.....	36
8.4	Omfang af brug af <i>Rhapsode</i>	40
8.5	Resultater	41
8.5.1	Brug af <i>Rhapsode</i> og elevernes matematiske færdigheder – 9. klasse.....	41
8.5.2	Brug af <i>Rhapsode</i> og elevernes matematiske færdigheder – 4. klasse.....	42
8.5.3	Brug af <i>Rhapsode</i> og egenopfattede kompetence	44
8.5.4	Brug af <i>Rhapsode</i> og faglig motivation	45
8.6	Elevernes oplevelser med at bruge læremidlet.....	46
8.7	Sammenfatning.....	48

9	Elevers deltagerbaner i <i>Rhapsode</i>	49
9.1	Datagrundlag og metode	51
9.1.1	Data genereret af <i>Rhapsode</i>	51
9.1.2	Skærmoptagelser af elevers interaktion med <i>Rhapsode</i>	53
9.2	Case-analyser	55
9.2.1	Elev 1	55
9.2.2	Elev 2	63
9.2.3	Elev 3	69
9.2.4	Elev 4	72
9.2.5	Opsummering	74
9.3	Anbefalinger og opmærksomhedspunkter	76
10	Læremidlet i praksis – kvalitative undersøgelser af <i>Rhapsode</i>	77
10.1	Indledning	77
10.2	<i>Rhapsode</i> som produktionsteknologi og læremiddel	78
10.3	Analyssetemaer	79
10.4	Didaktisk design	80
10.5	Normalundervisning uden brug af <i>Rhapsode</i> (kvalitativ baseline)	80
10.6	Didaktisk design med <i>Rhapsode</i>	84
10.6.1	Assimileringsstrategi	84
10.6.2	Læremidlers funktion i en uddannelseskontekst	84
10.6.3	Digitale værktøjer til færdighedstræning	86
10.6.4	<i>Rhapsode</i> som formidler	88
10.6.5	Eleverfaringer med <i>Rhapsode</i> som formidler	89
10.6.6	At automatisere repetitionssekvensen	90
10.6.7	<i>Rhapsode</i> som opbevaringsfunktion	90
10.6.8	Individualiseret læringssyn	91
10.6.9	Eleverfaringer med individualiseret læring	91
10.7	Elever og læreres oplevelse af adaptation	92
10.7.1	Adaptive læremidlers adaptionstilgang	95

10.7.2	Lærernes forforståelse af <i>Rhapsodes</i> adaptationsprocesser.....	97
10.7.3	Elevforståelse af <i>Rhapsodes</i> adaptationsprocesser	98
10.7.4	Adaption eller endeløse "Loops"?.....	99
10.7.5	Styret navigation i et underviserperspektiv.....	102
10.7.6	Styret navigation i et elevperspektiv.....	104
10.7.7	<i>Rhapsodes</i> potentiale i forhold til forskellige elevgrupper.....	105
10.7.8	<i>Rhapsode</i> -læringsudbytte: Tre typer elever.....	106
10.7.9	<i>Rhapsode</i> som støtte til hhv. fagligt svage og stærke elever	107
10.7.10	Selvurdering	109
10.8	Adaption i et differentieringsperspektiv.....	110
10.8.1	Forventninger til differentiering.....	111
10.8.2	Differentierede udtryksformer.....	113
10.8.3	Differentieringsperspektiver på to typer af forklaringer	113
10.8.4	Konsekvenser af manglende differentiering i forklaringsmåder.....	114
10.8.5	Syntetisk tale til børn.....	114
10.8.6	<i>Rhapsodes</i> formidlingsformer – et udviklingsperspektiv	115
10.9	Lærerarbejdet	116
10.9.1	<i>Rhapsode</i> frigør tid i undervisningen og kræver tid i forberedelsen.....	116
10.9.2	Læreren som mediator mellem <i>Rhapsode</i> og eleverne	119
10.9.3	<i>Rhapsode</i> giver nye vejledningsmuligheder og udfordringer.....	120
10.9.4	Et større fokus på rollen som læringsfacilitator	121
10.9.5	Roller som didaktisk designer.....	121
10.10	Elevholdninger: De begejstrede, de overbærende og de opgivende	122
10.10.1	Stemninger	123
10.10.2	Strategier og handlinger.....	124
10.10.3	Vurderinger.....	124
10.10.4	De begejstrede.....	124
10.10.5	De overbærende	126
10.10.6	De opgivende	128

11	Matematikfaglige læringsmål, didaktisk design og <i>Rhapsode</i> -brug	130
11.1	<i>Rhapsode</i> i en færdighedsorienteret matematikundervisning	130
11.1.1	Et færdighedsorienteret didaktisk design.....	131
11.1.2	<i>Rhapsode</i> -brug i et færdighedsorienteret didaktisk design	133
11.2	<i>Rhapsode</i> i en begrebsforståelsesorienteret matematikundervisning	134
11.2.1	Et begrebsforståelsesorienteret didaktisk design.....	135
11.2.2	<i>Rhapsode</i> -brug i et begrebsforståelsesorienteret didaktisk design	137
11.3	<i>Rhapsode</i> i en kompetenceorienteret matematikundervisning.....	138
11.3.1	Et kompetenceorienteret didaktisk design.....	139
11.3.2	<i>Rhapsode</i> -brug i et kompetenceorienteret didaktisk design.....	140
12	Konklusion og anbefalinger	140
12.1	Anbefalinger	142
13	Referencer.....	144
14	Appendiks 1.....	153

1 Resume

Denne rapport præsenterer resultaterne af et følgeforskningsprojekt som Læremiddel.dk i samarbejde med Tomas Højgaard (Aarhus Universitet) har gennemført i forbindelse med et projekt, hvor Københavns Kommune afprøvede det adaptive Læremiddel, *Rhapsode*, i matematikundervisningen i 4. og 9. klasse.

Adaptive teknologier forsøger at skabe og optimere et skræddersyet læringsforløb ved hjælp af dynamiske ændringer i systemets respons baseret på brugerens interaktioner (Liu et al, 2017).

Forskningsindsatsen i projektet var todelt:

Dels gennemførtes et interventionsprojekt som i dialog mellem lærere og forskere/læringskonsulenter, iterativt har forsøgt at nå frem til nye didaktiske designs med inddragelse af *Rhapsode*.

Dels gennemførtes et følgeforskningsprojekt, som havde til formål at undersøge *Rhapsodes* potentiale som læremiddel i sig selv, lærere og elevers brug af læremidlet samt at kortlægge elevers faglige udbytte, forståelse for egen læring og læreproces samt self-efficacy før og efter indsatserne.

En kombineret læremiddelanalyse af forholdet mellem mål, udtryk, aktiviteter og indhold i *Rhapsode* bidrager med en dybere indsigt i læremidlets adaptive interaktionsdesign. Formålet med *Rhapsode* er at fremme matematikfaglig læring med vægt på struktureret videnstilegnelse. Til grund for dette formål ligger et syn på menneskers læring og hukommelse, der kan beskrives som en "læringsbrøk". Læremidlets kvalitet er defineret ved forholdet mellem læringsudbytte (tæller) og undervisningstid (nævner). Læremidlets udtryk repræsenterer dets indhold, og dets aktiviteter rammesætter elevernes arbejde med og fortolkning af indholdet. Derfor er der en nær sammenhæng mellem udtryk, aktiviteter og indhold. Således repræsenterer *Rhapsodes* minimalistiske design ud fra *cognitive load theory* (CLT)-principper et højstruktureret indhold, mens de prioriterede aktiviteter fastlægger, hvad der er kerne og periferi.

Dette faglige formål med læremidlet prioriterer de højstrukturerede dele af faget, der gør det muligt at gennemføre en undervisning, som er lettere at kontrollere, effektivisere og dokumentere. Det hænger sammen med et dannelsessyn, hvor den kognitive træning og udvidelse af hukommelsen prioriteres, fordi den eksplicite og deklarative viden, man kan sætte ord på og anvende ved prøver og eksaminer, tilskrives en central værdi. Det forholdsvist snævre formål og prioriteringen af kognitiv træning skal vurderes i lyset af, at *Rhapsode* er designet som et bidrag til en bredere tilrettelagt matematikundervisning.

Rhapsodes udtryk er kendetegnet ved et stramt, minimalistisk design. Det er designet ud fra Richard E. Mayers principper for multimodal repræsentation, der har til hensigt at maksimere tilgængelighed og minimere distraktion (Mayer, 2001 & 2003; Moreno & Mayer 2007). Resultatet er udtryk med korte analytiske sætninger, konsekvent brug af konvergerende modaliteter (typisk verbalsprog, billede, diagram, symbolsprog og signalfarver), at udtrykket ikke indeholder overflødige tegn (ord, lyde eller billeder), valgbar oplæsningsfunktion, nærhed mellem ord og billede (spatial kontiguitet), simultan brug af ord og billeder (temporal kontiguitet) samt grafisk styring af brugerens opmærksomhed.

Brugen af *Area9's* algoritme i *Rhapsode* er i skrivende stund i en pilotfase i folkeskoleregi. Derfor er det endnu et åbent spørgsmål, om data om elevernes adfærds- og forståelsesmønstre over tid bliver retningsgivende for målstyring i *Rhapsode*, der afspejler den overordnede ambition om effektiv videnstilegnelse. Algoritmens funktioner understøtter bestemte adfærdsmønstre, og derfor vil der ikke blive formuleret åbne og undersøgelsesorienterede indgangsmål med mindre man vælger at supplere læremidlet med andre formål og designstrategier, der prioriterer en mere eksplorativ tilgang til anvendt matematik i relation til komplekse fænomener og problemstillinger i fagets omverden.

Gennem data fra *Rhapsode* og skærmoptagelser af 4. klasse elevers interaktion med læremidlet blev det undersøgt dels, hvordan læremidlet håndterer elever med forskellige forudsætninger (med forskellige kombinationer af høj/lav matematisk kompetence, self-efficacy og høj/lav motivation for matematikfaget) og dels, hvordan eleverne håndterer læremidlets måde at præsentere indhold og opgaver. Det viser sig, at specielt self-efficacy synes at være en vigtig faktor for elevernes udbytte af at arbejde med *Rhapsode*. Når eleverne arbejder individuelt med det adaptive læremiddel lægges der pres på elevens vedholdenhed, tro på egne evner og motivation, da

læremidlet bliver ved med at presse eleverne til sværere områder og mange gentagelser af de ting, eleverne ikke mestrer. Desuden skal eleverne selv trække hjælp fra læremidlets ressourcer, når de får problemer, og det forsømmer eleverne i 4. klasse typisk.

Med udgangspunkt i test- og spørgeskemabesvarelser undersøges om brug af *Rhapsode* hænger sammen med ændringer i elevernes matematiske kundskaber, egenopfattede kompetence og faglig motivation. Eleverne på 9. klassetrin viser en statistisk signifikant fremgang i forsøgsperioden. Godt 50% af eleverne viser fremgang, og få oplever tilbagegang. Vi kan dog ikke skelne hvor meget af fremgangen, der skyldes naturlig progression (dvs. hvordan eleverne havde udviklet sig uden indsatsen) og hvor meget, der skyldes brug af læremidlet med det anvendte design. På 4. klassetrin er der tendenser til en fremgang ud over den udvikling man ville forvente på 4. klassetrin, men fremgangen er samlet set ikke statistisk sikker. Det insignifikante resultat kan dog skyldes, at der er lav statistisk power (pga. det lave deltagerantal) til at påvise en lille positiv udvikling. Hverken elevernes egenopfattede kompetence eller motivation viser ændringer relateret til brug af *Rhapsode*. Disse resultater skal læses i lyset af det begrænsede omfang, eleverne har benyttet *Rhapsode* – en forsøgsperiode på et skoleår og en skolegang påvirket af Covid-19.

I den resterende kvalitative del af rapporten analyseres, hvordan et didaktisk design af matematikundervisning udfoldes og forstås, når et adaptivt læremiddel, *Rhapsode*, inddrages. Analyserne er struktureret i et almen didaktisk perspektiv med fokus på lærerroller, aktiviteter, organisering mv. og en fagdidaktiske del med fokus på matematikfaglige mål og specifikke fagdidaktiske metoder.

Projektet viser, at lærernes didaktiske design i matematikundervisningen ændres, når *Rhapsode* anvendes i timerne. Dette skyldes læremidlets udgangspunkt i, at det er designet til at varetage flere lærerfunktioner ved både at forklare nyt stof, stille spørgsmål i relation hertil samt bidrage til en tidlig progression gennem - eller snarere rundt i - stoffet. Læremidlet fungerer derfor ikke optimalt, hvis det alene anvendes som erstatning for et traditionelt træningselement i undervisningen. Imidlertid ser flere lærere en stor fordel i alligevel at assimilere *Rhapsode* i den vanlige undervisning ved at lade læremidlet erstatte gruppe-, par- eller individuelt arbejde med øvelser i det af læreren introducerede indholdsområde for dagen. Dette frigør efter mange læreres mening tid til at hjælpe elever med særlige vanskeligheder eller til at arbejde med udvalgte grupper af elever i timerne.

Et andet meget tydeligt fremtrædende tema ses i forståelserne af adaptation og differentiering. Både lærere og elever synes nemlig at forvente, at *Rhapsodes* adaption består i *differentiering* af opgaver, aktiviteter og forklaringer i forhold til enkeltelevens faglige niveau. En sådan forventning må nødvendigvis skuffes, idet læremidlet ikke adapterer ved at stille lettere eller vanskeligere opgaver til eleverne eller ved at forklare stoffet på forskellig vis eller gennem forskellige modaliteter fx. Derimod består adaptionen alene i at stille eleven spørgsmål i de områder af stoffet, som eleven viser vanskeligheder ved og derfor svarer forkert på. Fagligt stærke elever vil derfor hurtig kunne afslutte arbejdet i *Rhapsode*, mens de fagligt mere udfordrede vil opleve, at *Rhapsode* "aldrig slutter". Forskellige grupper af elever på tværs af klasser vurderer derfor læremidlet ganske forskelligt. Der synes dog at kunne anes en forskel mellem de to klassetrin, hvor de yngste elever forholder sig mere skeptiske til læremidlet end de ældste.

I den fagdidaktiske del af undersøgelsen analyseres *Rhapsodes* potentialer i forhold til a) færdighedsorienteret matematikundervisning, b) forståelsesorienteret matematikundervisning og c) kompetenceorienteret matematikundervisning. Analyserne viser, at *Rhapsode* har et potentiale i forhold til at flytte undervisningens fokus fra færdighedsorienteret til forståelsesorienteret undervisning. Dette kræver at *Rhapsode* anvendes i begyndelsen af en lektion og ikke blot til afsluttende færdighedstræning i den sidste del af lektionen, hvilket var den mest udbredte brug i projektperioden. Analyserne viser samtidig, at ingen af lærerne i projektet har forsøgt at benytte *Rhapsode* til at varetage den matematikfaglige kompetenceudvikling, som alle udviklingsforløb i projektet var født med som læringsmæssigt omdrejningspunkt, og som de blev undervist i inden hvert forløb. Det betyder selvfølgelig ikke, at det ikke kan lade sig gøre, men efter at have arbejdet med *Rhapsodes* fagdidaktiske rationale og virkemåde samt diskuteret dens didaktiske muligheder og begrænsninger med projektets lærergruppe er det usikkert om *Rhapsode* - eller et hvilket som helst andet læremiddel med samme adaptive rationale - kan anvendes som grundstamme i en kompetenceorienteret matematikundervisning.

2 Baggrund

I august 2019 igangsatte Københavns Kommune et kompetenceudviklings- og afprøvningsprojekt for udvalgte matematiklærere i kommunen.

Målene med projektet var:

- At styrke elevernes faglige niveau (færdigheder og kompetencer) i matematik ved inddragelse af det adaptive digitale læremiddel, *Rhapsode LEARNER* (Area9), som understøtter elevernes læring gennem algoritmer, der skulle gøre læremidlet i stand til at tilpasse sig elevens niveau.
- At udvikle elevens forståelse for egen læring og læreproces samt self-efficacy.
- At afdække i hvilket omfang *Rhapsode LEARNER* kan styrke undervisernes mulighed for at tilpasse og målrette undervisningen til den enkelte elev gennem digital, databaseret understøttelse.
- At frigøre tid til at underviseren oftere og mere målrettet kan interagere med enkeltelever og grupper af elever om matematik og øvrige perspektiver knyttet til folkeskolens formål.
- At kommunen opnår indsigt i, hvilke muligheder, krav og udfordringer der knytter sig til denne type digitalt læremiddel, og at de deltagende skoler og forvaltningen opnår kompetencer i brugen heraf, herunder med henblik på en styrket datainformeret undervisning og skoleudvikling.

Kompetenceudviklingsdelen af projektet bestod i fire workshops med mellemliggende lærerafprøvninger i egne klasser. På den første workshop blev lærerne introduceret til det adaptive, digitale læremiddel, *Rhapsode* af producenten bag, Area9. Desuden fik de deltagende lærere undervisning i kompetenceorienteret matematikundervisning ved Tomas Højgaard (Aarhus Universitet), og der blev opstillet matematikfaglige mål, som lærerne gennem deres undervisning skulle forsøge at indfri. Mellem workshops gennemførte lærerne afprøvninger af både *Rhapsode* og forslagene til kompetenceorienteret matematikundervisning, og på de efterfølgende workshops drøftede lærere, Tomas Højgaard og læringskonsulenter fra Københavns Kommune de observerede og oplevede problemer og mulige potentialer i forhold til at bruge *Rhapsode* med henblik på at forsøge at skabe nye didaktiske designs der kunne imødekomme udfordringer og indfri potentialer.

Tomas Højgaard, som forestod de tre sidste kompetenceudviklings-workshops, gennemførte desuden kvalitative undersøgelser i udvalgte klasser. Resultaterne af disse undersøgelser afrapporteres i rapportens kapitel 11.

Analyserne og konklusionerne i denne rapport omfatter ikke Rhapsode-platformen generelt, men kun de forløb som er udviklet i relation til det aktuelle projekt med matematik i 4. og 9. klasse. Producenten oplyser, at platformen i sig selv understøtter yderligere funktioner, som bl.a. muliggør at elever kan eksponeres for opgaver til højere eller lavere klassetrin alt efter deres niveau og præstation. Men i det aktuelle projekt blev denne type adaptation ikke anvendt. Ligeledes er det muligt, oplyser producenten, at platformen i andre sammenhænge end projektets aktuelle kan understøtte elevers selvstændige undersøgelser og anvendelsesorienteret kobling til fagets omverden, men det har der ikke været mulighed for at undersøge i dette projekt, idet funktionaliteten ikke ved projektets begyndelse var taget i brug.

Nationalt Videncenter for Læremidler, Læremiddel.dk blev af Københavns Kommune inviteret til at udføre følgeforskning på udviklings- og afprøvningsprojektet. Dette var, for et videncenter der forsker i læremidler og didaktisk anvendelse af nye teknologier, en unik mulighed for at få indblik i potentialer og udfordringer ved at bruge adaptive læremidler i undervisningen i en dansk kontekst. Fra Læremiddel.dk deltog fra PH Absalon Karsten Gynther, Anne-Mette Nortvig, Rasmus Leth Vergmann Jørnø, Bjarke Lindsø Andersen, og fra UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole Thomas Illum Hansen, Morten Pettersson og Stig Toke Gissel. PH Absalon er forskningsledere på den kvalitativt orienterede følgeforskning og UCL på den kvantitativt orienterede del af projektet samt dokumentanalysen af *Rhapsode* og den kvalitativt orienterede undersøgelse af elevernes læringsstier. Morten Pettersson har stået for indsamling og behandling af de kvantitative data.

3 Projektformål

Forskningsdelen af projektet er delt i to: Dels et interventionsprojekt, som går i dialog med de deltagende lærere, og dels et forskningsprojekt, som på afstand iagttagelse elever og læreres brug af læremidlet og undersøger elevernes udbytte af at interagere med læremidlet.

Formål med interventionsforskningen

Interventionsprojektet gennemføres med elever på hhv. 4. og 9. klassetrin i 10 forskellige klasser i skoleåret 2019-2020. Interventionsprojektet blev gennemført som et design-baseret forskningsprojekt (se afsnit 4 for metodisk uddybning) i et forsøg på gennem en designproces at svare på følgende forskningsspørgsmål:

- Hvad er potentialerne i *Rhapsode*, og hvilke tilgange og interaktionsmønstre i forhold til *Rhapsode* viser sig at være hensigtsmæssige?

Formål med følgeforskningen

Følgeforskningen havde en række formål:

- At opbygge et begrebsapparat omkring adaptive læremidler.
- At kortlægge eksisterende international forskning om adaptive læremidler.
- At opbygge en forståelse af potentialer og udfordringer ved at anvende et adaptivt læremiddel i matematikundervisningen.
- At kortlægge de deltagende læreres brug af læremidler og matematikdidaktiske tilgange (herunder deres fokus på matematiske kompetencer) før og under interventionsprojektet – med særligt fokus på differentiering og vejledning.
- At analysere data som læremidlet genererer om elevers interaktion med læremidlet og holde dem op mod resultater fra øvrige datakilder for at forstå elevers interaktionsmønstre og læringsstier, når de bruger *Rhapsode*.
- At kortlægge elevernes faglige udbytte af at bruge *Rhapsode* LEARNER.
- At kortlægge elevernes forståelse for egen læring og læreproces samt self-efficacy før og efter indsatserne.

Forskellige metoder egner sig til at besvare disse spørgsmål; de forskellige anvendte metoder vil blive beskrevet i det følgende afsnit.

4 Metode

De to dele af forskningsdelen af projektet benytter forskellige forskningstilgange til at belyse deres forskningsspørgsmål.

Interventionsprojektet bygger metodisk på en Design-Based forskningstilgang. Design-Based forskning skaber ny viden gennem processer, som både udvikler, afprøver og forbedrer et design (Gynther, 2011). Denne proces gennemføres som udgangspunkt for at løse et problem, udføres i dialog og samarbejde med praktikere og der arbejdes i iterative cykler, hvor man efter hver afprøvning kan gå tilbage og revidere enten problemstilling eller design (Amiel & Reeves, 2008). Det betyder i nærværende projekt, at der løbende i projektet har været dialog mellem lærere og forskere/læringskonsulenter, og at man iterativt har forsøgt at nå frem til nye

didaktiske designs med udgangspunkt i de dele af læremidlet, som understøtter målsætningen om at udvikle tilgange og interaktionsmønstre i forhold til *Rhapsode*, der er hensigtsmæssige ud fra en matematikfagdidaktisk optik. Desuden har der løbende været foretaget formative evalueringer bl.a. gennem videoobservation i klasser.

I *følgeforskningsprojektet* interesserer vi os for multiple aspekter ved læremidlet og brugen af det. Som grundlag for vores undersøgelse af *Rhapsode* har vi gennemført en kortlægning af international forskning om adaptive læringsteknologier. Resultatet af kortlægningen af rapporteres i kapitel 5.

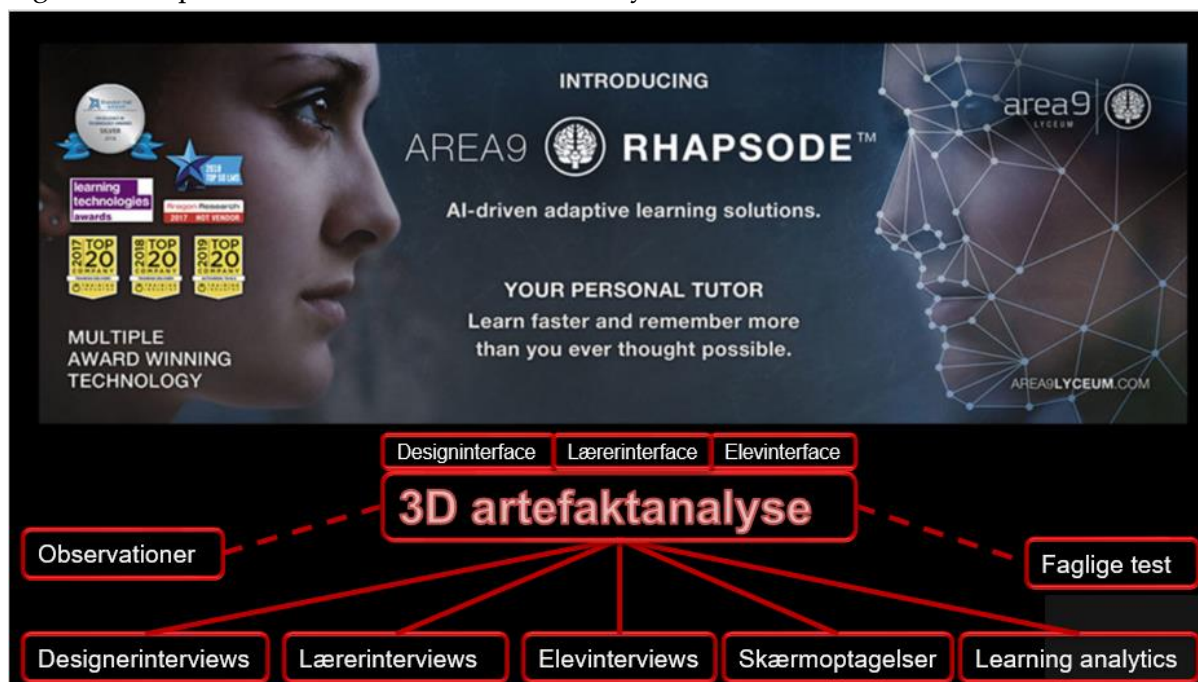
Følgeforskningen i relation til *Rhapsode* fokuserer overordnet på tre dimensioner af design i relation til læremidlet:

- Læremidlet som tekst og design herunder det intenderede didaktiske design.
- Brugen af læremidlet, dvs. det af lærerne aktualiserede didaktiske design og det af eleverne aktualiserede læringsdesign.
- Udbyttet af at bruge læremidlet - det realiserede didaktiske potentiale.

Det er denne treleddede analyse vi i Figur 1 kalder for en 3D-artefaktanalyse.

For det første analyseres læremidlet i sig selv som tekst. Men den traditionelle læremiddelanalyse kompliceres dels af, at læremidlet ud over et elev- og lærerinterface også rummer et designinterface, og dels at det er et adaptivt læremiddel, hvorved objektet ikke er statisk. Fundene fra analysen af *Rhapsode* som tekst af rapporteres i kapitel 7.

Figur 1. Komponenterne i vores 3D-artefaktanalyse.



Til undersøgelsen af brugen af læremidlet har vi valgt en kvalitativ tilgang og anvender en række forskellige metoder: Interviews med hhv. læremiddeldesignere, lærere og elever, videoobservation og skærmoptagelser. I Tabel 1 ses en oversigt over datakilder og indsamlingstidspunkter i projektet. Desuden genererer *Rhapsode* data om elevernes brug, selvvurdering og præstation, som vi har anvendt i vores analyser.

Tabel 1. Oversigt over data og tidspunkter for dataindsamling.

Oversigt over data og tidspunkter for dataindsamling											
	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni
Læremiddelanalyse											
Dokumentanalyse <i>Rhapsode</i>	x					x				x	
Workshops (inkl. observation og interviews)											
Workshop 1	x										
Workshop 2			x								
Workshop 3						x					
Workshop 4							x				
Dataindsamling (kvalitativ)											
Klasserumsobservation		x			x						
Interviews (lærer)						x	x				
Interviews (elev)						x	x				
Skærmoptagelser (elev)									x		

Dataindsamling (kvantitativ)										
Elevsurvey			x							x
Matematiktest: baseline			x							
Matematiktest: endline										x

Sidst men ikke mindst har vi undersøgt elevernes udbytte af at arbejde med *Rhapsode*. Da der er tale om et følgeforskningsprojekt, har Læremiddel.dk ikke haft kontrol over, hvilke indsats der blev tildelt lærerne, hvordan lærere og elever blev rekrutteret til projektet, hvor mange der skulle deltage i projektet mv. Dette gør, at projektet ikke er designet til at undersøge kausalitet mellem elevernes brug af *Rhapsode* og deres faglige udbytte. Men vi kan sige noget om, hvordan elevernes motivation og self-efficacy har udviklet sig i projektperioden og i en sammenligning med danskfaget, fordi vi har gennemført en survey-undersøgelse med eleverne før og efter indsatsperioden. Vi har også gennemført faglige test før og efter indsatserne, som kan give en (meget usikker) indikation om faglig fremgang (se Tabel 1).

Overvejelser om metodevalg i forhold til de enkelte delundersøgelser gøres der rede for i de respektive afsnit i rapporten.

5 Vidensoverblik

I dette afsnit præsenterer vi et kort overblik over internationale erfaringer med adaptive teknologier af relevans for grundskoleniveau. Vi tager udgangspunkt i to eksisterende nøgleartikler, der syntetiserer eksisterende forskning i praksiserfaringer med adaptive læremidler (FitzGerald et al., 2018; Holmes et al., 2018)¹. Ud fra disse har vi *snowball'et* (Sayers, 2007) øvrig relevant forskning, dvs. identificeret, læst og medtaget relevante pointer fra referencer i de to nøgleartikler. Vidensoverblikket er desuden guidet af følgende fokusspørgsmål:

- *Hvad findes der af internationale erfaringer med anvendelse af adaptive teknologier på grundskoleniveau?*

¹ I begge artikler diskuteres, hvad der skal forstås ved adaptive læremidler og det, der også kaldes *personalized technology-enhanced learning*. Vi tager i denne kortlægning udgangspunkt i, at den inkluderede litteratur skal omhandle læringsteknologier, der er udviklet med henblik på tilpasning af det faglige niveau og opgaver til den enkelte elev.

Der eksisterer p.t. mange meget forskelligartede teknologier, der defineres som adaptive eller anvender lignende termer. Forskelle i anvendelsesområde, målgruppe, m.fl. vanskeliggør yderligere sammenligningen af resultater væsentligt. Adaptive teknologier forstås i denne sammenhæng som konstellationer af digital teknologi, hvis mål er at skabe en skræddersyet læringsoplevelse ved hjælp af dynamiske ændringer i systemets respons baseret på brugerens interaktioner (Liu et al., 2017). I litteraturen refereres der til adaptive læremidler som 'personalized technology-enhanced learning', og vi medtager derfor litteratur, der også anvender denne betegnelse for adaptive læremidler.

Forskningslitteratur om adaptive teknologier er hastigt voksende indenfor mange felter. Litteratur omhandlende grundskoleniveau er imidlertid meget begrænset. Samtidigt er meget af denne forskning eksperimenterende og eksplorativ og kun evalueret i mindre skala (Verdu et al., 2008). Der er således meget lidt robust evidens indenfor genren (Holmes et al., 2018).

Ovenstående problematikker har givet anledning til at inddele de afdækkede erfaringer i følgende fem tematikker:

- Læringsudbytte
- Metalæring
- Tidsbesparelse i lærerarbejdet og målretning af undervisning
- Muligheder, krav og udfordringer ift. implementering af adaptive læremidler

5.1 Læringsudbytte

Med læringsteknologier og digitale læremidler er det en tilbagevendende diskussion, *om de virker* (Balslev, 2020). Dette er imidlertid et kompliceret spørgsmål at besvare af flere grunde. Først og fremmest er det notorisk svært at isolere en konkret teknologi meningsfuldt fra den pædagogiske konteksts særegenhed, lærernes tilgang, elevernes dispositioner m.v. Der er i praksis tale om en 'cocktaileffekt'. Skulle det imidlertid lykkes, er det ydermere svært at isolere 'effekten' af den pågældende teknologi. Endelig er det en stående diskussion at afgøre, på hvilke parametre en sådan effekt skal måles. Resultaterne af undersøgelser med adaptive læremidler skal derfor også læses med de forbehold, som gælder for effekt-undersøgelser generelt (Nissen, 2007).

Tidligere studier af forløberne for adaptive teknologier (integrerede læringssystemer (ILS)) gav inkonsistent evidens for, om viden blev tilegnet og fastholdt over længere tid hos brugeren (Holmes et al., 2018). Dog er der studier, der indikerer både direkte og indirekte effekt på læringsudbyttet (Kulik & Fletcher, 2016; Verdu et al., 2008; Wang et al., 2020). I nyere forskning fremhæves, at adaptive læremidler kan bidrage indirekte til læringsudbyttet, fordi personaliseringen kan øge elevens og studerendes motivation (Higgins et al., 2008; Jones et al., 2013). Det er særligt gældende for læremidler, der adapterer til elever og studerendes interesser og nysgerrighed. Den direkte effekt på læringsudbyttet er undersøgt i USA på grundskoleniveau ifht. to matematikprogrammer, ALEKS og Cognitive Tutor. Et studie (Craig et al., 2011) og en ph.d. afhandling (Yilmaz, 2017) viser signifikante forbedringer for elever, der bruger ALEKS. Et studie af Intelligente tutor systemer (se Holmes et al., 2018 for en udredning af hvad ILS er) har omtrent samme effektivitetsrate på testscore som menneskelige tutorer (VanLehn, 2011). Derudover er adaptive systemer undersøgt på videregående uddannelser i USA (Johnson & Samora, 2016) herunder indenfor det naturvidenskabelige område. Disse studier indikerer, at adaptive læremidler kan have en positiv effekt på læringsudbyttet, men også at underviserens facilitering og instruktion er afgørende for dette (Atkinson, 2015; Sun et al., 2017). Det er tvivlsomt, i hvilken udstrækning erfaringer herfra kan overføres til en dansk grundskolekontekst, da der sjældent kan sluttes at *hvad der virkede der, vil virke her* (Cartwright & Hardie, 2012). Det er uden for denne rapports scope at tage stilling til dette yderst komplicerede spørgsmål.

Fordi adaptive læremidler har fået en stor politisk opmærksomhed, nationalt såvel som internationalt, fremhæver forskningen, at det er nødvendigt med en skepsis i forhold til de løfter, teknologier ofte kommer med og de resultater der fremgår af egentlige effektstudier (FitzGerald et al., 2018).

5.2 Metalæring

Metalæring handler om adaptive læremidlers virkning på at gøre elever og studerende bevidste om deres egen læring - fx progression, niveau og såkaldt self-efficacy (tro på egne evner). Forskningen peger på, at kombinationen af at studerende deler produkter af deres læreproces (opgaver m.v.) med hinanden og indsigten i denne proces genereret gennem data, kan fordre en øget refleksion og bevidsthed om egen læring (Chi & VanLehn, 2010; Gama, 2004; Watkins, 2002). Pga. risiko for, at studerende misforstår formålet, bør sådanne interventioner dog håndteres med

forsigtighed, da der også er erfaringer med, at involvering af lærende i metakognitive øvelser, hvor den studerende reflekterer over og tager stilling til deres egne læringsprocesser, kan reducere præstationen og påvirke holdninger og attituder til læring negativt (Loizidou & Koutselini, 2007).

5.3 Tidsbesparelse i lærerarbejdet og målrettet undervisning

Med fremkomsten af adaptive læremidler re-aktualiseres en diskussion om, hvorvidt lærerarbejdet kan automatiseres. Ofte bliver dette til en diskussion om enten-eller, men som forskningen peger på, er arbejdsdelingen mellem menneske og maskine mere delikat (Ferster, 2014). En del af argumentationen for at tage adaptive læremidler i brug er, at de udover at personalisere feedback til eleverne også støtter læreren i dette arbejde. Påstanden er særligt at feedback på lavere taksonomiske niveauer kan udliciteres til læremidlet, således læreren kan fokusere og målrette sit arbejde på højere taksonomiske niveau fagligt samt social- og relationsarbejde (Broadfoot, 2013). En del af de studier, der understøtter tesen om tidsbesparelse i lærerarbejdet ved brug af adaptive læremidler er imidlertid støttet eller udført af industrien selv (se fx Norman, 2011), hvorfor uafhængigheden af studierne skal betvivles.

5.4 Muligheder, krav og udfordringer ift. implementering af adaptive læremidler

I vid udstrækning genererer læringsteknologier velkendte adoptionsproblematikker (Rogers, 1983) ved implementering i en given læringskontekst. I tidlige studier af forløbere for adaptive systemer (ILS'er) er en klar konklusion, at sådanne systemer for at være effektive, skal være integreret, eller som minimum være rettet til, i forhold til underviserens almindelige praksis (Holmes et al., 2018). Dette mønster gentager sig i forhold til implementeringen af systemer til personaliseret læring i klasseværelser. Holmes et al (2018, s. 30) peger på fire udfordringer:

1. Behovet for efter-/videreuddannelse af lærere
2. Behovet for tid for lærere til at justere deres praksis
3. Behovet for at tilgodese afgørende sociale aspekter af læring
4. Interessekonflikter mellem politiske beslutningstagere, skoleledere og lærere

Omkostningerne ved at investere i og udvikle adaptive læremidler er store, og forskningen rejser tvivl om, hvorvidt de læringsmæssige og økonomiske gevinster, der kan vindes, når først læremidlerne er udviklet, egentlig står mål med

omkostningerne ved udviklingen af læremidlerne (De Freitas & Yapp, 2005). Der er desuden også omkostninger forbundet med vedligeholdelse og support og ikke mindst at træne og tilpasse teknologi til den eksisterende praksis. Ofte er den teknologiske infrastruktur overordnet set ikke moden til adaptive teknologier. Det er ikke overraskende eftersom den eksisterende infrastruktur er indrettet efter analog undervisning, hvor teknologi i høj grad benyttes som og betragtes som tilføjelser. Adaptive læringsteknologier fordrer at hver studerende har en computer, at internet fungerer og har tilstrækkelig båndbredde.

I mange tilfælde kræver anvendelsen af ny teknologi også reformer på tværs af forskellige lag af praksisser. Ændringer i didaktiske design kan ændre forberedelsespraksis for undervisere, skabe behov for nye afprøvningsformer, ændringer i curricula, eller i andre organiseringsformer. Disse ændringer kaster yderligere krav af sig i form af efter-/videreuddannelse af undervisere og administration for at mestre tekniske, pædagogisk og organisatoriske ændringer i arbejdsrutiner (Holmes et al., 2018).

Digitale teknologier risikerer at forstærke og reproducere eksisterende uligheder i uddannelsessystemet (Selwyn, 2011) også kendt som Matthæus effekten (Matth. 25, v. 29) idet der er et stærkt individuelt fokus. Anvendelse af systemer har differentielle og divergerende effekter på en divers population af brugere. Der er således et behov for at indtænke identifikation af udfordrede elever og understøttelse af deres mestrings- og læringsstrategier, samt en bevidsthed om at supplere de veldefinerede interaktioner i læringssystemer med alternative former (Natriello, 2017) såsom kooperative former for læring og et fokus på f.eks. sociale, praktiske, musiske og æstetiske aspekter af læring.

Endelig er der stående problematikker omkring GDPR, IT-sikkerhed, og cybermobning.

6 Projektkontekst

Københavns Kommune rekrutterede deltagerne til projektet. Der blev rekrutteret 4. og 9. klasser fra fire forskellige skoler i Københavns Kommune: Tingbjerg Skole, Strandvejsskolen, Tove Ditlevsen Skole og Blågård Skole (Læseklasserækken for 4. – 6. klassetrin). Blågård Skole udgik af projektet, da lærerne vurderede, at deres elever

med de forudsætninger, de nu engang har, ikke meningsfuldt kunne anvende *Rhapsode*. Således deltog samlet set tre skoler i projektet.

Inden undersøgelsen blev der indhentet samtykkeerklæringer fra elevernes forældre med henblik på at indsamle spørgeskema- og testbesvarelser fra eleverne. Dette muliggjorde også, at vi havde mulighed for at følge, hvordan det gik med eleverne på individniveau. Desuden blev der indhentet separate samtykkeerklæringer fra lærerne for at kunne gennemføre observationer af undervisningen og brug af *Rhapsode* i praksis.

I Tabel 2 fremgår et overblik over deltagerne. Der deltog fem klasser på 4. klassetrin og på 9. klassetrin deltog fem. Der var samlet 221 elever, som deltog i projektet, og der var lidt flere deltagere på 4. klassetrin (116) end på 9. klassetrin (105). På hver skole deltog klassens matematiklærere i projektet. Enkelte lærere deltog med to forskellige klasser, imens en ekstralærer i matematik deltog på Tingbjerg Skole (4. klassetrin).

Tabel 2 Deltagere. Antal.

	Total	4. klasse	9. klasse
Skoler	3	3	3
Klasser	10	5	5
Elever	221	116	105
Lærere	9	5	4

Note: Klasserne fra Blågård Skole indgår ikke, da de udgik af projektet.

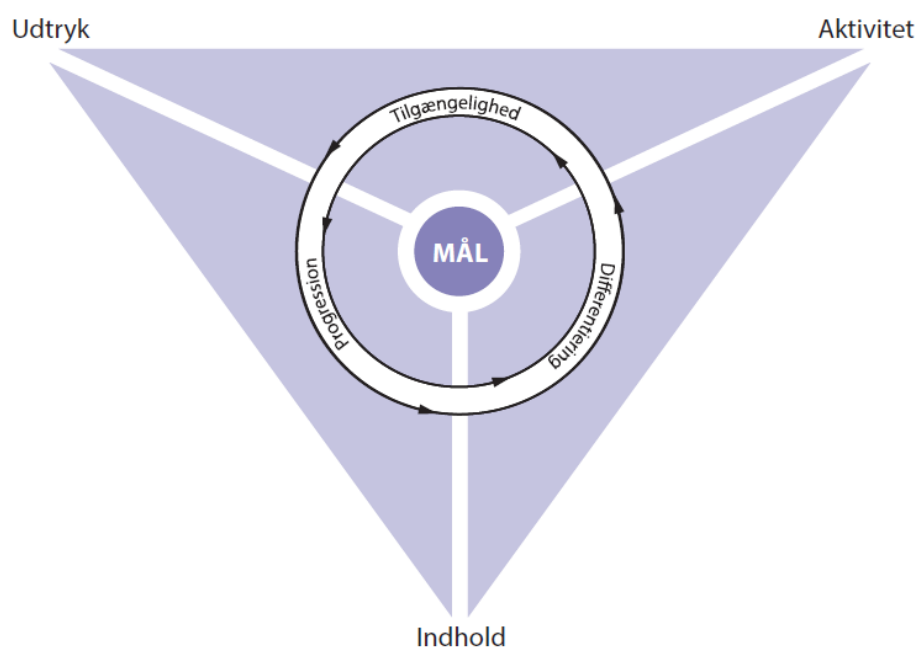
7 Læremiddelanalyse

Inden for den almene didaktik er der fokus på mål, indhold og metoder i undervisningen, mens spørgsmål til selve udtryksformen (tegn, medier og modaliteter) ofte kommer i anden række som tillægsspørgsmål, der vedrører et formidlingsled. Derfor har vi specialiseret os i at kombinere didaktisk analyse af læremidler med et fokus på udtryk og repræsentation af indhold (Hansen 2006; Hansen & Skovmand 2011; Bundsgaard & Hansen 2011; Hansen 2012a; Hansen 2012b). Til det formål har vi udviklet en didaktisk model, der bliver kaldt "læremiddeltrekanten", fordi den har forholdet mellem udtryk, indhold og aktivitet som omdrejningspunkt for den didaktiske analyse (Hansen & Skovmand 2011). Den forsøger således at tage højde for, at med digitaliseringen af læremidler har

udtryksform og interaktionsdesign fået en stigende betydning for repræsentation af indhold og betingelser for handlinger og aktiviteter.

Udtryksform og interaktionsdesign har også stor betydning for traditionelle lærebogssystemer, men denne betydning kan man lettere komme til at tage for givet, fordi der er en tradition for brug af lineær, kapitelinddelt progression og verbalsproglig formidling suppleret med illustrative billeder. Repræsentationen er en naturaliseret og vanemæssig del af fremstillingen. Med digitaliseringen har vi fået nye måder at repræsentere og interagere med et fagligt indhold på. Derfor bruger vi læremiddeltrekanten til at sætte fokus på det dynamiske forhold mellem udtryk, indhold og aktiviteter.

Figur 2. Læremiddeltrekanten.



Læremiddeltrekantens grundlogik

Centrum: Modellen er centreret omkring læremidlets retningsgivende mål, der udtrykker et fagsyn og et dannelsessyn.

Hjørner: Modellen er spændt ud mellem tre begreber, der kendetegner læremidlets tegnfunktion: udtryk, indhold og aktivitet.

Flader: Modellen er bundet sammen af tre didaktiske perspektiver, man kan anlægge på læremidlets vej mod mål: tilgængelighed, progression og differentiering.

Pile: Pilene angiver, at der er tale om en drejemodel, fordi både tilgængelighed, progression og differentiering kan analyseres i relation til henholdsvis udtryk, indhold og aktivitet.

Læremiddeltrekantens analyseniveauer

Mål: En analyse af de almene og faglige mål, der giver læremidlet en retning og i kraft heraf udtrykker et syn på fag og dannelse.

Middel: En analyse af læremidlet selv som kommunikation (udtryk), der på én gang fremstiller noget (indhold) og tilbyder veje at gå ad (aktivitet), der giver forståelsen en bestemt retning (mål).

Vej: En analyse af, hvorvidt læremidlet er til at gå til (tilgængelighed), og på hvilke måder det leder frem mod mål (progression) og åbner for forskellige veje i undervisningen (differentiering).

7.1 Målstyring og mikrogranulering

Det overordnede formål med *Rhapsode* ligger i forlængelse af formålet med Area9's andre digitale læringsplatforme. Som virksomhed har de specialiseret sig i at producere digitale løsninger, der fremmer effektiv videnstilegnelse og begrebsforståelse inden for områder, hvor indholdet lader sig afgrænse, strukturere og målfastsætte på en tydelig og tilgængelig måde. Formålet med *Rhapsode* er således at fremme matematikfaglig læring med vægt på struktureret videnstilegnelse. Til grund for dette formål ligger et syn på menneskers læring og hukommelse, der kan beskrives som en "læringsbrøk". Læremidlets kvalitet bliver således primært forklaret som et forhold mellem læringsudbytte (tæller) og undervisningstid (nævner). Politisk og forvaltningsmæssigt kan det få betydning for dets udbredelse, fordi det er forbundet med økonomiske interesser enten helt eller delvist at definere den gode undervisning som mere læring for færre ressourcer. Beskrevet ud fra en læringsbrøk er hensigten med *Rhapsode* at øge elevernes læringsintensitet målt på læringsudbytte divideret med undervisningstid. Dette overordnede formål kan forbindes med et fagsyn, hvor de højstrukturerede dele af faget prioriteres, fordi de gør det muligt at gennemføre en undervisning, der er lettere at kontrollere, effektivisere og dokumentere. Eftersom *Rhapsode* er designet som et bidrag til en bredere anlagt undervisning, afhænger det af lærerens didaktiske rammesætning. Derfor er det væsentligt at være opmærksom på, at man ikke fortolker og anvender læremidlet ud fra snævert dannelsessyn, hvor den kognitive træning og udvidelse af hukommelsen

prioriteres, fordi den eksplicitte og deklarativer viden, man kan sætte ord på og anvende ved prøver og eksaminer, tilskrives en central værdi. Det kan fx være viden om, hvad der definerer en formel, og hvorfor alle formler er ligninger, mens det omvendt ikke er alle ligninger, der er formler.

Begrebet 'højstruktureret' er afgørende for de retningsgivende mål for *Rhapsode*. Fag rummer både mere og mindre strukturerede dele, og svarende hertil er menneskers erkendelse og dannelse også kendetegnet ved mere og mindre strukturerede aspekter (Bernstein 2001: 220 ff.). Løsning af ligninger inden for algebra kan beskrives med en høj grad af strukturering i form af regler, procedurer og symbolsk notation. Til sammenligning er det vanskeligt at oversætte hverdagsproblemer til matematisk sprog og beskrive det på en struktureret måde inden for anvendt matematik, hvis man ønsker at modellere og gøre problemet til genstand for matematikfaglig problemløsning. Det kan fx være problemer knyttet til udgravning af en grøftekant, der kræver en beskrivelse af situation og kontekst. Samme udfordring er kendt fra andre fagfelter, fx inden for sprogvidenskab, hvor den grammatiske analyse af sætninger bliver udfordret af, at hverdags sproget er fyldt med undtagelser. Pragmatisk sprogbrug er ganske vist regelstyret, men sproget er semireguleret. De forskellige grader af struktur og regulering betyder, at en prioritering af højstrukturerede dele af et fag let medfører en nedprioritering af de semiregulerede dele af faget, der knytter an til komplekse fænomener og problemstillinger i fagets omverden.

Den høje grad af strukturering kommer til udtryk som styring ud fra mål og 'mikrogranulering' af indhold i *Rhapsode*. De digitale læringsobjekter bygger således på forholdsvis mange delmål eleverne skal indfri. De fleste af dem er ikke ekspliciteret, da de er underforstået som grundlag for de mange indholdselementer, eleverne skal arbejde med. Udgangspunktet er fagets læreplan. Der er fx ifølge *Area9* omkring 700 læringsmål i 4. klasse, men dem møder eleverne ikke. De møder en overordnet formulering af, hvad de skal kunne, når de er færdige med et modul, fx inden for algebra:

Figur 3. Skærmbillede: Eksempel på taksonomisk målstyring.



Når du har gennemført dette modul, kan du:

- Skrive og forstå **udtryk med variable**
- Kende forskel på **variable** og **konstanter**
- Reducere **algebraiske udtryk**
- Kende **regnehierarkiet** og udregne **parenteser**
- Indsætte tal i algebraiske **udtryk** og beregne **resultatet**

Dette målstyrte design af et modul er et resultat af en proces, hvor designeren kobler læringsmål og indholdselementer (en "semantisk parring") ud fra læreplanen og med hjælp fra programmets algoritme. Det særlige interface til design og kuratering af moduler hjælper designeren via digitale assistenter, der giver gode råd om, hvordan man anvender dels Blooms kognitive taksonomi til at vælge handlingsverber i modulet (fx at man skal forstå og kende i algebra-modulet) og samtidig kategorisere modulet (en form for tagging af modulet), og dels en firedimensionel læringsmodel til selvevaluering med henblik på at udvikle modulernes kvalitet. Strengt taget er det Anderson og Krathwohls reviderede version af Blooms taksonomi, der bliver anvendt (Anderson & Krathwohl 2001). Desuden ligner den firedimensionale læringsmodel til forveksling det strategiske rammeværk, der har til hensigt at understøtte OECD's Education-2030-program (Fadel, Bialik & Trilling, 2017).

Blooms taksonomi er udviklet med henblik på evaluering, ikke design, og den er derfor i udgangspunktet ikke specielt velegnet hertil. Fordelen ved at anvende Bloom er dog, at det er en kendt og derfor genkendelig systematik, der kan bidrage til konsistent sprogbrug i læremidlet samt som input i form af formulering af progressionsindikatorer til algoritmen. Hvor Blooms taksonomi er meget specifik med et snævert fokus på kognitiv adfærd, dér er den firedimensionale læringsmodel meget almen. Den har en policy-karakter med vidtrækkende ambitioner. Fadel et al. (2017) har en ambition om at "udvide menneskehedens potentiale og forbedre kollektiv velstand ved at redesigne uddannelsesstandarderne i det 12-årige skoleforløb for det 21. århundrede". Det er vanskeligt at se, hvordan almen kompetencetænkning med vægt på tværfaglige nøgleproblemer i det 21. århundrede mere konkret kan bidrage til at udvikle kvalitet i adaptive læremidler med fokus på fagspecifik videnstilegnelse.

Det væsentligste i denne sammenhæng er imidlertid, at hvis *Area9*'s algoritme er stærk nok, så vil den i praksis komme til at præge målfastsættelsen, da den understøtter den mest effektive måde at formulere mål på ud fra dens indbyggede måling af læring på baggrund af elevernes opgaveløsning. Det betyder, at over tid vil elevernes adfærds- og forståelsesmønstre blive retningsgivende for en målstyring i *Rhapsode*, der afspejler den overordnede ambition om effektiv videnstilegnelse. Læringsmålstyring bliver til læringsmålingsstyring. Af samme grund vil der ikke blive formuleret åbne og undersøgelsesorienterede indgangsmål med mindre man supplerer læremidlet med andre formål og designstrategier, der prioriterer en mere eksplorativ tilgang til anvendt matematik i relation til komplekse fænomener og problemstillinger i fagets omverden.

7.2 *Rhapsodes* udtryksformer og minimalistisk design

Rhapsodes udtryk er kendetegnet ved et stramt, minimalistisk design. Det er designet ud fra Richard E. Mayers principper for multimodal repræsentation, der har til hensigt at maksimere tilgængelighed og minimere distraktion (Mayer, 2001 & 2003; Moreno & Mayer 2007). Mayer stiller således en række krav til blandt andet kohærens, styring af opmærksomhed, positiv redundans, nedbrydning i mindre brugerstyrede delelementer (segmentering) og personaliseret henvendelsesform. Grundlaget er en kognitiv teori kendt under forkortelsen CLT (*cognitive load theory*), fordi den har fokus på belastning af arbejdshukommelsen. Mayer formulerer i alt 12 principper, der har til hensigt at fremme en effektiv og hensigtsmæssig måde at lære på, hvor læring primært forstås som kognitiv bearbejdning af tilgængelige informationer med arbejdshukommelsen som omdrejningspunkt.

Resultatet er udtryk med korte analytiske sætninger, konsekvent brug af konvergerende modaliteter (typisk verbalsprog, billede, diagram, symbolsprog og signalfarver), at udtrykket ikke indeholder overflødige tegn (ord, lyde eller billeder), valgbare oplæsningsfunktioner, nærhed mellem ord og billede (spatial kontiguitet), simultan brug af ord og billeder (temporal kontiguitet) samt grafisk styring af brugerens opmærksomhed.

Figur 4. Skærmbillede: Eksempel på minimalistisk design.



Signalfarverne i de fire knapper forneden er et eksempel på en grafisk styring af opmærksomheden, der har til hensigt at understøtte elevernes metalæring. Farverne er ikke forklaret, men beror på almene farvekoder for positiv og negativ betydning, der markerer forskellige grader af modalitet i forhold til viden. Dog er farvevalget ikke hensigtsmæssigt for farveblinde. Et andet eksempel på implicit viden er tællerens funktion. Hvad vil det sige, at "det ene grønne slips er tælleren"? Hvad er en 'tæller' i det hele taget?

Det minimalistiske design hjælper brugeren med at reducere unødvendig støj, stille skarpt på de centrale videnselementer og fastholde opmærksomheden. Det forudsætter imidlertid, at brugeren er fortrolig med brugerfladen, motiveret for at løse opgaverne og i besiddelse af de kognitive forudsætninger for metalæring og -vurdering. Derfor er det helt afgørende, at læreren tager ansvar for at gøre eleverne fortrolige med læremidlets genre og brugerflade, at brugen af *Rhapsode* integreres i en bredere og mere fagligt engagerende kontekst, samt at forskelle i elevers kognitive udvikling indebærer, at en del elever ikke vil være i stand til selv at regulere og reflektere over deres læring. Hvad vil det egentlig sige, at man forstår forholdet mellem billedets dele og brøkens tæller og nævner? Betyder det, at man kan svare på spørgsmålene, eller at man kan bruge sin viden til at kategorisere problemstillinger i sin omverden som henholdsvis tællere og nævnere. Der er forskel på, hvor dyb ens viden er om tællerens tællefunktion.

Den ydre motivation er givet med rammebetingelserne (at lære matematik som central del af skolegang), og den indre motivation kan udvikle sig over tid for de elever, der

erfarer, at det overskuelige design gør det muligt at mestre opgaveløsningen. Det minimalistiske design kan med andre ord have en positiv indvirkning på elevernes self-efficacy. Men udtryksformen rummer ikke en narrativ motivation, der forbinder de faglige elementer med fagets omverden og fortæller, hvorfor det er meningsfuldt at kende forskellen på tæller og nævner, når man skal begå sig i verden. Desuden har man valgt at bruge syntetisk tale til de digitale assistenter. Derfor lever denne del af designet ikke op til Mayers krav om en personaliseret henvendelsesform.

Udtrykket rummer heller ikke kompleksitet eller kognitive konflikter, der kan fremme en dybere forståelse af det matematikfaglige. Det kunne fx være en kompleks situation, der skal oversættes til en matematikfaglig problemstilling. Det kunne være en valghandling, hvor man skal tage stilling til, hvad der tæller som stemmer ved valget. Forudsætningen er en kategori med afgrænsende definitioner, og fokus på denne forudsætning kan bruges til at udfordre eleverne, da de skal vide, hvad der tæller, inden de kan optælle og afgøre valget. En væsentligt faglig pointe er her, at man kan reducere kompleksitet på forskellige måder. Derfor kan anvendt matematik få stor betydning inden for eksempelvis politik.

Det minimalistiske design er således forbundet med både fordele og ulemper. Det bidrager til en kognitiv kompleksitetsreduktion, men det kan også facilitere læring og gøre den 'lettere' og 'nemmere' på måder, der nok er effektive på kort sigt, men ikke befordrer fagligt engagement og interesseudvikling på længere sigt. Udfordringen er, at siden John Sweller udviklede CLT (Sweller, 1988), er den både blevet brugt som en grundlagsteori om menneskets kognition, en deskriptiv læringsteori med fokus på videnstilegnelse og en normativ undervisningsteori med fokus på den mest effektive instruktion. Som grundlagsteori er den blevet kritiseret for ikke at integrere nyere forskning i arbejdshukommelse. Som deskriptiv læringsteori lyder kritikken, at den fokuserer for ensidigt på belastning af arbejdshukommelsen og ikke formår at integrere med andre vigtige aspekter af læring, herunder teori om motivation, tavs viden og implicit forståelse. Som undervisningsteori går kritikken på, at det er en fejlslutning at slutte fra deskriptiv teori om kognition og læring undersøgt i laboratorier til normativ teori om undervisning i en komplekst kontekst. Denne kritik skærpes af, at der ikke er evidens for, at CLT-instruktion virker på sigt i en kompleks undervisningskontekst.

Vi kan nuancere denne kritik med henvisning til Michael Pershans essay "Not a Theory of Everything: On Cognitive Load Theory and the Complexity of Learning" (Pershan, 2016). Pershan gennemgår udviklingen af CLT og dokumenterer, at der

inden for CLT-traditionen er diskussion om den fortolkning og betydning, man bør tilskrive kompleksitet. Swellers samarbejde med Jeroen van Merriënboer var eksempelvis anledning til at sætte kritisk fokus på, at fravær af reel problemløsning har negativ betydning for motivationen, at hyppig brug af konstruerede opgaver fremmer et stereotypt løsningsmønster, og at problemløsning med åbne svarmuligheder er et nødvendigt supplement. I det lys er målet med CLT ikke at reducere belastning og kompleksitet, men derimod at stilladsere en tilpas udfordrende problemløsning.

Sweller skelner mellem tre typer af kognitiv belastning, en indefra kommende og derfor intrinsisk og uomgængelig ("intrinsic load"), en irrelevant ("extraneous load") og en relevant ("germane load"). Dette triadiske skel har betydning for mikrogranulering af indhold og vil derfor blive uddybet senere. Væsentligst i relation til udtryk er, at Mayers principper for multimodal repræsentation koncentrerer udtryksformen om en koncis og kohærent repræsentation af en uomgængelig iboende kognitiv belastning forbundet med en bestemt opgaveløsning og videnstilegnelse, samtidig med at man forsøger at reducere irrelevant information med henblik på at undgå kognitiv overbelastning. Et kritisk spørgsmål er derfor, i hvilket omfang *Rhapsode* repræsenterer en relevant belastning, der ligger ud over den allermest nødvendige belastning.

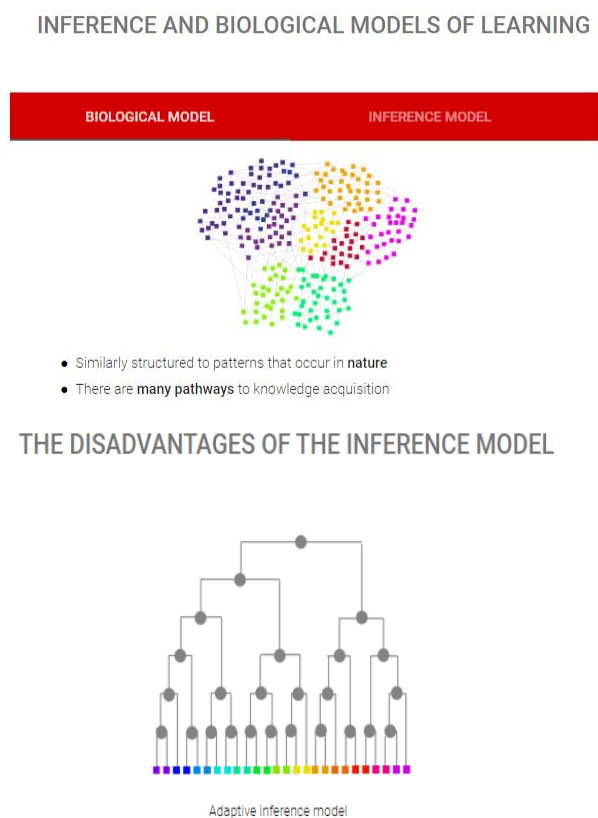
Man kan i forlængelse heraf pege på en række risici forbundet med det minimalistiske design. Mayers principper kan komme til at fremme faglig præcision på bekostning af fx fortællende udtryksformer, der motiverer eleverne og møder dem i øjenhøjde. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på, at brug af især verbalsproglige fagbegreber ikke bliver for vanskelige for de yngste elever. Ønsket om præcision kan bidrage til brug af fagsprog, der er klart og tydeligt ud fra et lærerperspektiv, men vanskeligt at forstå og forbinde sig med ud fra et elevperspektiv. Vi vender tilbage til denne problematik i forbindelse med en diskussion af, om begrebsforståelse i det hele taget bør være forbundet med en åben og undersøgende begrebsdannelse. Et andet opmærksomhedspunkt er behovet for variation i udtrykket og repræsentation af relevant belastning ud over kernestoffet. Udfordringen er her, at algoritmen kan indebære et fokus på løbende og selvrapporert feedback, der i sagens natur giver indblik i oplevede effekter på kort sigt, men ikke giver indsigt i de former for langsigtet virkning, som et bredere repertoire af relevant belastning sigter mod og kan bidrage til.

7.3 *Rhapsodes* aktiviteter og betingelsesstruktur

En særlig udfordring for en analyse af adaptive læremidler er, at genstanden for analyse er dynamisk og vanskelig at fikseres. Læremidlet varierer og tilpasser sig afhængigt af elevernes handlinger og præstationer inden for systemets rammer. I forbindelse med analyse af et traditionelt lærebogssystem er det vigtigt at undersøge, hvordan elever læser læremidlet. Ved analyse af adaptive læremidler er det omvendt nødvendigt at undersøge, hvordan læremidlet læser eleven. Brug af adaptive læremidler er således kendetegnet ved et dynamisk forhold mellem aktør og teknologi, hvor man må undersøge det nære samspil mellem at læse og blive læst, at løse opgaver og at blive evalueret og stillet opgaver. Det betyder, at analysen både må forholde sig til, hvordan opgaverne veksler og brugerfladen fremtræder for eleven, samtidig med at man søger bag om disse fremtræelser og forsøger at forstå den betingelsesstruktur, der ligger bag.

Inden for didaktisk analyse anvendes begrebet betingelsesstruktur om blandt andet økonomiske, institutionelle og personbundne rammebetingelser (Jank & Meyer, 2010: 69-70). Inden for psykologisk læringsteori vedrører fx klassisk og operant betingning forskellige måder at associere stimuli, respons og konsekvens. Og inden for datalogi betegner fx betingede udsagn, betingede udtryk og betingede konstruktioner forskellige funktioner i et programmeringssprog. Ved analyse af adaptive læremidler må vi have blik for forskelle måder at betinge handlinger på, herunder didaktisk, psykologisk og datalogisk. *Area9's* tilgang til hele dette spørgsmål kan man få et første indtryk af gennem deres argumentation for at anvende en adaptiv 'biologisk læringsmodel' frem for en adaptiv 'inferensmodel'.

Figur 5. Skærmbillede: Modstilling af en 'biologisk læringsmodel' og en 'inferensmodel'.



Inferensmodellen er kendetegnet ved en betinget grendeling. Den bygger på den antagelse, at man kan kortlægge en lineær læringssti på forhånd og planlægge en trinvis faglig udvikling. Eleven får adgang til stadigt vanskeligere opgaver ved korrekte svar og løsninger, mens systemet søger tilbage til seneste rigtige svar, hvis eleven svarer forkert. Problemerne er ifølge *Area9*, at læring sjældent er lineær, at man ikke får repeteret indholdet, og at man som elev ikke får mulighed for at arbejde videre med misforståelser. Derfor anvender de med et metaforisk udtryk med en 'biologisk læringsmodel', hvor adaptationen er betinget af andre principper. Således ligger der randomisering til grund for den første opgave eleven møder. Den bliver valgt af en 'læringsmål vælger' inden for et prædefineret kernestof. På den måde sikres variation inden for et centralt stofområde. Dernæst bliver eleven stillet opgaver i en rækkefølge, der løbende bliver dynamisk tilpasset på baggrund af elevens adfærd og svarmønster.

Mikrogranuleringen gør, at algoritmen får mange datapunkter at bearbejde. Opgaver er således tænkt som 'prober', der fungerer som stikprøver i forhold til elevens læring. Der er tre typer af datakilder: tid, opgaveløsning og selvvurdering. Algoritmen får således input om, hvor lang tid eleverne bruger på at løse de forskellige opgaver, om de er i stand til at løse opgaverne, og med hvilken grad af sikkerhed og gyldighed de

er i stand til at vurdere deres egen forståelse. De fire spørgsmål til, om eleverne ved, forstår, tror de ved eller ikke forstår, kan forekomme simple, men kombineret med de andre datakilder, leverer de et datagrundlag, der giver mulighed for flere typer af korrelationer. Algoritmen kan på den baggrund vurdere, om eleven har brug for at få fejl gentaget, eller om det er tilstrækkeligt at få formidlet svaret. Er eleven udfordret i forhold til både graden af tidsforbrug og forkerte besvarelser, kan algoritmen vælge, at eleven bliver stillet opgaver inden for en helt anden klynge af læringsmål og opgaver. Resultatet er en iterativ og kredsende proces, hvor eleverne bevæger sig ad forskellige læringsstier. Algoritmen akkumulerer således generisk viden om læringsmønstre i relation til de forskellige indholdsområder. Til forskel fra adaptive brugerflader på sociale medier er det således ikke præferencer, der ligger til grund for tilpasning, men derimod intenderede objektive mål for tid og opgaveløsning kombineret med selvvurderinger, der fungerer som indikatorer på metakognition. Den adaptivt personaliserede måde at stille opgaver på bør ikke forveksles med undervisningsdifferentiering. Algoritmen differentierer på udvalgte parametre med afsæt i designerens prioritering af aktiviteter. Der er tale om en individuel læringssti med snævert fokus på videnstilegnelse, der ikke direkte bliver relateret til et didaktisk begreb om undervisningsdifferentiering med blik for den didaktiske betingelsesstruktur, herunder fx elevernes interesse, alsidige udvikling, sociale behov og samarbejdskompetencer.

Figur 6. Skærbillede 4: Taksonomi for prioritering af aktiviteter

The screenshot displays a user interface for a learning system. On the left, there is a profile for a 'Træner' (Teacher) and a text box explaining that four priority levels (CORE, PASS, EXCEL, EXTRA) plus an 'auto-tag' are associated with learning objectives. Below this is a toggle for 'Spil automatisk' (Play automatically) and a 'TÆND' (Turn on) button. The main part of the interface is titled 'PRIORITY LEVELS' and features five tabs: CORE, PASS, EXCEL, EXTRA, and AUTO. The 'PASS' tab is currently selected. Below the tabs, there are two bullet points: '• Needed to **adequately** meet the learning goals of the topic' and '• Every learner has to understand these learning objectives'. Further down, there are two buttons labeled 'TIDLIGERE' (Earlier) with '1' and '2' next to them. At the bottom, there are four buttons: 'VIDSTE DET' (I know it), 'HAR FORSTÅET DET' (I have understood it), 'TROR JEG VED DET' (I think I know it), and 'JEG FORSTÅR IKKE' (I don't understand it). A 'GIV OS FEEDBACK' (Give us feedback) button with a question mark icon is located at the very bottom.

De centrale opgaver er henholdsvis de kerneopgaver ("core"), modulet kredser om, samt andre påkrævede opgaver ("pass"), alle elever skal igennem for fyldestgørende at indfri læringsmålene. I tillæg hertil kommer mere krævende opgaver ("excel") med fokus på detaljerede, komplekse og/eller perifere dele af indholdet, som ikke alle

eleverne forventes at løse. Ved siden af kan der være supplerende materiale ("extra"), som ikke er påkrævet og derfor ikke er en del af det adaptive modul. Den femte kategori ("auto") er ikke tænkt som et niveau for sig i en kognitiv progression. Den bliver sjældent benyttet, da den kun er relevant i forbindelse med indhold, der kræver en høj grad af automatisering, og som kan blive trænet ved repetition (fx simple former for regning og grammatik).

Algoritmens differentiering afhænger af den kvalitet, designeren kan bidrage med gennem formulering og prioritering af opgaver. Differentieringen sker i form af individuel tilpasning af læringsstier, men kun begrænset i forhold til at kunne arbejde med forskellige metoder, læringsstrategier, arbejdsformer, rollefordelinger, grader af åbenhed og grader af selvstændighed i opgaveløsningen. *Rhapsode* tilbyder ikke et stillads for selvstændig matematikfaglig problemløsning, der lægger op til dialog og samarbejde i et fagligt fællesskab med andre. Derfor kræver det, at læreren integrerer det i en bredere didaktisk rammesætning, hvis dets personaliserede læring skal bidrage til en fællesskabende differentiering i undervisningen, hvor man ikke kun imødekommer individuelle behov, men også skal kunne samarbejde og deltage i faglige fællesskaber. Det ville med andre ord kræve, at datalogisk og psykologisk betingede handlinger inden for det personaliserede læringsprogram blev tænkt sammen med den didaktiske betingelsesstruktur, herunder elevernes motivation, selvstændiggørelse og interesseudvikling

Betingede handlinger har en "hvis-så"-struktur. På grund af algoritmens korrelation af flere parametre kan det imidlertid være vanskeligt at gennemskue den kausale sammenhæng. Hvis eleven svarer forkert på en opgave, så bliver der stillet en anden opgave, men det sker ud fra en fortolkning af et bredere mønster i opgaveløsningen. Derfor kan *Rhapsodes* betingelsesstrukturer let komme til at fremstå som en black box for både elever og lærere. Det har betydning for deres motivation og faglige engagement. Den iterative proces kan forekomme redundant, vilkårlig og meningsløs, hvis man ikke kan gennemskue baggrunden for, at man fx bliver stillet den samme opgave flere gange, eller at man pludselig bliver stillet en helt anden type opgave, end den type man er i gang med at løse, og det kan have betydning for oplevelse af mangel på sammenhæng i undervisningen. Denne udfordring er forbundet med en dybere problematik, da designeren ofte ikke selv vil kende kausaliteten bag algoritmens korrelationer. Derfor kræver en kvalificeret didaktisk brug af *Rhapsode*, at læreren kender læremidlet som genre og betingelsesstruktur og er i stand til at bruge det med en høj grad af situationsbestemt dømmekraft. En væsentlig forudsætning her er, at designeren får indsigt i de kausale forklaringer på algoritmens korrelationer og er i

stand til formidle dem som didaktisk indblik og vejledning af lærerne. Ellers overlader vi den didaktiske begrundelse til algoritmer.

Det er fx afgørende at have indsigt i, at der ikke er tale om et repetitivt færdighedstrænende læremiddel som *MatematikFessor*, der bruges som ekstramateriale eller til automatisering af færdigheder og konsolidering af viden i den sidste del af undervisningen, men derimod om et redundant, forståelsesorienteret læremiddel, der snarere er designet til fordybelse enten før eller som indgang til undervisning. Mikrogranuleringen gør, at man kan blive didaktisk nærsynet og komme til at fokusere snævert på, om eleverne har løst opgaver og er kommet igennem pensum. Læremidlets dashboards kan give en følelse af overblik, men det er et rent aktivitetsbåret overblik, der ikke er forbundet med et dybere indblik i elevernes faglige fordybelse og interesseudvikling. Derfor er det nødvendigt, at læreren tilrettelægger sammenhængende forløb, så de adaptive læremidlers kvaliteter bliver integreret i en mere omfattende didaktisk betingelsesstruktur.

For en umiddelbar betragtning indebærer *Rhapsodes* betingelsesstruktur en høj rammesætning af elevernes aktiviteter i undervisningen. Den programmerede brug af læringsmål og segmenterede opgaveløsning kan have karakterer af at blive lukket ind i en matematisk minegang, hvor man bliver styret gennem gangene hen til de steder, hvor der er noget at grave efter. Frihedsgraderne er reduceret af mål og opgaver, men eleverne kan selv vælge tempo og tilkalde læreren efter behov. Spørgsmålet er imidlertid, hvori behovet består, og hvordan man får det koblet med faglige forudsætninger og potentialer. *Rhapsode* bidrager således ikke til at rammesætte arbejdet med elevernes motivation, faglige engagement, selvstændige undersøgelser, faglige dialoger og anvendelsesorienterede kobling til fagets omverden. Man kan redesigne og videreudvikle *Rhapsode* med henblik på at styrke denne del af matematikundervisningen, men der synes at være tale om en mere principiel problematik.

Personaliserede læringsprogrammer er især velegnede til at støtte den del af undervisningen, hvor der er en programmeret betingning af handlinger, mens det er mere vanskeligt, når eleverne selv eller i fællesskab skal formulere hypoteser med "hvis-så"-spørgsmål og hermed tage ansvar for første led i betingelsesstrukturen. Den digitale udvikling af adaptive læremidler skærper derfor behovet for både en didaktisk og en politisk diskussion af design. Hvordan sikrer vi en høj kvalitet i design af de adaptive læremidler, så algoritmerne ikke over tid forstærker tendenser i undervisningen, vi ikke ønsker at fremme? Udfordringen er her, at bias i et digitalt

system ofte først viser sig, når systemet har været anvendt og udviklet over tid. Det gælder også analoge læremidler, hvor man først opdager indbyggede tendenser til en bestemt forståelse af undervisning, når eleverne fx løser opgaver og anvender det didaktiske design, men adaptive algoritmer kan være med til at forstærke de indbyggede tendenser over tid. Derfor er der en risiko for at skabe en datadrevet udvikling af undervisning, der kan vise sig at have systemeffekter som fx at præge undervisning i retning af prioritering af de højstrukturerede dele af undervisningen og suspendere den didaktiske dømmekraft, fx hvis rammebetingelser i den didaktiske betingelsesstruktur er under pres, som det er tilfældet i USA, hvor man kombinerer investering i adaptive læremidler med reduktion af lærernes tid til at planlægge, gennemføre og evaluere undervisningen.

7.4 *Rhapsodes* indhold og kognitive stilladsering

Læremidlets udtryk repræsenterer dets indhold, og dets aktiviteter rammesætter elevernes arbejde med og fortolkning af indholdet. Derfor er der en nær sammenhæng mellem udtryk, aktiviteter og indhold. Således repræsenterer *Rhapsodes* minimalistiske design ud fra CLT-principper et højstruktureret indhold, mens de prioriterede aktiviteter fastlægger, hvad der er kerne og periferi.

Selvom det adaptive interaktionsdesign er dynamisk og foranderligt, ligger der en statisk indholdsstruktur bag med knudepunkter, som alle elever skal igennem. Det er ikke så meget indholdet i sig selv, men de aspekter indholdet fremtræder i, der varierer med elevens læringsti. Læringsmålstyring, konvergerende brug af modaliteter og instruktivistiske aktiviteter gør, at det indhold, eleverne skal arbejde med, er fastlagt og højstruktureret. Der er hverken et åbent eller halvåbent felt af gyldige handlinger. Derfor er der heller ikke et semistruktureret udfaldsrum med flere mulige svar og opgaveløsninger. Elevernes gyldige svar og former for videnstilegnelse er givet på forhånd. Designeren har defineret, hvad de skal vide om indholdet, hvilket gør det lettere at designe selvrettende opgaver, der kan levere data til algoritmen.

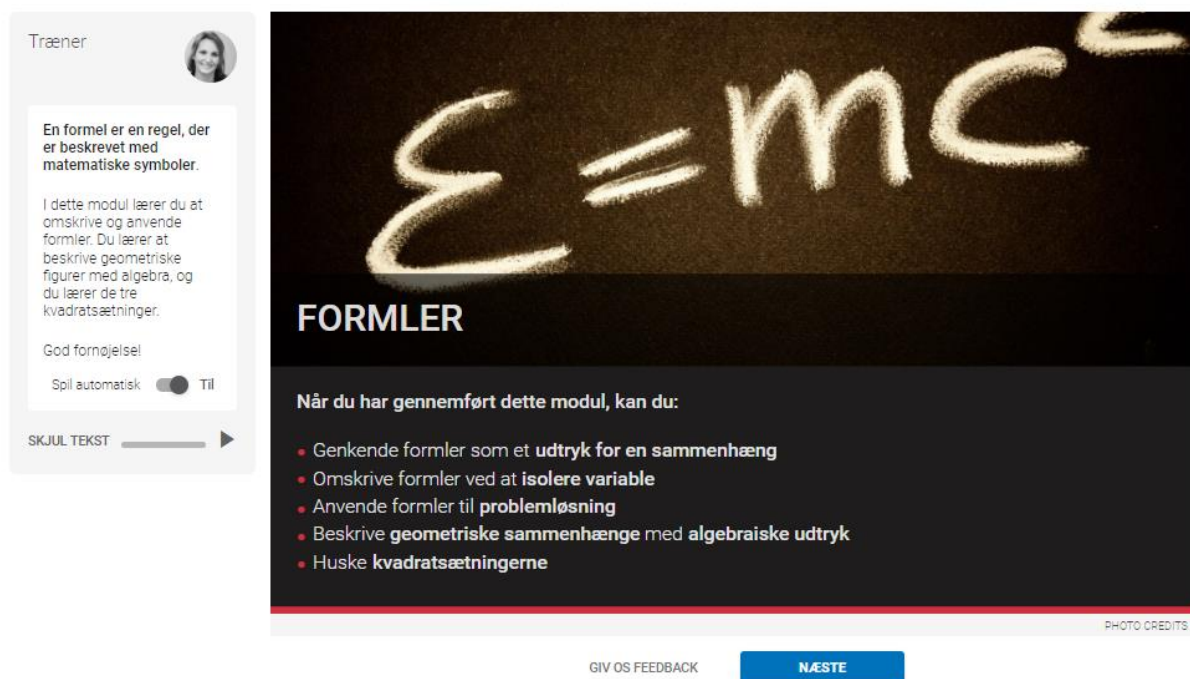
Man kan her bemærke, at den høje grad af strukturering gør det vanskeligt at skelne mellem indhold og viden i matematikundervisningen. Hvis indholdet skal have en substantiel karakter, må det på eksemplarisk vis være forbundet med matematiske fænomener og problemer, man udforsker enten inden for faget eller i relation til fagets omverden. Viden om indholdet er resultater af matematiske undersøgelser, der typisk er formuleret som påstande, regler og procedurer, fx den pythagoræiske læresætning. Det betyder ikke, at eleverne skal være forskere i samme forstand som professionelle inden for matematik som videnskabsfag, men de skal gerne gøre sig erfaringer med,

at matematik er mere end formidling af andres resultater. De skal udvikle en forståelse af, at også matematikken er eksperimentel og undersøgende. Undersøgelser kan være mere eller mindre åbne og styrede fra rent eksplorative til investigerende, hvor man afprøver hypoteser. Og de kan rette sig mod rent matematiske problemstillinger eller problemer i fagets omverden. Dette er relevant at fremhæve i denne sammenhæng for at sætte det højstrukturerede indhold i *Rhapsode* i perspektiv og reflektere over, hvordan det kan kobles til mere åbne og undersøgende dele af faget.

Det højstrukturerede indhold hænger som beskrevet ovenfor sammen med prioriteringen af den form for kognitiv belastning, der er defineret som nødvendige indholdselementer i forståelse og problemløsning. De er netop intrinsiske i den forstand, at de kommer indefra og bliver bestemt med afsæt i analyse af indholdets egen struktur. Udfordringen er, at det kan være vanskeligt at afgøre, hvad der er intrinsisk, og hvordan man skelner mellem det intrinsiske, og det man inden for CLT opfatter som relevant kognitiv belastning.

Matematikfaget adskiller sig fra mange andre fag og genstandsområder, fordi fænomenerne er præget af en høj grad af regularitet, der gør det lettere at strukturere indholdet, hvilket også er tydeligt i *Rhapsode*. Et eksempel er modulet om formler.

Figur 7. Skærmbillede: Introduktion med målsætning for et modul om formler.



The screenshot shows a digital learning interface. On the left, a sidebar features a 'Træner' (Teacher) profile with a photo and a text box explaining that formulas are rules described with mathematical symbols. Below this is a 'Spil automatisk' (Play automatically) toggle switch set to 'Til' (On). A 'SKJUL TEKST' (Hide text) button is also visible. The main content area has a dark background with the equation $E=mc^2$ written in white chalk. Below the equation, the title 'FORMLER' is displayed. A section titled 'Når du har gennemført dette modul, kan du:' (After you have completed this module, you can:) lists five learning objectives: recognizing formulas as expressions of relationships, rewriting formulas by isolating variables, applying formulas to problem-solving, describing geometric relationships with algebraic expressions, and remembering the quadratic formulas. At the bottom, there are buttons for 'GIV OS FEEDBACK' (Give us feedback) and 'NÆSTE' (Next).

Billedet viser Einsteins berømte formel for ækvivalens mellem energi og masse fra hans specielle relativitetsteori. Man kan diskutere, hvor velvalgt en avanceret fysisk

formel for anvendt matematik er som illustration, når modulet kredser om algebraiske formler fra den rene matematik. Den er formentligt valgt for at markere formlers relevans. $E = mc^2$ er ikke blot den mest berømte formel i verden, men også en kendt forudsætning for blandt andet atomkraft og atomvåben. Problemet er imidlertid, at den indeholder variable, der kan være vanskelige at forstå. Hvordan skal vi forstå energi, masse og lysets hastighed hver for sig og i sammenhæng? Som Jens Højgaard Jensen skrev for nylig i et nummer af *Kvant* (Jensen, 2020: 32), så skal studerende på et kursus på universitetsniveau gøre sig erfaringer med anvendelsen af $E = mc^2$, inden de er klar til en deduktivt sammenfattende forståelse af formlen. De skal med andre ord først forstå, hvad det er, der skal bevises, førend de kan forstå selve beviset.

Indholdet i *Rhapsode* er mere tilgængeligt. De tre første eksempler til identifikation af formler er henholdsvis formler til beregning af hastighed ($v = s/t$), cirkelens omkreds ($O = 2\pi r$) og arealet af et rektangel ($A = l \cdot b$). Formlen for hastighed bruges til at identificere variable (strækning, hastighed og tid), variable man må forvente er forholdsvist forståelige på 9. klassetrin. Dette kan opfattes som en fordel, men det kommer an på, hvad det vil sige at forstå en variabel. Med inspiration fra Jens Højgaard Jensen kan vi spørge, om der ikke principielt set gælder samme vilkår for begrebsforståelse i forbindelse med såvel faglig læring i undervisningen som erkendelse inden for videnskaberne: "Begreber udvikles og udbygges ved erfaring med deres brug i forskellige slags sammenhænge" (Jensen, 2020: 32). Det kan være vanskeligt at identificere variable i fagets omverden og modellere dem, således at man kan behandle dem med matematikfaglige begreber. Derfor er det vigtigt at overveje, hvor meget modstand man bør erfare, og hvor undersøgende man skal gå til værks, når man skal danne sig en grundlæggende forståelse af formler og variable. Jensen advarer direkte mod det synspunkt, at undervisning til forskel fra forskning kræver præcist definerede begreber. Tværtimod, argumenterer han, er begrebsdannelsens undersøgende karakter et væsentligt element i den faglige læring.

Vi kan udfolde denne pointe med Charles S. Peirces beskrivelse af det erkendelsesmæssige samspil mellem induktion, abduction og deduktion. Begreber udvikles og tilegnes dels induktivt, ved at man erfarer genkommende mønstre og eksempler på sammenhænge, og dels abduktivt ved at man selv kommer med bud på forklaringer og stiller spørgsmål, der bygger på antagelser og hypoteser. Induktion og abduction danner grundlag for det, Jensen kalder en deduktiv sammenfattende forståelse. Det gælder både videnskabshistorisk ved nye opdagelser af sammenhænge i verden, der kan beskrives matematisk og sammenfattes som formler, og

læringsmæssigt ved genopdagelse af disse sammenhænge og undersøgelse af andre mulige sammenhænge i undervisningen.

Første halvdel af modulet bidrager til begrebsforståelse af formler ved at kredse om intrinsiske elementer, der har betydning for tilegnelsen. Eleverne skal således lære at identificere en formel, forstå forholdet mellem formler og ligninger, identificere variable i en formel, isolere variable, omskrive formler i henholdsvis ét og to trin samt forstå den algebraiske formel for et rektangels areal. Ved at bruge formlen for hastighed ($v = s/t$) som eksempel på isolering af variable, øger *Rhapsode* sandsynligheden for en intuitiv forståelse, fordi de fleste har erfaring med, at der er en sammenhæng mellem tid, strækning og hastighed. Har man længere i skole, tager det længere tid at komme i skole, med mindre man sætter hastigheden op. Går man langsomt hjem fra skole, tager det længere tid at komme hjem osv. *Rhapsode* benytter ikke fortællende hverdags erfaringer. Dem må læreren supplere med, hvis elever har vanskeligt ved at forstå dette element. I stedet repræsenterer *Rhapsode* denne isolering som en simpel interaktiv model, hvor man kan skifte mellem isolering af de variable. Den interaktive model forbereder hermed en senere opgave, hvor eleverne skal omskrive formler, idet den fremstiller en omskrivning af formlen for hastighed til henholdsvis en formel for tid ($t = s/v$) og en formel for strækning ($s = t \cdot v$).

Anden halvdel af modulet bidrager til begrebsforståelsen med en række opgaver med algebraiske formler, der dels kan bruges til at beskrive geometriske sammenhænge med algebraiske udtryk, og dels kan hjælpe eleverne med at konsolidere tilegnelsen af læringsmålet "Genkende formler som et udtryk for en sammenhæng". Man kan her spørge, hvad det vil sige at genkende. Læringsmålene er typisk formuleret med verber fra de nederste niveauer i Blooms taksonomi, men målet om at "genkende" er mere eller mindre avanceret afhængigt af, om det fx er fysiske, kemiske, biologiske eller algebraiske sammenhænge, der skal genkendes, hvor komplekse sammenhænge er, og om de er intuitivt forståelige eller kræver en længere række af beregninger og eksperimenter at forstå og underbygge, som det fx er tilfældet med $E = mc^2$.

I forlængelse heraf kan man spørge til det taksonomisk set mere krævende læringsmål "Anvende formler til problemløsning". Modulet lever op til CLT-kravene om at undgå overbelastning af korttidshukommelsen ved at vælge forholdsvis simple eksempler på formler og et højstruktureret indhold fra det algebraiske stofområde, men eleverne lærer af samme grund kun at anvende formler til problemløsning inden for et afgrænset område. Derfor er der ikke tale om en specielt elaboreret anvendelse,

der lægger op til en forståelse af, at forskellige typer af formler relaterer til forskellige typer af sammenhænge i verden. Formulert med CLT-termer er det en principiel diskussion i sig selv, hvorvidt denne forståelse er et intrinsisk eller blot et relevant element i en begrebslig forståelse af formler.

Prioriteringen af et højt struktureret indhold i *Rhapsode* peger på, at der ofte er tale om et pragmatisk skel mellem de intrinsiske elementer, der inkluderes i modulerne, og de relevante elementer, som enten kun tilføjes som ekstra aktiviteter i læremidlet eller ekskluderes. Hvis modulet skal bidrage til elevernes udvikling af en modelleringskompetence, hvor de selv er i stand til at forstå og anvende forskellige typer af formler i relation til problemstillinger i fagets omverden, så er det vigtigt, at læreren er opmærksom på, at der ofte vil være intrinsiske elementer i begrebsforståelsen, der ikke er inkluderet i læremidlet af pragmatiske årsager.

Derfor kræver en kvalificeret brug af *Rhapsode* tid til forberedelse og evaluering. Det gør kvalificeret brug af andre didaktiske læremidler også, men det er vigtigt at understrege ved adaptive læremidler, således at man ikke drager forhastede konklusioner om, at de kan erstatte læreren. Analysen af *Rhapsode* dokumenterer tværtimod, at der er behov for at gentænke både lærerens rolle og brugen af lærervejledninger og andre former for inspiration til den didaktiske rammesætning, hvis man ønsker at anvende læremidlets adaptive egenskaber til en god og motiverende undervisning.

7.5 Skematisk opsummering

Mål

- Instruktionistisk & højstruktureret inddeling i læringsmål (granulering & parring)
- Kognitivistiske teorier (biologisk model) om hukommelse, konsolidering & multimodalitet
- Indholdsorienteret tilegnelse uden relation til mere komplekse problemfelter (anvendt mat.)

Udtryk

- Mayers minimalistiske principper for multimodalitet (maksimere tilgængelighed, minimere distraktion)
- Formelt udtryk med funktionel brug af billeder & diagrammer og remediering (svar & kategorisering)
- Matematiksprøglig progression i det faglige udtryk (billede-diagram-verbalsprog-notation)
- Funktionel tyngde: symbolsk notation – verbalsprog/billede/diagram
- Granulering/nedbrydning modsvarer af simple udtryk (analytiske sætninger, entydige billeder)

Aktiviteter

- Aktiviteterne varierer med elevernes opgaveløsning og præstationer (performative).
- Differentierer via tilpasning (kerne-ekstra) & læringsstier, men ikke ift. metode og læringsmåde
- Høj rammesætning, kvalifikation og grad af redundans (jf. princippet om én læringsressource)
- Prober typificeret (interaktiv/rækkefølge/match/aktivitet) & associeret i klynger ud fra familielighed
- Progression via iterativ proces og tilpasning ud fra data (tid, præstation og metalæring).
- Aktiviteter prioriteres ud fra to niveauer: kerne/passere & usædvanlig (+ ekstra og automatisere).

Indhold

- Kerneindhold lægger fast, eleverne skal gennem knudepunkter (konstante), formbar progression
- Høj grad af granulering og nedbrydning (formaliseret og højstruktureret indhold)
- Lukket indhold, der er isoleret fra fagets omverden, men også fra åbent indhold i faget
- Fravær af fællesskabende differentiering, kun individualiseret, personaliseret læring.

Mikro-granulering

Minimalistisk design

Styret selvvirksomhed

Kognitiv stilladsering

8 Elevkompetencer, motivation og self-efficacy

8.1 Forskningsdesign

Den kvantitative del af projektet undersøger om brugen af *Rhapsode* hænger sammen med ændringer i elevernes matematiske færdigheder, egenopfattede kompetence og faglig motivation. I de følgende afsnit gennemgås undersøgelsens design og operationalisering af centrale variable.

8.2 Undersøgelsens design

For at undersøge elevens matematiske færdigheder og opfattelser af matematik er der gennemført både test og spørgeskemaundersøgelser med elever. Deltagerne var som tidligere nævnt inden undersøgelsen rekrutteret af Københavns Kommune. I den kvantitative undersøgelse deltog 221 elever (fordelt på hhv. 4. og 9. klasse) fra tre

forskellige skoler i Københavns Kommune: Tingbjerg Skole, Strandvejsskolen og Tove Ditlevsen Skole².

Vi lavede målinger med eleverne både før- og efter brugen af *Rhapsode* for at måle om centrale egenskaber ved eleverne udviklede sig i projektperioden. Målingen i baseline blev gennemført i efteråret, mens endline blev gennemført i slutningen af skoleåret (se Tabel 3). Lærerne blev informeret om, at de først måtte bruge læremidlet *efter* deres elever havde besvaret både test og spørgeskema i baseline.

Tabel 3 Perioder for test- og surveybesvarelser

	Klassetrin	Baseline	Endline
Test	4.	04. okt. – 01. nov. 2019	18. maj – 19. jun. 2020
	9.	04. okt. – 01. nov. 2019	18. maj – 19. jun. 2020
Spørgeskema	4.	04. nov. – 21. nov. 2019	02. jun. – 19. jun. 2020
	9.	04. nov. – 21. nov. 2019	02. jun. – 19. jun. 2020

I Tabel 3 fremgår resultater af dataindsamlingen opdelt på base- og endline samt klassetrin. Der var en del attrition i forbindelse med endline-målingen. Af de 221 elever³, der deltog i forsøget fra, gennemførte 83% af eleverne test i både base- og endline (n=183), mens også 83% besvarede spørgeskemaerne base- og endline (n=184). Der er to årsager til hertil. Den ene årsag er, at der var én klasse, hvor endline-testen ikke blev gennemført med eleverne. Godt 10% af de deltagende elever missede endlinetesten af denne årsag. Den anden årsag er, at elever ikke gennemførte endline, fordi de enten var syge eller ikke fik tilstrækkelig tid til at færdiggøre spørgeskemaet. Udfordringen med den forholdsvis høje attrition er, at det svækker den statistiske power i undersøgelsen, dvs. at det mindsker sandsynligheden for at man kan afvise at en udvikling mellem base- og endline skyldes tilfældig variation – på trods af at udviklingen reelt er *systematisk* og ikke tilfældig.

Tabel 4 Deltagere. Pct.

	Total	4. klasse	9. klasse
Test: Baseline	98	99	96
Test: Endline	84	93	74

² Inden undersøgelsen blev der indhentet samtykkeerklæringer fra elevernes forældre med henblik på at indsamle spørgeskema- og testbesvarelser fra eleverne.

³ I dette tal indgår kun elever fra hhv. Tingbjerg Skole, Strandvejsskolen og Tove Ditlevsen Skole, og således ikke Blågård Skole som udgik af projektet.

	Total	4. klasse	9. klasse
Test: Base- og endline	83	92	72
Spørgeskema: Baseline	93	95	90
Spørgeskema: Endline	88	92	84
Spørgeskema: Base- og endline	83	89	77
N	221	116	105

Vores undersøgelse havde tre formål. For det *første* ville vi undersøge om brug af *Rhapsode* viser en sammenhæng med ændringer i elevernes matematiske færdigheder. Vores pre-post design, der kun inkluderer en indsatsgruppe, er ikke egnet til at identificere en kausal effekt af indsatsen, da der mangler et estimat for hvordan indsatsgruppen ville have udviklet sig i *fravær* af at have modtaget indsatsen. Eksempelvis kan en positiv ændring over tid i indsatsgruppen ikke separeres fra naturlig modning eller for den sags skyld andre sideløbende påvirkninger. Vi kan derfor kun observere en effekt af indsatsen, hvis vi antager at den målte egenskab ved eleverne ikke ville have ændret sig i fravær af en indsats⁴. For det *andet* ville vi undersøge om elevernes egenopfattede kompetence i matematik påvirkes af *Rhapsode*-brug. For at håndtere at en mulig udvikling kunne skyldes andre forhold end brug af læremidlet – såsom faktorer, der påvirker elevers egenopfattede kompetencer generelt – målte vi også på elevernes egenopfattede kompetence i læsning. Hvis brugen af det adaptive læremiddel således har en effekt ift. den konkrete faglighed, vil man forvente at se elevernes egenopfattede kompetence i *matematik* udvikle sig anderledes end deres egenopfattede kompetence i læsning. For det *tredje* var vi interesseret i at undersøge om *Rhapsode* påvirker elevernes faglige motivation i matematik. Her observerer vi ligeledes en effekt af *Rhapsode* ved at sammenligne ændringer i elevernes motivation i hhv. matematik og læsning.

8.3 Operationalisering

For at måle på elevernes matematiske færdigheder, deres egenopfattede kompetencer samt deres faglige motivation, gjorde vi følgende:

Matematiske færdigheder (4. klasse): De matematiske færdigheder blev målt med en standardiseret test, der er designet til specifikke klassetrin i den danske folkeskole –

⁴ Målingen af elevernes færdigheder på 4. klassetrin løser delvist udfordringer med naturlig modning. Men heller ikke her kan vi udelukke indflydelsen af andre sideløbende påvirkninger i observationsperioden udover brug af *Rhapsode*.

kaldet *Matematikprofilen* (Gyldendal: Om Matematikprofilen, n.d.). I testen måles elevernes færdigheder, viden og kompetencer i forhold til Fælles Mål inden for de matematiske stofområder: 1) tal og algebra, 2) geometri og måling og 3) statistik og sandsynlighed (Gyldendal: Om Matematikprofilen – Uddybbende beskrivelse, n.d.)⁵. Testen består både af lukkede opgaver (multiple choice) og åbne opgaver, hvor eleven skal tegne og/eller skrive det rigtige svar. De lukkede opgaver udgøres af dikotomiske items (dvs. rigtig/forkert), mens de åbne opgaver består af polytomiske items, hvor der gives et antal point (fx 3-2-1-0) ud fra eksempler på hvad der kendetegner en opgaveløsning på forskellige niveauer. Testen giver en samlet pointscore, der kan bruges til at inddele eleverne i én af fem kategorier. De fem kategorier fortæller om elevens niveau i forhold til en tilfældigt udvalgt elev ved afslutningen af pågældende klasstrin⁶. De fem kategorier er som vist i Tabel 5:

Tabel 5 Niveauer i Matematikprofilen

Kategori	Beskrivelse
Begyndt	Eleven er lige begyndt sin udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i matematik
I gang	Eleven er i gang med sin faglige udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i matematik
Godt i gang	Eleven er godt i gang med sin faglige udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i matematik
Længere end forventet	Eleven er længere med sin faglige udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i matematik, end man kan forvente, at en tilfældigt udvalgt elev vil være i [klassestrin]
Meget længere end forventet	Eleven er meget længere med sin faglige udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i matematik, end man kan forvente, at en tilfældigt udvalgt elev vil være i [klassestrin]

Note: Denne tabel er lavet på baggrund af tabel fra Gyldendal (Gyldendal: Om Matematikprofilen – Resultater, n.d.).

⁵ Testen i Matematikprofilen er valideret med brug af psykonometriske analyser af Svend Kreiner (pba. mailudveksling med en af udviklerne, Thomas Kaas). Testen kan derfor forventes at give en valid måling af elevernes matematiske færdigheder ift. Fælles Mål.

⁶ Testen giver også kvalitativ viden om hvad en elev i pågældende kategori typisk kan og ikke kan inden for de forskellige stofområder (Gyldendal: Om Matematikprofilen – Uddybbende beskrivelse n.d.)

I baseline gennemførte eleverne Matematikprofilens 3. klasseset, imens de i endline gennemførte Matematikprofilens 4. klasseset. Dette giver mulighed for at måle om eleverne har udviklet sig i overensstemmelse med den progression, man ville forvente igennem 4. klasseset, eller om de har oplevet fremgang eller tilbage (ift. den forventede progression).

Hvis en elev fx vurderes til at være 'længere end forventet' i 3. klasseset, vil eleven med et tilsvarende resultat i 4. klasseset (dvs. "længere end forventet") have udviklet sig i overensstemmelse med forventet progression på 4. klasseset. Resultatet indikerer altså, at eleven har fastholdt sit niveau på 4. klasseset. Hvis samme elev derimod forbedrede sit resultat i 4. klasseset ("meget længere end forventet"), ville dette indikere en oplevet fremgang i forhold til den forventede udvikling på 4. klasseset. Samme elev ville omvendt have vist en tilbagegang, hvis eleven havde fået resultatet "Godt i gang" i 4. klasseset. Med brug af denne test kan vi derfor undersøge om eleverne har udviklet sig fra base- til endline svarende til forventet progression i 4. klasseset (dvs. at de har samme niveau i hhv. 3. klasse- og 4. klasseset), eller om de viser en fremgang (eller tilbagegang) i forhold til det forventede. Det bør dog fremhæves, at eleverne først gennemførte 3. klasseset to måneder inde i skoleåret i stedet for i starten af skoleåret, og det gør opgørelsen af forventet progression en anelse skæv⁷. Ved både base- og endline fik eleverne 3 timer til at gennemføre testen.

Matematiske færdigheder (9. klasse): Med henblik på at måle elevernes matematiske færdigheder brugte vi folkeskolens afgangseksamen i matematik uden hjælpemidler fra december 2016 (FP UH 2016). Denne prøve blev valgt, da matematiklærerne ikke havde anvendt denne prøve før. Prøven har en times varighed og består af 50 opgaver inden for de matematiske stofområder: 1) Tal og algebra, 2) geometri og måling og 3) statistik og sandsynlighed (Styrelsen for Undervisning og Kvalitet 2016). De eneste hjælpemidler eleverne måtte anvende var skriveredskaber og kladdepapir. Prøvekarakteren beregnes ud fra det antal opgaver, som eleven svarer korrekt. For at bestemme karakteren anvendes en omsætningstabel, hvor der etableres sammenhæng mellem antal korrekte opgaver (et interval) og karakter. Prøvesættet er oprindeligt udarbejdet af en opgavekommission udvalgt af Børne- og Undervisningsministeriet

⁷ Reelt betyder dette, at det bliver en lidt større udfordring for eleverne at udvikle sig i overensstemmelse med forventet udvikling, da de havde to måneder kortere hertil.

og lavet med udgangspunkt i Fælles Mål. Det var den samme test – dvs. FP UH 2016 – som blev brugt ved base- og endline.

Egenopfattede kompetence (Matematik): For at måle elevernes egenopfattede kompetence i matematik, anvendte vi en skala bestående af ni items fra den internationale undersøgelse *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) (Martin, Mullis, Hooper, Yin, Foy & Palazzo 2016: 15.7). Skalaen anvendes i TIMSS til at sammenligne elevens egenopfattede kompetence i matematik på tværs af lande for både 4. og 8. klasseelever. I spørgeskemaet blev eleverne bedt om at tage stilling til alle ni udsagn, som på forskellig vis handler om elevernes vurdering af egen formåen (fx "Jeg plejer at være god til matematik", "Matematik er sværere for mig, end det er for mange af mine kammerater"). Samtlige ni udsagn fremgår af appendiks 1. Svarkategorierne var "Meget enig", "Lidt enig", "Lidt uenig" og "Meget uenig". Skalaen går fra 1-4, hvor højere værdier angiver mere tiltro til egne evner ($\alpha = .89$, $M = 2.91$, $SD = .70$).

Egenopfattede kompetence (Læsning): Som tidligere beskrevet var det væsentligt for os at måle, hvordan elevernes egenopfattede kompetence udviklede sig i forhold til en anden færdighed. For at måle elevens tiltro til egne evner i læsning, benyttede vi en skala, der består af seks items fra den internationale læseundersøgelse *Progress in International Reading Literacy Study* (PIRLS) (Martin, Mullis, Hooper, Yin, Foy, Fishbein & Liu 2017: 14.83). PIRLS anvender ligeledes denne skala til at sammenligne elevens egenopfattede kompetence i læsning på tværs af lande for elever på 4. og 8. klassetrin. De seks items fremgår af appendiks 1. Skalaen er skaleret fra 1-4, hvor højere værdier angiver mere tiltro til egne evner ($\alpha = .84$, $M = 3.08$, $SD = .46$).

Motivation (Matematik): For at måle elevernes faglige motivation i matematik, brugte vi en skala bestående af ni items fra TIMSS (fx "Jeg kan godt lide at lære matematik", "Jeg ville ønske, at jeg ikke behøvede at lære matematik") (Martin, Mullis, Hooper, Yin, Foy & Palazzo 2016: 15.103). Svarskalaen bestod af fire svarkategorier: "Meget enig", "Lidt enig", "Lidt uenig", "Meget uenig"), og skalaen går fra 1-4, hvor højere værdier angiver større faglig motivation ($\alpha = .89$, $M = 2.73$, $SD = .74$). De ni items fremgår i Appendiks 1.

Motivation (Læsning): Vi målte elevernes faglige motivation i læsning ved hjælp af en skala, der består af otte items og anvendes i PIRLS (Martin, Mullis, Hooper, Yin, Foy, Fishbein & Liu 2017: 14.91). Skalaen går fra 1-4, hvor højere værdier angiver større faglig motivation ($\alpha = .85$, $M = 2.99$, $SD = .66$). De otte items fremgår i Appendiks 1.

8.4 Omfang af brug af *Rhapsode*

For enhver undersøgelse, der er interesseret i at undersøge betydningen af en indsats, er det relevant at belyse den styrke som indsatsen er blevet implementeret med. I dette afsnit ser vi på, hvor meget eleverne har brugt *Rhapsode* som led i matematikundervisningen.

For at opgøre tidsforbruget har vi fået adgang til information fra *Rhapsode* om elevernes brug på individniveau. Desværre har det ikke været muligt at få data fra mere end fire af de ti deltagende klasser. Derfor kan vi kun give et delvist indblik i hvor meget eleverne har brugt værktøjet. I Tabel 6 fremgår deskriptive statistikker over elevernes tidsforbrug opgjort i minutter.

Tabel 6 Elevernes brug af *Rhapsode*. Minutter.

	Gennemsnit (min)	Standardafvigelse (min)	Mindste (min)	Højeste (min)
4. klasse	639	106	470	834
9. klasse	383	134	24	637

Note: Data for 9. klassetrin stammer fra tre klasser. Data for 4. klassetrin stammer fra én klasse. I to klasser havde underviserne slettet data om tidsforbrug, og i fire klasser har det ikke været muligt fra underviser at give adgang til information om tidsforbrug.

På 4. klassetrin har eleverne gennemsnitligt brugt *Rhapsode* i 639 minutter hvilket svarer til lidt over ti timers brug. Der er en vis spredning således, at det laveste tidsforbrug målt er 470 minutter (svarende til ca. 8 timer), imens det højeste er 834 minutter (ca. 14 timer). Tidsforbruget er dog ikke fantastisk højt, når man tænker på, at observationsperioden har strakt sig over næsten otte måneder. Når man holder dette op imod, at minimumstimeantallet i matematik på et skoleår ligger på 150 timer på 4. klassetrin, indikerer dette, at *Rhapsode* er blevet brugt som et supplement i undervisningen. Det er dog værd at holde sig for øje, at Corona-nedlukningen også kan have ført til mindre brug af *Rhapsode* end vi ellers ville have set. Vi har desuden ikke belæg for at sige hvor præcist dette billede dækker samtlige elevers brug på 4. klassetrin, da der er mange elever som vi ikke kender tidsforbruget for.

Tidsforbruget er faktisk en del mindre på 9. klassetrin. Her har eleverne gennemsnitligt brugt *Rhapsode* i 383 minutter, hvilket svarer til lidt over seks timer. Spredningen er her noget større. Eleven med det højeste tidsforbrug har brugt 637 minutter på at arbejde i *Rhapsode*, imens eleven med det laveste tidsforbrug har brugt

blot 24 min. Det hører dog med til historien, at den laveste observation skiller sig markant ud, da det næstlaveste tidsforbrug ligger på 101 (hvilket dog også er lavt).

Det tyder således på, at eleverne i lav grad har brugt *Rhapsode* i observationsperioden, når vi som tidligere nævnt anvender data fra *Rhapsode* selv. På 4. klassetrin ser det ganske vidst ud til, at eleverne har brugt *Rhapsode* i et vist omfang men som et supplerende element i undervisningen. Omvendt fremstår brugen på 9. klassetrin begrænset. Det lave tidsforbrug i *Rhapsode* betyder, at eleverne – særligt på 9. klassetrin – har modtaget en meget lille eksponering for læremidlet. Dette svækker den empiriske test betragteligt, da det typisk er svært at måle effekter af indsatser, der gives i så begrænset omfang. Det har i forsøgsdesignet ikke været muligt for Læremiddel.dk at fastsætte hvor meget læremidlet som minimum skulle bruges i undervisningen.

8.5 Resultater

Dette kapitel gennemgår hvordan brug af *Rhapsode* hang sammen med elevernes matematiske færdigheder i 9. klasse, matematiske færdigheder i 4. klasse, egenopfattede kompetence og faglig motivation.

8.5.1 Brug af *Rhapsode* og elevernes matematiske færdigheder – 9. klasse

Hvordan gik det med elevernes matematiske færdigheder i 9. klasse imens de brugte *Rhapsode*? Tabel 7 viser elevernes karakterer i prøveeksamen opdelt på base- og endline. Der er kun medtaget karakterer fra elever, der har gennemført afgangseksamen i matematik uden hjælpemidler både før og efter indsatsen. Det fremgår af tabellen, at eleverne får bedre karakterer i endline end i baseline. Mens næsten halvdelen af eleverne fik en karakter under 7 i baseline (48%), gør dette sig gældende for kun 30% af eleverne i endline. Omvendt ses det, at der er betydeligt flere, der får karakteren 7 i endline, ligesom at der en højere procentandel, der får 10 og 12 i endline.

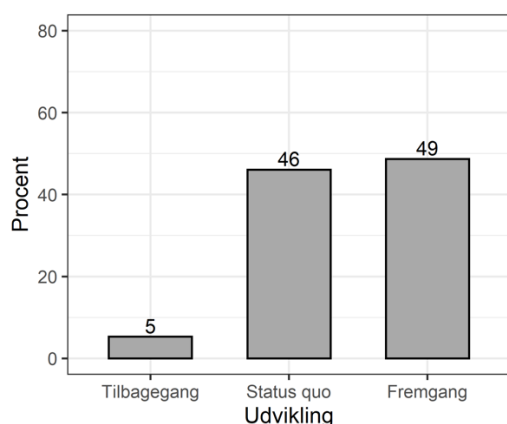
Tabel 7. Karakterfordeling (9. klasseelever). Pct.

	-3	0	2	4	7	10	12
Baseline	0	8	9	31	30	22	1
Endline	0	3	8	19	40	24	6

Note: n=76. Karaktererne baserer sig både i base- og endline på prøveeksamen i matematik uden hjælpemidler (dec 2016).

En anden måde at vurdere udviklingen er at undersøge hvor mange elever, der er gået frem eller tilbage i indsatsperioden. Figur 8 viser procentandelen, der har oplevet tilbagegang (dvs. gået mindst én karakter tilbage), status quo (dvs. fået samme karakter i base- og endline) og fremgang (dvs. gået mindst én karakter frem). Det fremgår, at næsten halvdelen af eleverne (49%) har oplevet fremgang i projektperioden, imens kun ganske få, dvs. 5%, har oplevet tilbagegang. Dette tegner således et ganske klart billede af fremgang.

Figur 8. Udvikling i elevernes karakterer mellem base- og endline. Pct.



Note: n = 76.

For at undersøge om udviklingen er statistisk signifikant har vi gennemført en Wilcoxon signed-rank test. Dette er en ikke-parametrisk test, der kan anvendes på ordinale data til at sammenligne om rangeringen af observationer er forskellig i to *afhængige* stikprøver, dvs. når man har sammenhørende par af observationer (se Sprent 1993; Agresti & Finlay 2009). Testen viser, at der er signifikant forskel på resultatet i endline og i baseline ($p < .001$).

Samlet set viser resultaterne, at eleverne er gået frem i forsøgsperioden – og endda at det gælder en stor gruppe af elever (ca. 50%), imens få har oplevet tilbagegang. Med det anvendte design har vi dog ikke mulighed for at skelne imellem hvor meget af fremgangen, der skyldes naturlig progression og hvor meget, der potentielt skyldes brug af læremidlet.

8.5.2 Brug af *Rhapsode* og elevernes matematiske færdigheder – 4. klasse

I dette afsnit ser vi på hvordan det gik med elevernes færdigheder i 4. klasse. Testdesignet adskiller sig her (som nævnt i afsnit 8.3), da baselinetesten opgør

færdigheder ift. et forventet niveau på 3. klassetrin, imens endlinetesten opgør elevernes færdighed ift. et forventet niveau på 4. klassetrin. Hvis elever viser at have samme niveau i både base- og endlinetesten vil dette derfor indikere, at eleverne har udviklet sig i overensstemmelse med en forventet udvikling på 4. klassetrin. Resultaterne i base- og endline fremgår i Tabel 8.

Man kan se, at fordelingen af elevernes niveau i endline minder meget om fordelingen i baseline. Der er en tendens til, at der er færre placeret på det laveste niveau "Begyndt" i endline (10%) sammenlignet med baseline (18%), ligesom at der er flere placeret i kategorien 'I gang' i endline end i baseline. Ellers ser fordelingerne ganske ens ud. Det indikerer, at eleverne i observationsperioden har udviklet sig i overensstemmelse med en forventet udvikling på 4. klassetrin.

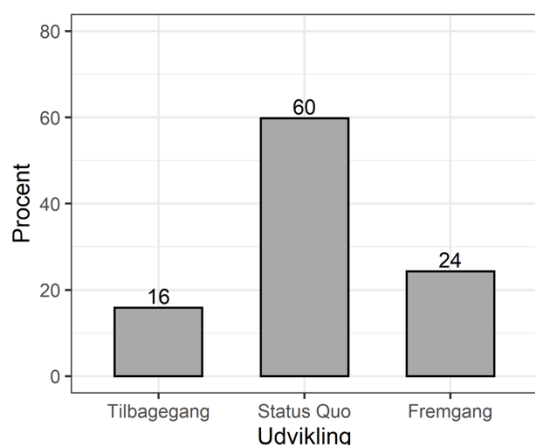
Tabel 8. Fordeling af resultater (4. klasseelever). Pct.

	Begyndt	I gang	Godt i gang	Længere end forventet	Meget længere end forventet
Baseline	18	20	21	19	22
Endline	10	26	22	18	24

Note: n=107.

Figur 9 viser, hvordan enkelte elever har udviklet sig mellem base- og endline. Af figuren fremgår procentandelen, der har oplevet fremgang (dvs. gået mindst ét niveau op – og forbedret sig udover den udvikling man forventer på 4. klassetrin), status quo (dvs. vist samme niveau i base- og endline) og tilbagegang (dvs. gået mindst ét niveau tilbage). Her ser vi, at langt størstedelen, 60%, har fastholdt deres niveau og således udviklet sig svarende til forventet progression. 24% af eleverne viser fremgang, imens 16% viser niveaumæssig tilbagegang. Den oftest forekommende hændelse er således, at eleverne fastholder deres niveau og har udviklet sig svarende til det forventede i 4. klasse, om end der er en tendens til at lidt flere elever oplever fremgang end tilbagegang. På trods af denne positiv tendens, får vi en insignifikant Wilcoxon signed-rank test ($p = .162$), når vi tester om eleverne klarer sig bedre i endline end i baseline. Vi kan derfor ikke konstatere, at eleverne har oplevet fremgang udover forventet progression på 4. klassetrin.

Figur 9. Udvikling i elevernes niveau mellem base- og endline. Pct.



Note: n=115.

8.5.3 Brug af *Rhapsode* og egenopfattede kompetence

Det er et åbent spørgsmål hvordan brugen af et adaptivt læremiddel påvirker elevens egenopfattede kompetence i et fag. Man kunne forestille sig, at det kan styrke kompetenceopfattelsen, fordi programmet giver dem flere succesoplevelser (fx fordi programmet gør dem dygtigere eller præsenterer dem for flere opgaver på deres niveau), men det kan også indvendes, at læremidlet ikke partout har den store effekt, fordi eleverne interagerer mindre med deres klassekammerater i et individuelt og lukket læringsrum – og derfor får sværere ved at vurdere egen dygtighed.

Tabel 9 viser elevernes gennemsnitlige score på et indeks for egenopfattede kompetence i matematik ved henholdsvis base- og endline. I baseline var gennemsnittet på skalaen for egenopfattede kompetence (skaleret fra 1-4) på 2,91, imens scoren voksede til 2,95 i endline. Som udgangspunkt fremstår den gennemsnitlige positive ændring fra base- til endline substantielt meget lille (Cohen's $d=.06$). For at undersøge om ændringen er statistisk signifikant, benytter vi en ikke-parametrisk test, *Wilcoxon signed rank test*. Denne test kan håndtere, at fordelingen på indekset er ganske venstreskæv (se appendiks 1) og afviger fra en forudsætning om normalfordeling i populationen, som normalt gælder ved fx brug af en parrede t-test. Testen viser, at ændringen fra base- til endline er statistisk insignifikant ($p = .20$).

Denne test udelukker ikke nødvendigvis, at læremidlet har haft en positiv effekt på elevernes egenopfattede kompetence i matematik. Eksempelvis kunne eleverne i forsøgsperioden have været eksponeret for anden information, der påvirkede deres opfattelse i den modsatte retning (fx "at skolen klarer sig dårligere end landsgennemsnittet") og dermed 'udjævnede' en evt. positiv effekt af læremidlet. For bedre at observere effekten af læremidlet, sammenligner vi derfor om udviklingen i

elevernes egenopfattede kompetence i matematik er anderledes end udviklingen i deres egenopfattede kompetence i forhold til en anden færdighed, der ikke er relateret til matematik – i dette tilfælde læsning.

Tabel 9 Egenopfattede kompetence i matematik og læsning.

	Baseline	Endline	Difference
Matematik	2.91 (0.05)	2.95 (0.05)	0.04 (0.03)
Læsning	3.08 (0.05)	3.11 (0.05)	0.02 (0.03)

Note: Tal i tabellen er gennemsnit på indeks skaleret fra 1-4, hvor højere værdier angiver mere tiltro til egne evner. Tal i parentes angiver standardfejlen. N=184.

I Tabel 9 kan vi se i tredje række, at elevernes egenopfattede i kompetence i læsning i samme periode også udvikler sig marginalt. Før forsøgsperioden havde gruppen et gennemsnit på 3,08 på indekset (skaleret fra 1-4), hvilket vokser til 3,11 i endline (Cohen's $d=0.05$). Heller ikke denne ændring er statistisk signifikant ($p=.68$).

Samlet finder vi derfor ikke indikationer på, at *Rhapsode* har påvirket elevernes egenopfattede kompetence i matematik.

8.5.4 Brug af *Rhapsode* og faglig motivation

I dette afsnit undersøger vi om brugen af *Rhapsode* hænger sammen med en ændring i elevernes faglige motivation i matematik.

Tabel 10 viser elevernes gennemsnitlige score på et indeks for faglig motivation i matematik i base- og endline. Det fremgår af tabellen, at elevernes faglige motivation viser en lille tilbagegang fra start- til slutmålingen (Cohen's $d=.06$, for tilbagegangen). Vi har undersøgt om tilbagegangen er signifikant med en parret t-test, da fordelingen på skalaen i højere grad ligner en normalfordeling (se appendiks 1). Denne ændring er dog insignifikant ($p=.29$). Vi kan således ikke fastslå, at der har været en tilbagegang. Som vi kan se af den samtidige udvikling i elevernes faglige motivation i læsning er denne også svag (Cohen's $d=.04$, for tilbagegangen), og denne ændring er ligeledes insignifikant ($p=.54$).

Dermed finder vi altså hverken at den faglige motivation har ændret sig i projektperioden, eller at motivationen i matematik har ændret sig anderledes end motivationen for en anden faglighed (læsning). Dermed er der ikke indikationer på, at brugen af *Rhapsode* har påvirket faglig motivation i matematik.

Tabel 10 Faglig motivation i læsning og matematik.

	Baseline	Endline	Difference
Matematik	2.73 (0.05)	2.68 (0.06)	-0.04 (0.04)
Læsning	2.99 (0.05)	2.97 (0.06)	-0.03 (0.04)

Note: Tal i tabellen er gennemsnit på indeks skaleret fra 1-4, hvor højere værdier angiver mere tiltro til egne evner. Tal i parentes angiver standardfejlen. N=184.

8.6 Elevernes oplevelser med at bruge læremidlet

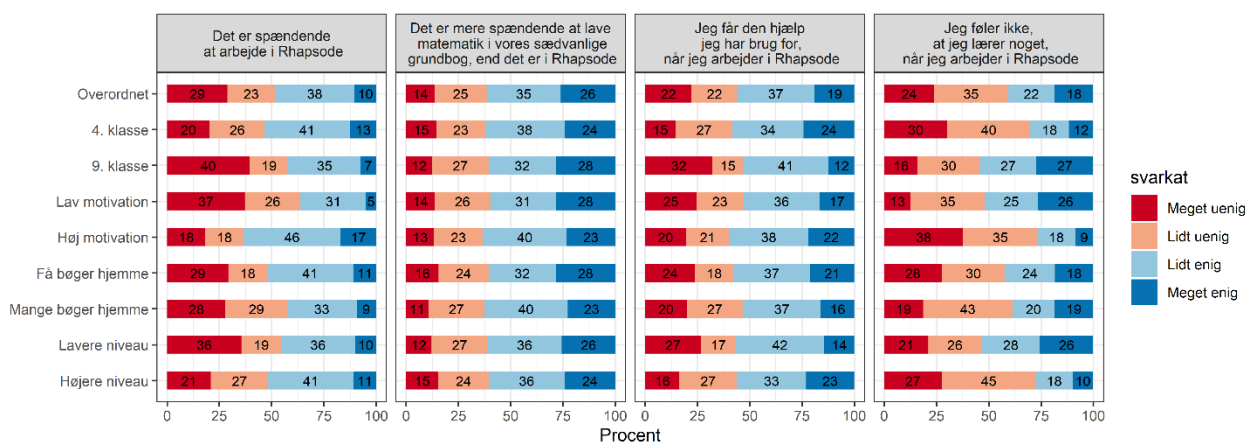
Eleverne blev i endline-spørgeskemaet bedt om at forholde sig til hvordan de havde oplevet at arbejde i *Rhapsode*. Spørgsmålet lød "I de sidste måneder har du løst opgaver i et program på computeren der hedder *Rhapsode*. Hvor enig eller uenig er du i følgende udsagn om at arbejde med programmet?":

- Det er spændende at arbejde i *Rhapsode*
- Det er mere spændende at lave matematik i vores sædvanlige grundbog, end det er i *Rhapsode*
- Jeg får den hjælp jeg har brug for, når jeg arbejder i *Rhapsode*
- Jeg føler ikke, at jeg lærer noget, når jeg arbejder i *Rhapsode*

Figur 10 viser elevernes svar på de fire spørgsmål. I hvert panel fremgår den overordnede svarfordeling, ligesom elevernes besvarelser er opdelt på klassetrin, motivation i baseline, antal bøger i deres hjem (som ofte anvendes som indikator for socioøkonomisk baggrund, se fx Mejdning & Rønberg 2012) og fagligt niveau i baseline⁸.

⁸ Opdelingen i høj/lav faglig motivation er lavet ved at opdele eleverne i to grupper ved medianen på indekset for faglig motivation i matematik. Opdelingen i mange/få bøger i hjemmet er lavet ved opdele eleverne i to grupper afhængigt af om de har svaret, at de har nok bøger hjemme til at fylde to bogreoler. Opdelingen i højere/lavere fagligt niveau er foretaget ved at dele eleverne i to grupper ved medianen på kompetencemålene.

Figur 10 Elevernes vurdering af udsagn om *Rhapsode*. Pct.



Note: n=184.

Det fremgår af panelet yderst til venstre, at eleverne er splittet i forhold til om de oplever, at det er spændende at arbejde i *Rhapsode*. 48% er enige i, at det har været spændende at arbejde i *Rhapsode*, imens en anelse flere er uenige heri (52%). Det er iøjnefaldende, at der er flere blandt elever med høj motivation, der synes at det har været spændende at arbejde i *Rhapsode* (63%) end blandt elever med lav motivation (36%). Ligeledes er der flere elever fra hjem med få bøger, der oplever *Rhapsode* som spændende (52%) end elever fra hjem med mange bøger (42%). Der er således indikationer på, at *Rhapsode* på samme tid appellerer til de højt motiverede elever samt elever fra lavere socioøkonomisk baggrund. Endeligt skal det nævnes, at der er flere elever på 4. klassetrin (54%), som erklærer sig enige i, at det er spændende at arbejde i *Rhapsode* end på 9. klassetrin (42%).

Eleverne er også blevet spurgt om de oplever deres sædvanlige grundbog mere spændende at arbejde i end *Rhapsode*. 61% erklærer sig enige i, at det er mere spændende at arbejde i en sædvanlige grundbog end *Rhapsode*. Faktisk går denne opfattelse igen på tværs af samtlige subgrupper. Så på trods af at halvdelen af eleverne finder det spændende at arbejde i *Rhapsode*, kan vi altså konstatere, at flertallet foretrækker den sædvanlige grundbog.

Et lille flertal af eleverne oplever, at de får tilstrækkelig hjælp, når de arbejder i *Rhapsode* (54%), men der er også en betydelige andel, der ikke er enige heri (46%). Vi finder ikke de store forskelle i elevernes svar på tværs af forskellige elevgrupper, om end der er en anelse flere elever på 4. klassetrin (end på 9. klassetrin) og fra hjem med få bøger (end fra hjem med mange bøger), der synes at de får den hjælp, de har brug for, når de arbejder i *Rhapsode*.

Adspurgt om deres læringsudbytte er et mindretal af eleverne enige i, at de ikke lærer noget, når de arbejder i *Rhapsode* (40%). Der er dog store forskelle i opfattelsen af læringsudbyttet, når vi sammenligner forskellige grupper af elever. På 9. klassetrin er 54% af eleverne enige i, at de ikke lærer noget, når de arbejder i *Rhapsode*, hvorimod kun 30% af eleverne er af samme overbevisning på 4. klassetrin. Også elever med lav faglig motivation i matematik er mere kritiske ift. deres læringudbytte, og 61% af disse er enige i udsagnet, imens dette gør sig gældende for 27% af eleverne med høj faglig motivation. Desuden er et flertal af eleverne med lavere fagligt niveau skeptiske ift. deres læringsudbytte, når de arbejder i *Rhapsode* (54%), hvilket er betydeligt flere end blandt elever med højere niveau (28%). Det ser således ud til, at forholdsvis flere elever med lav motivation eller lavere niveau oplever et begrænset læringsudbytte, når de arbejder i *Rhapsode*. Vi kan dog ikke udelukke, at vi ville have set samme svarmønster, hvis eleverne i stedet havde vurderet læringsudbyttet fra brug af deres sædvanlige grundbog.

8.7 Sammenfatning

I dette kapitel har vi set på om elevernes færdigheder, egenopfattede kompetence og faglige motivation har ændret sig perioden, hvor de har brugt *Rhapsode*. Analyserne peger på flere centrale resultater.

Eleverne på 9. klassetrin viser en statistisk signifikant fremgang i forsøgsperioden. Godt 50% af eleverne viser fremgang, og få oplever tilbagegang. Vi kan dog ikke skelne hvor meget af fremgangen, der skyldes naturlig progression og hvor meget, der skyldes brug af læremidlet med det anvendte design. På 4. klassetrin er der tendenser til en fremgang ud over den udvikling man ville forvente på 4. klassetrin, men fremgangen er samlet set ikke statistisk signifikant. Godt 24% af eleverne viser fremgang, imens 16% af eleverne udvikler sig mindre end forventet. Det insignifikante resultat kan dog skyldes, at der er lav statistisk power (pga. det lave deltagerantal) til at påvise en lille positiv udvikling.

Elevernes egenopfattede kompetence ændrer sig svagt i positiv retning i observationsperioden, imens den faglige motivation falder marginalt. Begge ændringer er dog statistisk insignifikante. Vi finder således ikke opbakning til, at *Rhapsode* forbedrer elevernes tiltro på egne evner eller øger interessen for matematik.

Adspurgt om elevernes oplevelser med at arbejde i *Rhapsode* viser der sig et broget billede. Halvdelen af eleverne synes, at det er spændende at arbejde i *Rhapsode*, men lidt flere – godt seks ud af ti – foretrækker at arbejde i deres sædvanlige grundbog. Også lidt mere end halvdelen synes, at de får tilstrækkelig hjælp, når de arbejder i *Rhapsode*, men det er bemærkelsesværdigt at godt fire ud af ti erkærer sig enige i, at de ikke lærer noget, når de arbejder i programmet. I forhold til sidstnævnte resultat ved vi dog ikke, om denne vurdering er forskellig fra hvordan eleverne ville vurdere læringsudbyttet fra brug af deres sædvanlige grundbog.

Ovenstående resultater – særligt i relation til elevernes færdigheder, egenopfattede kompetence og motivation – skal læses med tre forbehold. For det første har eleverne ikke brugt *Rhapsode* meget i observationsperioden. Over en periode på mere end et halvt år har den gennemsnitlige elev på 4. klassetrin brugt programmet ti timer, imens 9. klasseeleverne har brugt *Rhapsode* seks timer i gennemsnit. Den svage stimulus (dvs. begrænsede brug af *Rhapsode*) giver svære betingelser ift. at forvente ændringer i færdigheder og motivation. For det andet er deltagerantallet lavt. Dette svækker muligheden for at observere statistisk signifikante ændringer i observationsperioden. Og endeligt er designet ikke optimalt til at observere effekter af at bruge *Rhapsode* pga. en manglende kontrolgruppe. Den manglende kontrolgruppe betyder, at der er ringe mulighed for at observere hvordan eleverne ville have udviklet sig i *fravær* af indsats. Derfor ville man muligvis finde andre resultater, hvis brugen af *Rhapsode* havde været mere intensiv, der havde været flere forsøgsdeltagere og hvis man havde inkluderet en kontrolgruppe i designet.

9 Elevers deltagerbaner i *Rhapsode*.

I denne del af rapporten fokuserer vi på elevernes interaktion med *Rhapsode*. Det virker helt oplagt at interessere sig for, hvad eleverne gør, og hvad det adaptive læremiddel præsenterer eleven for i undersøgelsen af et læremiddel, der i høj grad personaliserer, individualiserer og tilpasser indhold og niveau til elevernes forudsætninger på basis af deres input og præstationer (Liu et al, 2017).

Som det vil fremgå af analyserne af klasserumsobservationerne, så er *Rhapsode* langt hen ad vejen et læremiddel, som kan overtage mange af de didaktiske funktioner som læreren normalt vil forventes at varetage. *Rhapsode* fungerer som en tutor (Taylor, 1980), idet læremidlet udvælger indhold, forsøger at præsentere indholdet på en hensigtsmæssig måde i forhold til elevernes forudsætninger, og den evaluerer og

differentierer. På sin vis egner *Rhapsode* sig sandsynligvis bedst til elevers selvstudier eller forberedelse til undervisning snarere end at indgå i klasserumsundervisning. Det er typisk sådan *Rhapsode* er blevet brugt i de efteruddannelsesforløb og kurser, som hidtil har været designet i *Rhapsode* ifølge Area9.

Givet at adaptive læringsteknologier forsøger at skræddersy læringsforløb til den enkelte elev, er det således oplagt at se på eleven som nøglen til hvor godt den adaptive teknologi fungerer. I et review fra 2015 undersøgte Nakic, Granić, & Glavinić de forskellige variable og brugerkaraktistika, som adaptive teknologier anvender til at generere brugbare user models, hvor en user model er et sæt antagelser om brugeren som genereres på basis af brugerens interaktion med læremidlet og som styrer, hvilket indhold der præsenteres for eleven hvornår. I reviewet fandt man ikke overraskende, at kognitiv formåen var et helt centralt træk sammen med relevante træk ved brugerens personlighed. Men man fandt også, at nyere studier havde fokus på ikke-kognitive karakteristika hos brugeren som fx emotionelle, motivationelle og meta-kognitive faktorer i deres user models.

Rhapsodes user model registrerer og reagerer på tre faktorer:

- Elevens niveau og fremgang i forhold til faglig viden og færdigheder.
- Elevens handlekraft, dvs. elevens evne til at fortsætte trods udfordringer.
- Elevernes meta-læring, dvs. elevens evne til at selvbevurdere hvad hun forstår og er i stand til.

Ved at registrere disse variable skulle læremidlet i princippet være i stand til at tilpasse niveau, støtte og udfordringer til elevens standpunkt, sikre at eleven ikke mister modet, og befordre at eleven bliver mere bevidst om egne kompetencer og mangler.

I dette delstudie er vi interesserede i at undersøge følgende:

- **Hvordan tager elevernes læringsstier i *Rhapsode* sig ud?**

Fokus er på, hvordan et matematisk stofområde præsenteres for eleven i relation til elevens input. Hvilke opgaver og forklaringer præsenteres for eleven, hvordan reagerer læremidlet på hhv. korrekte og ukorrekte svar, og i hvilken rækkefølge præsenteres opgaver og forklaringer?

- Hvilke forskelle kan vi se i læringsstier for elever der som udgangspunkt har hhv. relativt højt eller lavt matematisk kompetenceniveau kombineret med hhv. relativ høj eller lav motivation i forhold til matematikfaget og elevernes grad af self-efficacy?

Fokus er på, hvordan elever med forskellige kombinationer af matematikfaglig kompetence, motivation og self-efficacy tackler *Rhapsodes* måde at tilrettelægge et læringsforløb og omvendt, hvordan læremidlet tackler elever med forskellige forudsætninger.

9.1 Datagrundlag og metode

Til at belyse de to forskningsspørgsmål er der brugt tre datakilder:

- Data genereret af *Rhapsode*.
- Skærmoptagelser af elevers interaktion med *Rhapsode*.

Baseline matematiktestresultater og elevsvar på survey-spørgsmål, der handler om deres motivation for matematikfaget (se afsnit 8).

9.1.1 Data genereret af *Rhapsode*

Rhapsode genererer data om elevers præstation og progression. Nogle af disse data gøres tilgængelige for lærere i læremidlets dashboard men typisk i aggregeret og bearbejdet form, så det ikke er muligt at se detaljer om den enkelte elevs færd i *Rhapsode*. Udvikleren af læremidlet, *Area9*, har imidlertid (efter behørigt samtykke var indhentet fra elevernes forældre) stillet rådata til rådighed for projektgruppen, hvorved det er muligt at komme helt tæt på, hvad læremidlet registrerer om elevens aktiviteter og præstation, hvad disse registreringer viser, og hvad dette fortæller om, hvordan *Rhapsode* fungerer.

Specifikt registrerer *Rhapsode*:

- Det nøjagtige tidspunkt eleven tilgår et læringsobjekt (dvs. en forklaring eller en opgave) og total tid, som eleven bruger på læringsobjektet.
- Læringsmålet for hvert læringsobjekt.
- Indhold, dvs. hvilken type læringsobjekt, vi har med at gøre. Varianterne er bl.a. forklaring, multiple-choice spørgsmål, opgaver der kræver flere input fra eleven og stilladserede opgaver.
- Elevens score (0-100%) og resultat (korrekt, forkert eller delvist korrekthed opgjort i %) i relation til hvert læringsobjekt.

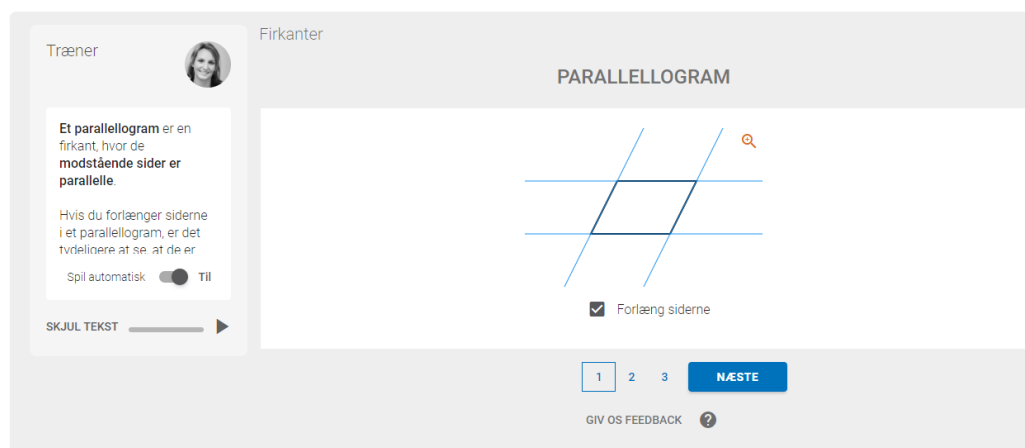
- Elevernes selvsvurdering af i hvor høj grad de forstår indholdet af en forklaring og hvor sikre de er på, at de har svaret korrekt på en opgave.

Disse data registreres på basis af elevens klik på centrale elementer og input ved opgaver. Men store dele af elevernes aktivitet kan eller bliver ikke registreret i læremidlets aktivitets log. For det første er der mange flere muligheder for interaktivitet på en given side i læremidlet, end der registreres. I Figur 11 ses en forklaring fra *Rhapsode* omhandlende hvad der karakteriserer et parallelogram. I venstre side af skærmen kan eleverne høre eller læse en forklaring. Under parallelogrammet kan eleven klikke i boksen, hvor der står "Forlæng siderne" og se de lyseblå hjælpelinjer. Forklaringen består af tre slides, og det er ikke uvigtigt, om eleven bruger den samlede tid på fx det første slide men springer hen over de følgende to eller om eleven opmærksomt undersøger alle tre slides. Som nævnt, vil læremidlet kun registrere samlet forbrugt tid på det samlede læringsobjekt og i dette tilfælde, hvor elevens forståelse ikke testes, elevens vurdering af egen forståelse af indholdet.

Eleven får desuden umiddelbar feedback på opgavebesvarelser; denne feedback ses på en separat side, men læremidlet registrerer ikke om eleven bruger tid på at undersøge feedback, eller om eleven klikker på "Vis rigtigt svar". Det er også vigtigt, om eleven retter et korrekt svar til et forkert før afsendelse.

Læremidlets data er desuden struktureret ud fra elevens eksponering for læringsobjekter, der har relation til et givet læringsmål. Med andre ord viser aktivitets loggen ikke elevens kronologiske forløb gennem et modul men snarere elevens præstation mv. i relation til en taksonomi for læringsmål.

Figur 11. En interaktiv forklaring på hvad et parallelogram er fra *Rhapsode*.



I dette delstudie er vi netop interesserede i, dels hvad der sker mellem de klik og input, som læremidlet registrerer, og dels det kronologiske forløb gennem modulernes læringsobjekter, som eleverne har oplevet.

9.1.2 Skærmoptagelser af elevers interaktion med *Rhapsode*

Med henblik på at undersøge elevernes oplevede, kronologiske forløb i *Rhapsode* (deres læringssti eller deltagerbane) og den elevaktivitet, der ligger ud over læremidlets registreringer, har vi gennemført skærmoptagelser med fire elever i 4. klasse.

Eleverne er udvalgt tilfældigt ud fra en stratificering der opdeler eleverne efter to parametre:

1. Om elevernes baseline-matematiktest viste et relativt højt eller lavt matematisk kompetenceniveau.
2. Om elevernes besvarelse af vores baseline-survey viste relativt høj eller lav motivation i forhold til matematikfaget.

Dette giver fire mulige kombinationer af kompetenceniveau og motivation (se Tabel 11), og der er udtrukket en elev fra hvert af de fire felter.

Tabel 11. Screenrecordede elever i 4. klasse.

		Kompetence	
		Begyndt <i>eller</i> I gang	Godt i gang Længere end forventet <i>eller</i> Meget længere end forventet
	1/3 laveste	Elev 1	Elev 3
Motivation	1/3 midterste		
	1/3 højeste	Elev 2	Elev 4

Note: Eleverne er udvalgt med simpel tilfældig udvælgelse i hver af de fire strata.

Skærmoptagelser er en diskret måde at generere data om brugeres adfærd og interaktion med digitale formater, da programmet optager i baggrunden mens subjektet arbejder. Et alternativ til at bruge skærmoptagelser er eye-tracking, som kræver at subjektet ifører sig optageudstyr, hvilket uvægerligt vil påvirke adfærden.

Skærmoptagelser tillader at eleverne i dette studie kan arbejde uforstyrret i deres naturlige miljø.

I sammenligning med fx eye-tracking, som giver direkte adgang til information om hvad subjektet fokuserer på og hvor længe, giver skærmoptagelser et mindre præcist billede af, hvor brugerens opmærksomhed er rettet. Dog finder flere studier, at øjen- og cursorbevægelser korrelerer i høj grad, fx Rodden, Fu, Aula, & Spiro (2008) som finder tæt ved 0 pixels distance mellem blik og cursor ved onlinesøgningsaktiviteter.

Elevernes self-efficacy

Vi har også data på elevernes oplevede self-efficacy (Tabel 12). Self-efficacy er et individs evne til at mobilisere og opretholde den nødvendige indsats for at gennemføre en opgave eller nå et mål (Bandura, 1991). Som vi kan se, placerer elev 1 sig i den laveste 1/3 i klassen mens eleverne 2-4 placerer sig i den højeste 1/3. Vi har ikke ladet disse værdier påvirke udvælgelsen af elever, men elevernes self-efficacy har vist sig at være en central variabel for at forstå elevernes interaktion med *Rhapsode*.

Tabel 12. Oplevet self-efficacy hos de fire case-elever.

	Efficacy (1-4, hvor højere værdi er højere efficacy) 33. percentil = 2,56 66. percentile = 3,49
Elev 1	1,44
Elev 2	3,78
Elev 3	3,56
Elev 4	3,67

Procedure

Optagelserne er gennemført i elevens hjem på deres egen computer. Eleverne igangsatte selv skærmoptageren og blev ikke monitoreret af hverken forsker eller lærer under arbejdet. Eleverne var på optagelsestidspunktet hjemsendt under Covid-19. Dette gør, at eleverne ikke havde mulighed for samarbejde og 'snyde' computeren gennem samarbejde/hjælp fra deres klassekammerater. Det har vi iagttaget, i andre af vores observationsstudier, at nogle elever gør (se afsnit 10.10.6).

Eleverne måtte, efter aftale med deres lærer, selv vælge, hvilket modul de ville gå i gang med. Det blev desuden aftalt, at hver elev skulle optage 45 minutters arbejde med *Rhapsode*, hvilket alle fire elever har gjort.

Dette forskningsdesign minder meget den brugssituation, som er intenderet fra producentens side og som har været praktiseret af brugere ved ungdomsuddannelser, efteruddannelse og videregående uddannelse. *Rhapsode* bruges således primært som forberedelse, dvs. individuelt arbejde som forberedelse til Face2Face-undervisning.

9.2 Case-analyser

9.2.1 Elev 1

I analysen af elev 1s interaktion med læremidlet udfoldes en del generelle pointer om *Rhapsodes* måde at præsentere indhold. Disse pointer om *Rhapsodes* måde at fungere på gælder således for alle fire case-elever. Desuden forklares det i denne case-beskrivelse grundigt, hvilke typer opgaver elev 1 har været eksponeret for, og hvordan vi har valgt at repræsentere de analytiske fund. Dette gentages ikke ved de tre andre case-elever.

Elev 1 placerede sig i den laveste tredjedel i klassen både med hensyn til matematisk kompetence og motivation for matematikfaget. Eleven valgte til optagelsen at arbejde med modulet "Division 2". Eleven er på de 45 minutters optagelse involveret i 59 aktiviteter, som i *Rhapsode* grupperes i forskellige typer:

- 13 er formidlende tekster, hvor elevens viden ikke testes (men eleven skal evaluere egen forståelse).
- 10 er opgaver, der kræver et enkelt facitsvar.
- 4 er multiple-choice-opgaver, der tjekker forståelse.
- 11 er opgaver, der kræver at eleven skriver to eller flere svar (fx deludregninger af et dividerestykke som omgrupperes).
- 8 er sekvenser, hvor eleven stilladseres ved at udføre trinvis opgaver hen mod en samlet, mere kompleks helhed, typisk en matematisk procedure.
- 13 er såkaldte mathproblems som lægger op til lidt mere selvstændighed (fx skal eleven skrive et stykke op, så det er muligt at dividere).

Elevers færd set som kontakt med læringsmål

I Modulet "Division 2" har eleven arbejdet med et matematisk stofområde som fra *Area9's* side er opdelt i 25 læringsmål. I de to rækker til venstre i Tabel 13 ses de 25 læringsmål i kolonne 2. Læringsmålene står i den rækkefølge, som de har i *Area9's*

taksonomiske rækkefølge. Hvert læringsmål inden for et delområde er fra vores side forsynet med et nummer til identifikation i analyserne (kolonne 1, fra 1.1. til 5.1).

I Tabel 13 ses at rækkerne med de 20 læringsmål, som eleven nåede at arbejde med på de 45 minutter, han har optaget, er forsynet med farvede bokse. Tabellen viser desuden, hvor mange gange eleven har mødt en formidlende sekvens eller opgave, som retter sig mod hvert læringsmål (E1, E2 mv.), samt elevens progression og succes ved hver aktivitet. For hver eksponering er det markeret om eleven svarede korrekt (grøn), forkert (rød), delvist rigtigt/forkert (gul). Tal ved delvist rigtigt/forkert viser procent rigtighed. F markerer at objektet er en forklaring, blå boks med F at det kun er en forklaring, der ikke tester elevens forståelse eller færdigheder. Tal i parentes viser kronologien eller progressionen mellem læringsmål og objekter; (1) er det første læringsobjekt eleven har mødt efter introduktionen til modulet. G markerer at opgaven er en gentagelse af en tidligere (evt. med andre værdier); ved multiple gentagelser markeres hvilket nummer gentagelse der er tale om ved at efterstille tal ved G, fx "G2" (anden gentagelse, dvs. tredje forekomst). I kolonnen yderst til højre ses klassens gennemsnitlige rigtighedsprocent på opgaver inden for læringsmålet.

Tabel 13. Elev 1s færd gennem modulet Division 2.

#	Læringsmål	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Kl. gns.
0	Introduktion							
Rest								
1.1	Husk at "rest" er det der er tilbage efter der er delt lige	(5)						92%
1.2	Bestem resten i en division	(6)						100%
1.3	Udfør enkel division med rest	(14)	(25)	(31)	(38)			57%
1.4	Anvend enkel division med rest i hverdagssituationer	F (19)	50 (26)	F G (32)	(39)			58%
Division af hele 10'ere. 100'er og 1000'er med 10 og 100								
2.1	Divider tal der ender på 0 med 10	(2)	(8)					85%
2.2	Divider tal der ender på 00 med 10	(1)	G (7)					92%
2.3	Divider tal der ender på 000 med 10	(3)						92%
2.4	Divider tal der ender på 00 med 100	F (4)	(10)					50%

2.5	Divider tal der ender på 000 med 100	(11)	G (17)					91%
Divider tal op til 99 med etcifrede tal								
3.1	Divider tal op til 99 trin for trin med grafisk repræsentation	F (9)	40 (15)	80 G (22)	F (28)	F G (34)	G2 (41)	77%
3.2	Divider tal op til 99 trin for trin i hverdagssituationer	44 (16)	69 G (23)	50 G2 (30)	84 G3 (35)	G4 (43)		73%
3.3	Divider tal op til 99 ved hjælp af omgruppering	F (21)	(27)	G (37)	G2 (45)	25 G3 (51)	G4 (57)	53%
3.4	Divider tal op til 99 med 3 - 5 uden rest	F (36)	(44)	G (52)	G2 (58)			41%
3.5	Divider tal op til 99 med 6 - 9 uden rest	(20)	90 G (33)	G1 (40)	G2 (47)	F (49)	G3 (55)	42%
3.6	Divider tal op til 99 med rest							80%
3.7	Anvend division af tal op til 99 i hverdagssituationer	(53)						69%
3.8	Beskriv et hverdagsproblem med et divisionsudtryk							100%
Kvotienter af produkter af 10								
4.1	Brug tabeller til at dividere tal op til 1000 der ender på 0 med etcifrede tal	F (12)	(18)	G (24)				60%
4.2	Brug tabeller til at dividere tal op til 1000 der ender på 0 med hele tiere	(13)						35%
4.3	Divider tal op til 1000 der ender på 0 med etcifrede tal							80%
4.4	Divider tal op til 1000 der ender på 0 med hele tiere							57%
4.5	Divider tal op til 999 med et cifrede tal							0%
4.6	Divider tal op til 999 ved hjælp af omgruppering	(29)	G (42)	G2 8 (48)	F (54)			68%
4.7	Divider tal op til 999 med 3 - 5 uden rest	(46)	G (50)	G2 (56)				52%
4.8	Divider tal op til 999 med 6 - 9 uden rest							83%

Divider tal op til 999 med rest							
5.1	Anvend division af tal op til 999 i hverdagssituationer	(59)					45%

Note: I de to rækker til venstre i tabellen vises læringsmål. Hvert læringsmål inden for et delområde er forsynet med et nummer til identifikation i analyserne. Tabellen viser antal eksponeringer inden for et læringsmål (E1, E2 mv.). For hver eksponering er det markeret om eleven svarede korrekt (grøn), forkert (rød), delvist rigtigt/forkert (gul). Tal ved delvist rigtigt/forkert viser procent rigtighed. Blå markerer at objektet er en forklaring, blå boks med F at det kun er en forklaring, der ikke tester elevens forståelse eller færdigheder. Tal i parentes viser kronologien eller progressionen mellem læringsmål og objekter; (1) er det første læringsobjekt eleven har mødt efter introduktionen til modulet. G markerer at opgaven er en gentagelse af en tidligere (evt. med andre værdier); ved multiple gentagelser markeres hvilket nummer gentagelse der er tale om ved at efterstille talt efter G, fx "G2" (anden gentagelse, dvs. tredje forekomst). I kolonnen yderst til højre ses klassens gennemsnitlige rigtighedsprocent på opgaver inden for læringsmålet.

Elevens forløb gennem modulet fortalt som udvikling i succes og motivation

I starten af seancen (de første 14 aktiviteter) arbejder eleven ret grundigt og har en høj succesrate i forhold til besvarelsen af opgaverne. Han læser opgaveformuleringerne, tænker sig godt om, når han er i tvivl, og på de ret enkle gangestykker i starten af forløbet, går han direkte til besvarelse. Eleven kommer med andre ord godt fra start.

Omkring aktivitet 15, som er en trinvis, stilladseret opgave, der ved hjælp af grafiske repræsentationer viser, hvordan man kan dividere ved at dele stykker op med 10ere, begynder eleven imidlertid at få problemer. Ved første del af opgaven reviderer eleven sit svar flere gange, og ender med at skrive et forkert resultat. I selvvurderingen markerer eleven "Helt blank". Nogle dele af opgaven får eleven rigtigt, andre forkert. Når han svarer forkert skifter han mellem at ignorere feedback eller undersøge den ret grundigt. Men i den sidste del af opgaven bruger han kun ganske kort tid på feedback og tilgår hverken ressourcen "Se mere her" eller læser forklaringen i venstre side af skærmen.

Herfra præges elevens forløb af mangel på koncentration og grundighed mht. at læse instruktioner, forklaringer og undersøge feedback. Det er en ond cirkel, da han kommer skævt ind på opgaverne første gang, han ser dem, og ikke bliver meget klogere gennem sine forsøg, hvorved der er basis for en serie af nederlag i forhold til samme opgave. Ved multiple-choice spørgsmålet i aktivitet nr. 25 klikker han fx tilfældigt rundt mellem mulighederne, afsender på et tidspunkt svaret og konsulterer

ikke efterfølgende feedback. Eller da forklaringen til læringsmål 3.1 gentages efter at eleven har svaret forkert på et par opgaver, sætter han sig ikke ind i forklaringen, men klikker sig hurtigt gennem alle slides og markerer "Ved det" i selvvurderingen. Lidt efter gentager læremidlet forklaringen, måske fordi eleven kun brugte 6 sekunder ved sidste møde med forklaringen. Normalt ville en forklaring blive efterfulgt af en opgave. Men eleven gør det samme ved gentagelsen, klikker sig hurtigt igennem og markerer "Har forstået det". Da eleven næste gang får en opgave relateret til læringsmålet skal eleven løse et regnestykke, der går ud på at han starter med at lave fire bunker med 10 i hver, og han skal bestemme hvor mange han så har fordelt. Eleven tøver et stykke tid og skriver så en masse tal og bogstaver i skrivefeltet og sletter det igen. Klikker lidt rundt på siden på må og få. Skriver til sidst "40", som er korrekt, og markerer "Tror jeg ved det".

I det hele taget virker det som om elevens selvtillid er dalende; hans selvvurderinger ligger stadig lavere som forløbet skrider frem: han markerer "Ikke sikker", "Tror jeg ved det" eller "Helt blank". Selv om læremidlet prompter ham til at forsøge at revidere sit svar på baggrund af et hint i feedback-delen, klikker eleven sig hurtigt videre. Af og til investerer han energi i at svare rigtigt, men har sjældent succes. Ved flere lejligheder klikker han rundt omkring på skærmens action points i stedet for at være on task. Og her slutter elevens optagelse.

Elevens motivation ryger således hurtigt ved modgang, og han virker ikke motiveret for at klare opgaverne, da han sjældent investerer den nødvendige indsats.

Læremidlets sekvensering af opgaver og forklaringer

Rhapsodes måde at sammensætte et læringsforløb er atypisk i forhold til fx et almindeligt trænende digitalt læremiddel som fx *Matematikfessor*. I *Matematikfessor* vælges et specifikt område og en sværhedsgrad, og så løser eleven træningsopgaver af stigende sværhedsgrad inden for området. I *Rhapsode* er et større stofområde som nævnt granuleret i mindre læringsmål. Desuden kan man i *Rhapsodes* dash board se, at et givet områdes læringsmål er opstillet i en taksonomi fra det enkle til det mere komplekse.

Men elevernes færd gennem læringsmålene i *Rhapsode* er på ingen måde ligefrem og lineær, som i et typisk trænende læremiddel. *Rhapsode* repræsenterer det faglige område som en netværksstruktur, hvor eleven kastes rundt mellem læringsmål (punkter i netværket) og op og ned i taksonomisk niveau og sværhedsgrad.

Således kan vi se, at den første opgave, der møder elev 1, relaterer sig til læringsmål 2.2. *Rhapsode* forsøger at finde elevens niveau og første sondering sker ikke i relation til laveste læringsmål, men snarere i udkanten af laveste tredjedel. Elev 1 svarer forkert på første opgave, men læremidlet springer heller ikke af den grund ned til de laveste mål. I stedet får eleven en forklaring i relation til læringsmål 2.2. og derefter en opgave i forbindelse med mål 2.3, som eleven i øvrigt svarer korrekt på.

Typisk i en seance er der i opstarten en overrepræsentation af opgaver fra de lavere taksonomiske niveauer med afstikkere rundt i området. Således også for elev 1. Svarer eleven forkert på et par opgaver får eleven typisk en forklaring og derefter flere opgaver. Men opgaver og forklaringer følger aldrig direkte efter hinanden; typisk går der fx 5-6 aktiviteter før eleven får en opgave, der prøver ham i det læringsmålsindhold, der er blevet forklaret. Og omvendt; ved forkert svar inden for et læringsmål laver eleven 5-6 aktiviteter i relation til andre læringsmål end det, han svarede forkert inden for, og så kommer der enten en forklaring eller en gentagelse af opgaven (evt. med andre værdier).

Desuden skubbes eleven hurtigt videre til nye læringsmål af *Rhapsode*. Læremidlet holder nemlig op med at udfordre eleven inden for et matematisk delområde, så snart læremidlet registrerer eller tror, at eleven mestrer det. Læremidlet vil typisk betragte et læringsmål som afsluttet efter et enkelt korrekt svar på en opgave.

Dette ses fx ved elev 1s møde med læringsmål fra områderne 1.1 og 1.2, som eleven svarer korrekt på i første forsøg. Dette er den eneste gang eleven møder disse to læringsmål. Han får desuden et par forklaringer der vedrører mål i område 2, *Division af hele 10'ere...* og svarer (ud over en enkelt smutter) korrekt på opgaver fra område 2.1-2.3. Disse får han gjort færdige ret hurtigt (ved 17. aktivitet er disse afsluttet). Generelt ses det desuden, at selv om eleven svarer forkert på den første opgave inden for et læringsmål, så kræver det kun et korrekt svar fra eleven før læremidlet sender eleven videre mod nye mål. Enkelte gange har eleven to korrekte svar, før han sendes videre.

Et andet karakteristika ved sekvenseringen af aktiviteter er, at læremidlet ikke på kort sigt lader eleven hænge i samme læringsmål, hvis eleven svarer forkert. På kort sigt kastes eleven videre – også til læringsmål som i taksonomi ligger over det eleven har svaret forkert på. Dette ses fx i forbindelse med elevens livtag med læringsmål 1.3.

Der sker det, at eleven svarer forkert på de første tre opgaver, men korrekt på den fjerde, og så går læremidlet videre til andre mål. Eleven får sin første opgave inden for 1.3 "Udfør division med rest" (Opgaven hedder: $10/3=?$ Rest=?) som den 14. aktivitet, den næste efter det første forkerte svar kommer først som 25. element, igen som 31. og så den sidste gang med en lignende pause, hvor eleven får det rigtigt.

Selv om læringsstien således på ingen måde er lige men snarere uforudsigelig og må forekomme eleven varieret og måske tilfældig, da eleven ikke kan vide hvad han skal forvente af næste opgave, så er der en stor grad af kontinuitet i de mange gentagelser af opgaver, hvis eleven svarer forkert. For elev 1 er der i relation til læringsmål 3.3. fem eksponeringer til samme opgave; generelt vil eleverne møde de samme opgaver, som de svarer forkert på igen og igen indtil de svarer korrekt. Da elevens sidste møde med opgaven i relation til læringsmål 3.3. også udmøntede sig i et forkert svar, kan vi trygt antage at *Rhapsode* vil præsentere ham for opgaven igen, hvis han fortsætter arbejdet ud over de 45 minutter, vi har optaget.

Et andet eksempel på hvordan læringsstierne i *Rhapsode* former sig ses i denne elevs eksponering for læringsmål 1.4, som handler om at anvende division med rest i hverdagssituationer. Her møder eleven først en forklaring, hvor elevens viden ikke testes. I et mere lineært design ville en sådan forklaring blive efterfulgt af opgaver, hvor eleven skal anvende det gennemgåede eller vise, at det er forstået. Men eleven får ikke i *Rhapsode* i første omgang en opgave, hvor eleven skal anvende det han har lært i videoen. I stedet får eleven som det næste en opgave, der er relativt svær fra område 3 (læringsmål 3.5), som han svarer forkert på, derefter en forklaring vedr. læringsmål 3.3. som ikke tester hans forståelse, derpå stilladserede opgaver med forklaringer fra område 3 (3.1. og 3.2) som eleven kun svarer partielt korrekt på. Herefter springes til læringsmål 4.1 (dvs. et par niveauer op! – og eleven svarer da også forkert). Herefter følger en tilbagevenden til 1.3., som eleven havde problemer med i det foregående forsøg (se foregående afsnit) og eleven svarer forkert. Den første opgave, der tester inden for læringsmål 1.4, hedder: "*Ramon skal dele muffins ud i klassen. Han har bagt 25 muffins, og pakker dem i poser med 6 i hver. Ramon kan fylde ? poser og har ? til overs*". Denne svarer eleven delvist rigtigt på, idet han får rest korrekt. Herefter er der fem mellemliggende opgaver, igen fra opgaver på højere niveauer, et gensyn med opgaven vedr. læringsmål 1.3 (igen svarer eleven forkert) og så møder eleven den forklaring vedr. læringsmål 1.4, som forløbet med læringsmålet startede med, igen. 5 opgaver senere kommer så en multiple-choice opgave inden for at anvende division med rest i hverdagssituationer, som eleven svarer korrekt på.

Et andet karakteristiske træk ved denne elevs færden i læremidlet er, at eleven ikke prioriterer at sætte sig ind i de forklaringer, der er. Eleven bruger typisk heller ikke tid på at orientere sig i feedback ej heller på at revidere sine forkerte svar, ligesom han heller ikke trækker på de ressourcer, der er tilgængelige. Eleven lader ikke til at forvente eller være interesseret i at lære noget, han ikke kan i forvejen, og det betyder at eleven egentlig træner helt grundlæggende matematiske operationer (fx at dividere et simpelt stykke) uden at forstå, hvad han skal bruge dem til, fx at han kan bruge omgruppering til at regne sværere regnestykker. Dette ses fx ved elevens gentagne forsøg med en trinvis opgave relateret til læringsmål 3.3, "Divider tal op til 99 ved hjælp af omgruppering". Eleven bliver ved med at gå direkte til svar uden at sætte sig ind i forklaringerne eller læremidlets feedback, og kan derfor ikke komme i mål med opgaven.

For alle fire observerede elever gælder det, at ingen af dem konsulterer ressourcen i venstre side af skærmen (se Figur 11). Automatisk afspilning er slået fra hos dem alle, og de scroller ikke i den skrevne tekst.

Dermed bruger elev 1 læremidlet som et regulært trænende læremiddel; han får svært ved at lære nyt af læremidlet, men kan træne operationer, han kender i forvejen. Den trænende didaktiske funktion i et læremiddel øver eleven i færdigheder eller evaluerer om eleven har forstået noget, men lærer ikke eleven noget nyt. Dette viser sig ved, at eleven går direkte til opgaverne, og ikke orienterer sig i de formidlende elementer i læringsressourcerne.

Som det ses i Tabel 13, når eleven ikke i mål med modulet på de 45 minutter. Flere af læringsmålene er endt med et forkert svar og fem af læringsmålene er slet ikke blevet berørt endnu, da optagelsen slutter. Så der er lang vej endnu for elev 1. Men vi kan også på nogle af de foregående læringsmål se, at eleven faktisk når frem til at svare korrekt, fx ved læringsmål 3.1 og 3.2. Her skal det bemærkes at eleven eksponeres for flere gentagelser af samme opgaver og har adgang til at se de korrekte svar og ofte også en anbefaling til procedure. Om eleven rent faktisk forstår, hvad han skal bruge det han laver til og kan anvende det på andre opgaver, eller om han fx kan huske resultatet/proceduren, må stå hen i det uvisse.

Opsummerende kan vi sige, at læremidlet ikke ser ud til at formå at fastholde motivationen for eleven med relativt lavt matematisk kompetenceniveau og

motivation for faget. Desuden udvikler eleven ikke mestringsoplevelse i løbet af seancen, men mister tværtimod snarere selvtillid i forhold til sin matematiske self-efficacy.

9.2.2 Elev 2

Elev 2 scorer i den laveste 1/3 på den faglige test, men ligger højt i selvrapporteret motivation i forhold til matematikfaget samt self-efficacy. Eleven valgte at arbejde med modulet "Multiplikation 2". I modulet har eleven arbejdet med i alt 23 læringsmål (se Tabel 14).

Som survey- og testresultaterne viste, har elev 2 både høj motivation og self-efficacy men relativt ringe matematikkompetencer. Dette ses tydeligt i hans måde at gebærde sig på i *Rhapsode*. Eleven overvurderer ret konsekvent egne evner, har ret høj selvtillid og en præstationsorienteret (men ikke mestringsorienteret) motivation men mangler grundlæggende matematikfærdigheder/forståelse.

Eleven har en meget høj kadence. Han når at være i kontakt med 114 læringsobjekter på de 45 minutter. Til sammenligning nåede elev 1 59. Han svarer på mange opgaver og er ikke bange for at prøve at svare, og svare hurtigt – også uden at sætte sig ind i opgaveformuleringerne. Han går desuden meget hurtigt gennem forklaringerne, meget ofte uden at sætte sig ind i dem. Eleven udviser således stor motivation i forhold til at svare på opgaverne. Dette sker i kombination med en meget høj grad af self-efficacy i elevens selv vurderinger i *Rhapsode*. Således markerer eleven ret konsekvent, at han "Vidste det" i forvejen ved forklaringer, og at han er sikker på at han svarer rigtigt på opgaverne.

Men som Tabel 14 viser får han mange fejl i sine opgavebesvarelser. Forløbet med opgaverne til læringsmål 2.4 er et godt eksempel på denne elevs høje self-efficacy kombineret med lavt kompetenceniveau. Han svarer forkert på opgaven fem gange, selv om han får de samme opgaver. Desuden markerer han konsekvent, at han er sikker på at vide, hvad det korrekte svar er. I flere opgaver er han ret langt fra at svare korrekt og markerer alligevel "Ved det". Eleven vælger nogle gange ved opgaver at markere "Helt Blank" uden at indsende svar. Dvs. at han typisk enten forsøger sig og er sikker på at han kan det (høj self-efficacy eller selvovervurdering) eller slet ikke forsøger.

Tabel 14. Elev 2s vej gennem et modul i *Rhapsode*.

#	Læringsmål	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	Kl. gns.
0	Introduktion														
Kommutative lov															
1.1	Definer den kommutative lov for multiplikation	F (5)	(11)												71%
1.2	Anvend kommutative lov	(6)													64%
Multipliser med 10, 100 og 1000															
2.1	Multipliser et helt tal med 10	F (3)	(9)	G (15)	G2 (21)	F G (29)	G3 (35)	G4 (41)							75%
2.2	Husk regel for multiplikation med 10	(42)	G (56)	F (62)	G2 (70)										46%
2.3	Multipliser et helt tal med 100	(1)													75%
2.4	Husk regel for multiplikation med 100	(2)	G (8)	F (14)	G2 (20)	G3 (22)	G4 (28)	G5 (36)							54%
2.5	Multipliser et helt tal med 1000	(4)	F (12)	G (23)	G2 (30)										70%
2.6	Husk regel for multiplikation med 1000	F (31)	G (38)	G2 (44)	F G2 (46)	G3 (52)	G4 (58)	G5 (65)	F G3 (71)	G6 (80)					55%
Multipliser tal der ender på 0															
3.1	Multipliser et et-cifret tal og en hel 10'er	(10)	G (16)												58%

3.2	Multipliser to hele 10'ere	(27)	G (37)	G2 (47)	G3 (54)	G4 (63)	F (66)	G5 (73)	G6 (78)	G7 (84)	F G (88)	G8 (94)	G9 (102)		39%
3.3	Multipliser et et-cifret tal og en hel 100'er	F (7)	(13)	G (19)	G2 (25)	G3 (33)									50%
3.4	Multipliser hele 10'ere og hele 100'er	(17)	F (24)	G (34)											44%
3.5	Multipliser hele 100'er	(18)	G (26)	G1 (32)	F (39)	G2 (45)	F G (51)	G3 (57)	G4 (64)	G5 (68)	F G2 (73)	G6 (79)	G7 (85)	G8 (92)	28%
Overslagsregning															
4.1	Identificer korrekt afrunding af tocifrede faktorer i forbindelse med overslag	F (99)	(105)	(109)											67%
4.2	Bestem det tilnærmede produkt af to tocifrede tal	(91)													67%
4.3	Bestem det tilnærmede produkt i hverdagssituationer	(97)	G (106)												67%
Multipliser et-cifret og to-cifrede tal															
5.1	Bestem produktet af et-cifret og et to-cifret tal op til 19 trin for trin med areal-metoden	F (90)	75 (96)	75 G (103)	F G (108)										91%
5.2	Multipliser et-cifret og et to-cifret tal op til 19 med opdeling	F (59)	F G (69)	75 (75)	75 G (81)	F G2 (86)	G2 (93)	G3 (100)							83%

5.3	Multipliser et-cifret og et to-cifret tal op til 99 med opdeling	(40)	75 G (49)	F (55)	(61)	G (67)	F G (74)	50 G2 (83)	G3 (89)	F G2 (95)	G3 (101)	G4 (107)	F G3 (112)	G5 (114)	38%
5.4	Multipliser et et-cifret og et to-cifret tal med lodret opstilling	F (43)	F G (48)	G (53)	G2 (60)	F G2 (76)	G3 (82)	G4 (87)							50%
5.5	Beregn produktet af et-cifret og et to-cifret tal i hverdagssituationer	(98)	G (104)	G2 (110)											77%
Multipliser et-cifrede og tre-cifrede tal															
6.1	Multipliser et-cifrede og tre-cifret tal med lodret opstilling	F (50)	(72)	G (77)											57%
6.2	Multipliser et-cifrede og tre-cifret tal	(111)													64%

Note: I de to rækker til venstre i tabellen vises læringsmål. Hvert læringsmål inden for et delområde er forsynet med et nummer til identifikation i analyserne. Tabellen viser antal eksponeringer inden for et læringsmål (E1, E2 mv.). For hver eksponering er det markeret om eleven svarede korrekt (grøn), forkert (rød), delvist rigtigt/forkert (gul). Tal ved delvist rigtigt/forkert viser procent rigtighed. Blå markerer at objektet er en forklaring, blå boks med F at det kun er en forklaring, der ikke tester elevens forståelse eller færdigheder. Tal i parentes viser kronologien eller progressionen mellem læringsmål og objekter; (1) er det første læringsobjekt eleven har mødt efter introduktionen til modulet. G markerer at opgaven er en gentagelse af en tidligere (evt. med andre værdier); ved multiple gentagelser markeres hvilket nummer gentagelse der er tale om ved at efterfølge tallet efter G, fx "G2" (anden gentagelse, dvs. tredje forekomst). I kolonnen yderst til højre ses klassens gennemsnitlige rigtighedsprocent på opgaver inden for læringsmålet.

Elev 2 kommer ellers relativt godt fra start. Eleven tager sig i starten af seancen god tid til at læse forklaringer og løse opgaverne. Eleven kigger også på en del af feedbacken ved forkert svar. Dette tyder på motivation til at lære. Men allerede fra start får han en del fejl, når han udfordres ud over målområde 1, Kommutative lov.

Ved opgave 14 begynder eleven dog at tvivle på egne evner. Han mødes med et gangestykke som ligger lidt højere i læringsmåls-taksonomi end de foregående opgaver. Eleven udfylder forkert svar og markerer for en gangs skyld "Tror jeg ved det".

Omkring aktivitet 33-51 holder *Rhapsode* sig inden for læringsmålsområderne 2-3. Det skyldes sandsynligvis, at eleven svarer forkert på størstedelen af opgaverne. Efter et kvarters tid begynder læremidlet så småt at skubbe eleven op ad den taksonomiske stige alligevel, selv om elevens præstationer ikke umiddelbart lægger op til en forøgelse af sværhedsgraden. Det betyder, at eleven udfordres over sine evner i lange passager. Omkring aktivitet 61 markerer eleven også atypisk "Ikke sikker" og svarer forkert. Dette kunne være tegn på, at han er ved at miste selvtilliden, som ellers var i top i den første halvdel af optagelsen.

Kigger vi nærmere på elevens møde med opgaver og forklaringer til læringsmål 3.5, kan vi se, at eleven er udfordret af situationen. Han får samlet 9 eksponeringer til den samme opgave, dog med forskellige værdier: Opgaverne er variationer over stykket 800×400 , dvs. multiplikation af hele 100'er. Desuden får eleven den samme forklaring i alt tre gange. Men de otte første gange, han møder opgaven, svarer han forkert. Ved første møde med opgaven svarer han næsten rigtigt, men får et nul for lidt på sit svar. Her kigger han på feedback og udbryder: "For få nuller!". Otte aktiviteter senere møder han opgaven igen, har igen for få nuller i sit svar, men markerer "Ved det". Han klikker på "Vis rigtigt svar" men går for hurtigt videre til at kunne have set, hvad der var galt. Dette mønster gentager sig ved næste eksponering til opgaven seks aktiviteter senere. Syv aktiviteter senere får eleven så en forklaring, som eleven kigger på og markerer "Vidste det". Men han svarer alligevel forkert på den næste opgave, og markerer igen "Ved det". Så gentages forklaringen, eleven markerer igen "Vidste det", men han svarer forkert på de følgende tre opgaver. Ved femte møde med opgaven begynder han for første gang at tvivle på egne evner. På videoen kører han cursoren frem og tilbage mellem "Ved det" og "Tror jeg ved det" ved selvvurderingen, og han ender med at vælge sidstnævnte i sin selvvurdering. Han investerer ikke tid i at undersøge læremidlets feedback og svarer igen forkert på den næste opgave, hvor

han imidlertid igen vurderer, at han "Ved det". På sit niende forsøg med opgaven tager han sig god tid, svarer forkert (igen et nul for lidt) men markerer "Ved det". Så gentages forklaringen for tredje gang; eleven klikker sig lynhurtigt igennem de tre slides i forklaringen uden at kigge og markerer "Vidste det". Han bruger sammenlagt 5 sekunder på det samlede læringsobjekt. Ved ottende møde med opgaven går eleven ned. Denne gang forsøger han ikke at svare, men markerer "Helt blank" uden at udfylde. Han klikker godt nok på "Vis rigtigt svar" som vanligt, men klikker videre uden at kunne nå at kigge på det. Det tyder på at hans self-efficacy er faldende, og at han begynder at tvivle på, at han kan klare det/lære det. Her opfordrer *Rhapsode* eleven til at tage en pause (for anden gang i forløbet), men ligesom sidste gang dette var tilfældet, fortsætter eleven ufortrødent. Læremidlet starter ham op på samme opgave efter den ikke-afholdte pause – og han svarer forkert igen, men markerer "Ved det". En håndfuld aktiviteter senere møder eleven så opgaven igen, han udfylder hurtigt med svar og markerer "Ved det" – og det viser sig at være korrekt. Herefter får eleven ikke flere eksponeringer til læringsmålet (i det optagede forløb).

Eleven gør således en indsats med at svare, men ikke i så høj grad med at sætte sig ind i forklaringerne og konsultere feedback. Det er forbløffende at se, hvor længe han kan opretholde troen på, at han kan svare korrekt på de samme opgaver, på trods af at han gentagne gange får tilbagemeldinger om det modsatte. Men efterhånden begynder eleven altså at tvivle på sig selv. Dette ses også ved at han et par gange retter et korrekt til et forkert svar før afsendelse.

Eleven går helt ned til sidst i det 45 minutters forløb. Han har fået mange gentagelser af de samme opgaver, som han har svaret forkert på. Til sidst gider han tilsyneladende ikke mere. Men i forløbet udviser han en slående vedholdenhed på trods af, at han konstant får at vide, at han svarer forkert. Han har høj tro på egne evner indtil den sidste tredjedel. Han overvurderer sig selv - eller er ubevidst inkompetent med *Area9's* formulering. Han kigger ikke grundigt på forklaringer og oftest heller ikke på feedback, men svarer ufortrødent på de næste opgaver og er oftest sikker på, at han svarer rigtigt. Denne elev går sandsynligvis fra læremidlet med lavere self-efficacy, end da han gik i gang.

Men med undtagelse af tre læringsmål, når han igennem dem - altså formår at producere et korrekt svar til sidst. Så han lærer faktisk noget – med det forbehold at opgaverne gentages igen og igen (med nye værdier), og at han har mulighed for at se

procedure og det korrekte svar. Så spørgsmålet er, om han kan huske svaret eller om han lærer at udføre proceduren.

9.2.3 Elev 3

Elev 3 er kendetegnet ved gode matematikfærdigheder, lav motivation for matematikfaget men høj self-efficacy.

Eleven vælger modulet "Koordinatsystem". Eleven når dog at gennemføre modulet på omkring 18 minutter, hvorfor han også påbegynder modulet "Omkreds og areal". I analysen vil vi koncentrere os om hans færd gennem modulet "Koordinatsystem" da det viser, hvordan læremidlet udfordrer eleven, som enten allerede har lært eller har nemt ved at forstå indholdet og svare på opgaverne.

I Modulet "Koordinatsystem" har eleven arbejdet med i alt 25 læringsmål (se

Tabel 15).

Tabel 15. Elev 3s færd gennem modulet "Koordinatsystem".

Ny#	Læringsmål	E1	E2	E3	E4	E5	Kl. gns.
0	Module introduction						
Definitions							
1.1	Identify the x-axis of a coordinate system						100%
1.2	Identify the y-axis of a coordinate system						88%
1.3	Identify the origin of a coordinate system	F					86%
1.4	Define the origin						65%
1.5	Define coordinates						52%
1.6	Describe the notation convention						60%
1.7	Identify the x-coordinate of a point given by its coordinates	F					57%
1.8	Identify the y-coordinate of a point given by its coordinates		G				65%
Identify a point given its coordinates							
2.1	Select points with the same x-coordinate						82%
2.2	Select points with the same y-coordinate						56%
2.3	Identify a point given its coordinates		G				69%
Write the coordinates of a given point							
3.1	Describe how to find the x-coordinate of a given point						90%

3.2	Describe how to find the y-coordinate of a given point						72%
3.3	Write the x-coordinate of a given a point						100%
3.4	Write the y-coordinate of a given a point						90%
3.5	Describe the meaning of the x-coordinate of a point						
3.6	Describe the meaning of the y-coordinate of a point	F					
3.7	Write the coordinates of a given point		G	G2			89%
Plot a point							
4.1	Plot a point with a given x-coordinate						100%
4.2	Plot a point with a given y-coordinate						75%
4.3	Plot a point given its coordinates	F		G	F	G2	96%
4.4	Given the point (x,y), plot the point (y,x)						47%
Paths and shapes							
5.1	Identify a paths/shape given by points	F		75	F		81%
5.2	Write the coordinates of the corners of a path/shape						52%
5.3	Plot the corner points of a path/shape						36%

Note: I de to rækker til venstre i tabellen vises læringsmål. Hvert læringsmål inden for et delområde er forsynet med et nummer til identifikation i analyserne. Tabellen viser antal eksponeringer inden for et læringsmål (E1, E2 mv.). For hver eksponering er det markeret om eleven svarede korrekt (grøn), forkert (rød), delvist rigtigt/forkert (gul). Tal ved delvist rigtigt/forkert viser procent rigtighed. Blå markerer at objektet er en forklaring, blå boks med F at det kun er en forklaring, der ikke tester elevens forståelse eller færdigheder. Tal i parentes viser kronologien eller progressionen mellem læringsmål og objekter; (1) er det første læringsobjekt eleven har mødt efter introduktionen til modulet. G markerer at opgaven er en gentagelse af en tidligere (evt. med andre værdier); ved multiple gentagelser markeres hvilket nummer gentagelse der er tale om ved at efterstille talt efter G, fx "G2" (anden gentagelse, dvs. tredje forekomst). I kolonnen yderst til højre ses klassens gennemsnitlige rigtighedsprocent på opgaver inden for læringsmålet.

Eleven gennemfører de 25 læringsmål gennem kun 45 interaktioner med læringsobjekter. Som det ses i Tabel 15 så får han blot en enkelt eksponering til læringsobjekter i relation til 13 af de 25 læringsmål. Her ses værdien af, at læremidlet ikke spilder den sikre elevs tid; eleven sendes hurtigt videre, når læremidlet finder ud af, at han mestrer et område.

Læremidlet starter med at bevæge sig inden for området *definitions*. Dette er grundlæggende viden om koordinatsystemer. Eleven starter med at få et par forkerte svar, og dette er sandsynligvis grunden til at læremidlet bliver inden for området en stund. Læremidlet kommer også med et par forklaringer, og herefter svarer eleven overvejende korrekt. Hvis eleven svarer korrekt i første hug, kommer der ikke flere opgaver inden for et læringsmål. Hvis eleven har svaret forkert kommer der en opgave til, og hvis eleven svarer korrekt er læringsmålet fuldført. Præcis som vi ser det med de andre tre case-elever. Herefter, efter området *definitions* er på plads, begynder læremidlet at sende eleven rundt mellem områderne. Der er maksimalt to opgaver fra samme område i træk. Det kører op og ned mellem områderne 2 til 5.

Givet iagttagelsen om, at eleverne typisk sendes hurtigt videre, når de kan svare korrekt på en enkelt opgave inden for et læringsmål, er der et ret overraskende forløb omkring læringsmålet "Plot a point given its coordinates" (4.3). Eleven kommer fint fra start. Han får en forklaring på, hvordan man kan plote punkter ind i et koordinatsystem. Sidst i forklaringen er en opgave, som han svarer korrekt på. 5 opgaver senere kommer en opgave, der tester, om han kan anvende det han fik at vide i forklaringen – denne svarer han korrekt på. Derefter får han en helt identisk opgave (med samme værdier), som han også svarer korrekt på. Lige efter gentages forklaringen med opgaven til samme læringsmål, hvor eleven blot klikker sig videre i stedet for at løse opgaven (hvilket vel er forståeligt historikken taget i betragtning). Og så kommer samme opgave som de to foregående.

Eleven læser generelt ikke forklaringerne i ruden til venstre. Men han kigger grundigt på illustrationerne og den matematisk notation samt forklaringer inde i centerruden. Hvis eleven får en forklaring på noget (som ikke i første omgang bliver testet for forståelse) så går der, ligesom ved de andre case-elever, omkring seks aktiviteter før eleven prøves i læringsmålet.

Eleven har høj metabevindsthed. Han har ikke mange fejl, og er også selvsikker i sin vurdering af egne præstationer, idet han markerer "Ved det" eller "Vidste det" hele 39 gange. Typisk markerer han usikkerhed ved de opgaver, han har fejl i. Det er svært at vurdere i hvor høj grad elevens høje grad af self-efficacy slår igennem, da han ikke bliver udfordret i så høj grad af modulet.

Alt i alt kommer eleven ret hurtigt igennem modulet. Det virker som om han godt kunne stoffet og blot havde brug for en genopfrisker. Elev 3 får genopfrisket eller

hurtigt lært de få ting, som han har glemt eller ikke kunne i forvejen. Som forberedelse til et forløb om koordinatsystem vil *Rhapsode* fungere som et effektivt læremiddel for elev 3.

9.2.4 Elev 4

Elev 4 er ifølge testresultat og survey karakteriseret ved et relativt højt fagligt niveau og høj motivation for matematikfaget. Eleven valgte at arbejde med modulet "Division 2". I modulet "Division 2" har eleven arbejdet med i alt 26 læringsmål. Eleven nåede at være i kontakt med i alt 56 læringsobjekter på de 45 minutter, hun optog (Tabel 16).

Tabel 16. Elev 4s forløb i *Rhapsode*.

#	Læringsmål	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Kl. gns.
0	Introduktion								
Rest									
1.1	Husk at "rest" er det der er tilbage efter der er delt lige	F (3)	(10)						92%
1.2	Bestem resten i en division	(4)							100%
1.3	Udfør enkel division med rest	(26)							57%
1.4	Anvend enkel division med rest i hverdagsituationer	(28)							58%
Division af hele 10'ere, 100'ere og 1000'ere med 10 og 100									
2.1	Divider tal der ender på 0 med 10								85%
2.2	Divider tal der ender på 00 med 10								92%
2.3	Divider tal der ender på 000 med 10	(1)							92%
2.4	Divider tal der ender på 00 med 100	(2)	F (9)	G (16)	G2 (22)				50%
2.5	Divider tal der ender på 000 med 100	(8)							91%
Divider tal op til 99 med etcifrede tal									
3.1	Divider tal op til 99 trin for trin med grafisk repræsentation	F (5)	40 (12)	60 G (18)	F G (24)	F G2 (30)	80 G2 (39)	100 G3 (46)	77%
3.2	Divider tal op til 99 trin for trin i hverdagsituationer	25 (14)	75 G (20)	75 G2 (27)	F (31)	75 G3 (37)	G4 (43)		73%

3.3	Divider tal op til 99 ved hjælp af omgruppering	(6)	F (15)	G (21)						53%
3.4	Divider tal op til 99 med 3 - 5 uden rest	(32)	G (34)	G2 (38)						41%
3.5	Divider tal op til 99 med 6 - 9 uden rest	(25)	G (45)							42%
3.6	Divider tal op til 99 med rest	F (44)								80%
3.7	Anvend division af tal op til 99 i hverdagsituationer	F (33)	F (40)							69%
3.8	Beskriv et hverdagsproblem med et divisionsudtryk	(51)								100%
Kvotienter af produkter af 10										
4.1	Brug tabeller til at dividere tal op til 1000 der ender på 0 med etcifrede tal	F (7)	(13)	G (19)	(52)	G (54)				60%
4.2	Brug tabeller til at dividere tal op til 1000 der ender på 0 med hele tiere	(17)	G (23)	F (29)	(35)	(42)	G (49)			35%
4.3	Divider tal op til 1000 der ender på 0 med etcifrede tal	F (48)	F G (55)							80%
4.4	Divider tal op til 1000 der ender på 0 med hele tiere	F (11)	(50)							57%
4.5	Divider tal op til 999 med et cifrede tal									0%
4.6	Divider tal op til 999 ved hjælp af omgruppering	(36)								68%
4.7	Divider tal op til 999 med 3 - 5 uden rest	(34)								52%
4.8	Divider tal op til 999 med 6 - 9 uden rest									83%
Divider tal op til 999 med rest										
5.1	Anvend division af tal op til 999 i hverdagsituationer	F (41)	(47)	70 (53)	G (56)					45%

Note: I de to rækker til venstre i tabellen vises læringsmål. Hvert læringsmål inden for et delområde er forsynet med et nummer til identifikation i analyserne. Tabellen viser antal eksponeringer inden for et læringsmål (E1, E2 mv.). For hver eksponering er det markeret om eleven svarede korrekt (grøn), forkert (rød), delvist rigtigt/forkert (gul). Tal ved delvist rigtigt/forkert viser procent rigtighed. Blå markerer at objektet er en forklaring, blå boks med F at det kun er en forklaring, der ikke tester elevens forståelse eller færdigheder. Tal i parentes viser kronologien eller progressionen mellem læringsmål og objekter; (1) er det første læringsobjekt eleven har mødt efter introduktionen til modulet. G markerer at

opgaven er en gentagelse af en tidligere (evt. med andre værdier); ved multiple gentagelser markeres hvilket nummer gentagelse der er tale om ved at efterstille talt efter G, fx "G2" (anden gentagelse, dvs. tredje forekomst). I kolonnen yderst til højre ses klassens gennemsnitlige rigtighedsprocent på opgaver inden for læringsmålet.

Elev 4 er ret grundig i sin tilgang til at svare på opgaverne, idet hun tænker sig godt om før svar. Hun bruger også ret lang tid på at sætte sig ind i de forskellige ressourcer – herunder forklaringer. Eleven gør generelt en stor indsats for at svare korrekt og forstå. Eleven klikker dog på et tidligt tidspunkt forklaringen i venstre side væk og den forbliver væk resten af seancen.

Eleven får nogle forkerte svar i starten af sessionen, og læremidlet giver eleven en del forklaringer. Eleven svarer også forkert på en del af de opgaver der tester elevens forståelse i forbindelse med forklaringer. Eleven har således ikke helt nemt ved det. Det er således elevens ret høje grad af self-efficacy der trækker hende igennem, og hendes grundighed kunne tyde på at hun er mestringsorienteret.

Eleven udviser ydermere en høj grad af metakognition. Hun markerer relevant og præcist i selvvurderingerne af, hvor sikker hun er på, at hun har svaret korrekt eller forstået en forklaring, når hun ikke er sikker. Kun tre gange markerer hun "Vidste det" ved en forklaring, og hele 34 gange vurderer hun at hun "Tror det er rigtigt", hvad hun har svaret i en opgave. Seks gange markeres "Helt blank". Denne ydmyghed eller forsigtighed kan være årsagen til, at *Rhapsode* netop med denne elev i flere tilfælde giver supplerende opgaver inden for et læringsmål, selv om eleven har formået at svare korrekt én gang. Hvis eleven ikke føler sig sikker, får eleven opgaver til at konsolidere sin viden og færdigheder. Det er dog ikke til at se, at eleven gennem seancen øger sin self-efficacy eller tro på sig selv. Men i denne elevs tilfælde udmønter motivation og self-efficacy sig i grundighed og påpasselighed i forhold til at sætte sig ind i ressourcerne, hvorved læremidlet kommer til at fungere godt for eleven, som langsomt men sikkert arbejder sig gennem læringsmålene.

9.2.5 Opsummering

Vi lærte en del om hvordan opgaver og forklaringer præsenteres for eleven i *Rhapsode*. Læremidlet prøver fra start eleven af for at finde niveauet. Læremidlet starter således ikke med de nemmeste læringsmål. Og eleven sendes konstant rundt mellem forskellige læringsmål, som kan ligge både højt og lavt i producentens taksonomiske opstilling af læringsmål.

Eleven møder yderst sjældent opgaver relateret til samme læringsmål i sammenhæng. Ved forkert svar mødes eleven af en forklaring eller en gentagelse af opgaven (oftest med nye værdier), men disse kommer først efter at eleven har beskæftiget sig med en variation af opgaver og forklaringer relateret til andre læringsmål. Typisk går der ca. seks aktiviteter før læringsmålet tages op igen.

Eleverne sendes hurtigt videre mod nye læringsmål. Et enkelt korrekt svar er nok til at et læringsmål anses for færdiggjort i *Rhapsode* – med mindre at eleven selv udtrykker tvivl i sin selvsvurdering. Dette kan betyde at eleverne ikke oplever mestring; for nogle elevers vedkommende har de svaret forkert på adskillige opgaver, men når de endelig får et korrekt svar inden for et læringsmål, så går *Rhapsode* videre til andre mål i stedet for at lade eleven konsolidere.

Generelt forsømmer eleverne at tilgå og udnytte de støttende ressourcer læremidlet tilbyder. Alle ignorerer den forklarende boks i venstre side af skærmen, meget sjældent udnyttes muligheden for at revidere svar efter feedback, og det er bestemt heller ikke konsekvent at eleverne undersøger den feedback, de får.

Rhapsode fungerede forskelligt for de fire case-elever.

Rhapsode fungerede ikke optimalt for elev 1, som i test og survey lå i den laveste tredjedel mht. både matematisk kompetence, motivation og self-efficacy. Eleven mistede motivationen og selvtilliden, og formåede ikke at hente hjælp fra læremidlets støttende foranstaltninger. Elev 1 brugte læremidlet som et regulært trænet læremiddel; han fik trænet simple operationer, han kendte i forvejen, men fik ikke lært meget nyt.

Elev 2 var kendetegnet ved en kombination af lave matematiske færdigheder men høj motivation for faget samt self-efficacy. Dette kom til udtryk ved, at eleven var meget vedholdende på trods af, at han fik tilbagemeldinger fra læremidlet om, at han havde svaret forkert på masser af opgaver. Han agerede ikke særligt strategisk i forhold til de støttende ressourcer i læremidlet, men han formåede alligevel at bevæge sig fremad gennem læringsmålene indtil han mistede modet til sidst. Så læremidlet fungerede godt for denne elev så længe hans motivation var intakt.

For Elev 3 som havde gode initiale matematikfærdigheder, lav motivation for matematikfaget men høj self-efficacy ville læremidlet egne sig godt som forberedelse til et forløb om et givet matematisk stofområde. Eleven er potentielt blevet mere bevidst om hvad han kan, og det vil være et godt afsæt for at bygge oven på.

Elev 4 som både lå højt på matematiske kompetencer, motivation for faget og self-efficacy fungerede læremidlet også godt. Modulet, eleven havde valgt, voldte hende udfordringer, men hendes grundighed, mestringsorienterede motivation og self-efficacy førte hende støt og roligt mod at indfri læringsmålene.

Således ser høj self-efficacy ud til at være afgørende for at eleverne får et godt udbytte af at arbejde med *Rhapsode*. Giver eleven for let op eller undlader at investere en indsats, så ser det ikke ud til at *Rhapsode* kan skabe en positiv læringsoplevelse for eleven.

9.3 anbefalinger og opmærksomhedspunkter

- Læreren skal være opmærksom på, at en elev med relativt ringe matematikkompetence og faglig motivation kan have brug for at blive holdt på sporet i forhold til at sætte sig ind i læremidlets forklaringer, konsultere læremidlets feedback ved forkert svar samt at tage sig god tid til at svare på opgaverne. Desuden kan denne elev have brug for at læreren anviser alternative måder at gribe opgaver an på, da læremidlet kun præsenterer én tilgang.
- Læremidlet kan bruges til at afdække diskrepans mellem en elevs self-efficacy og faktiske formåen. Denne diskrepans kan fx udmønte sig i, at eleven er præstationsorienteret i forhold til at svare på mange opgaver, men ikke er indstillet på at lære nyt af læremidlet. I denne situation bør læreren vise eleven, hvordan han gennem læremidlets forklaringer og feedback kan blive klædt bedre på til at løse opgaverne korrekt.
- Da ensartede opgaver gentages ved forkert svar fra eleven, og potentielt gentages mange gange, kan det være svært at vide, om eleven grundlæggende forstår de matematikfaglige sammenhænge, som opgaven kræver, eller om eleven kan

huske tidligere svar og bruger dette til at løse opgaven uden substantiel forståelse.

- Den relativt dygtige elev kan med fordel bruge *Rhapsode* til at genopfriske et stofområde. Læremidlet spilder ikke elevens tid med opgaver, som eleven allerede kan, men går hurtigt videre til sværere udfordringer. Selv om eleven som udgangspunkt ikke er i top hvad angår motivation for matematikfaget, så ser det ud til at eleven kan fastholde opmærksomheden med *Rhapsodes* pace og flow.
- Læremidlet ser ud til at fungere godt i forhold til elever, som er relativt dygtige og motiverede for at lære matematik samt har realistiske vurderinger af egen matematiske kunnen.

10 Læremidlet i praksis – kvalitative undersøgelser af *Rhapsode*

10.1 Indledning

I denne del af rapporten fremlægges empiriske tematikker, som er genereret på baggrund af de kvalitative analyser. Fokus i analyserne ligger på at kortlægge det intenderede og det aktualiserede didaktiske design i matematikundervisningen, og den del af forskningsspørgsmålet, vi forsøger at besvare, hedder derfor: Hvordan udfoldes og forstås didaktisk design af matematikundervisning, når det adaptive læremiddel, *Rhapsode*, inddrages, og hvilken betydning ses det at få blandt de implicerede lærere og elever?

De empiriske data består i feltnoter fra observation af matematikundervisning *uden* inddragelse af *Rhapsode*. I alt 10 klasser blev observeret i første runde. Endvidere besøgte skolerne *efter* det var blevet en forholdsvis almindelig del af matematikundervisningen at arbejde med *Rhapsode*. I denne runde observationer blev 9 klasser fordelt over 5 skoler besøgt, og fra disse besøg blev der som i første runde skabt feltnoter. Den fyldigste og betydeligste del af de empiriske data består imidlertid af transskriberede interviews med lærere og elever. Her deltog 7 lærere i enkeltinterviews og 8 klasser i gruppeinterviews à 3-4 elever; i alt 27 elever. Desuden blev to lærere og deres elever i hhv. en 4. og en 9. klasse observeret i klasserummet i

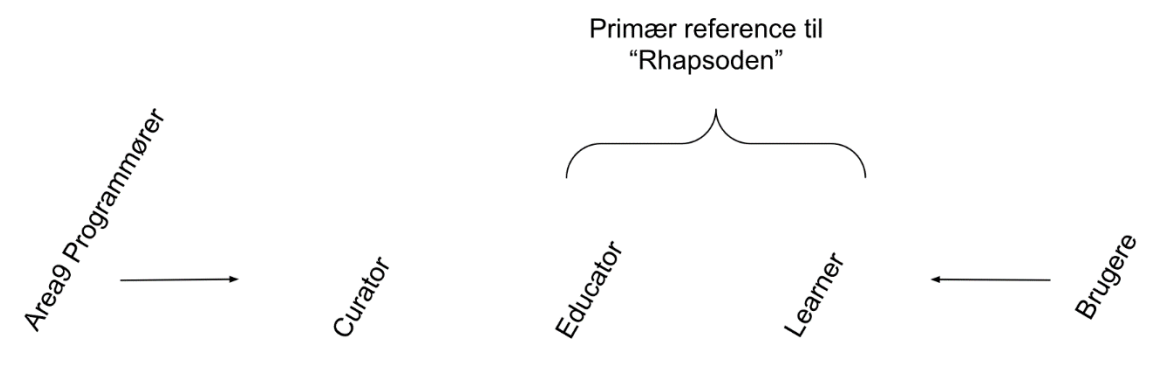
hhv. tre og to *Rhapsode*-involverende moduler (dobbeltlektioner), i alle fem tilfælde kort efter fulgt op af et interview med dels læreren, dels en mindre gruppe særligt observerede elever. Disse fem moduler blev videooptaget og beskrevet i en logbog (Højgaard, 2020a), som kan tilgås via Tomas Højgaards hjemmeside eller ved at klikke [her](#). I logbogen linkes der til udvalgte videoklip fra undervisningen og til lydoptagelse af de gennemførte interviews. Afspilning af begge dele kræver angivelse af kodeordet 'Tomas'.

Det empiriske materiale er siden blevet analyseret med udgangspunkt i en grounded theory-inspireret tilgang (Charmaz, 2006, 2008, 2009; Glaser, 1994, 1998; Thornberg & Charmaz, 2012). Med særlig interesse i og fokus på besvarelse af forskningsspørgsmålet men med et forsøg også på åbenhed over for lærernes og elevernes evt. nye eller overraskende forståelser af læremiddel og matematikundervisning generelt, udvalgte vi overordnede tematikker omkring undervisningsdesign, adaptivitet, elevperspektiver og -strategier og lærerarbejde. I modsætning til klassisk grounded theory har vi i analyserne orienteret os mod en mere konstruktivistisk forståelse af grounded theory, som har rødder i pragmatisme og relativistisk epistemologi (Thornberg, 2012). Denne tilgang "assumes that neither data nor theories are discovered, but are constructed by the researcher as a result of his or her interactions with the field and its participants (Ibid., p. 248). Resultaterne, der kom ud af denne tilgang, kan læses her nedenfor.

10.2 *Rhapsode* som produktionsteknologi og læremiddel

Det er her vigtigt at definere, hvad vi forstår ved "*Rhapsode*". I software design anvender man ofte et kontinuum til at beskrive forskellige niveauer af muligheder for at tage grundlæggende design valg. I den ene ende (backend) tager programmørerne grundlæggende valg af arkitektur, programmeringssprog, mv. I den anden ende (frontend) tager brugerne en række valg ifht. det mulighedsrum der er skabt. Imellem disse to poler ligger der forskellige niveauer, hvor brugere med forskellige rettigheder kan træffe forskellige designvalg (se Figur 12). *Rhapsode* giver mangefacetterede muligheder for at tilrettelægge undervisningsforløb, kuratere indhold, mv. - et såkaldt forfatterværktøj. Dette niveau betegner *Area9 Curator*. De to øvrige niveauer er hhv. *Educator* og *Learner*. Disse er adgangs niveauer for undervisere og studerende. For undervisere gives der mulighed for at åbne og lukke for adgang til ressourcer, følge statistik, mm. For studerende gives der adgang til modulopdelte forløb. De fleste brugere der anvender *Rhapsode* teknologien vil først og fremmest have adgang på de sidstnævnte niveauer.

Figur 12. Forholdet mellem curator, educator og learner i *Rhapsode*.



Når vi i samtaler med lærere og elever og mere generelt i rapporten anvender begrebet "*Rhapsode*" er det derfor den sidstnævnte forståelse af begrebet vi anvender. Dvs. det er det konkrete læremiddel som er i fokus for vores analyse med de valg som der er truffet af Københavns Kommune og *Area9* i forhold til valg af indhold, læringsmål, aktivitetsformer, udtryksformer og ikke mindst den måde den adaptive algoritme er sat op på (konfigureret) i den projektperiode, vi har indsamlet data. Dette er afgørende i den videre dialog mellem lærere, forvaltning og *Area9* i relation til evt. fremtidigt samarbejde. Dvs. rapportens analyser kan ikke anvendes til konklusioner vedr. muligheder og barrierer i selve den produktionsteknologi (forfatterværktøjet) som er anvendt til at udvikle og konfigurere det konkrete læremiddel. Dette har vi i den kvalitative analyse ikke haft mulighed for at iagttage og analysere og derfor inddrages dette ikke i vores analyser og vurderinger.

Fokus for denne kvalitative analyse er derfor det konkrete læremiddel og den konkrete konfiguration af læremidlet som lærere og elever har mødt i perioden, hvor vi har indsamlet data om brug af *Rhapsode*, dvs. i perioden november 2019 til og med februar 2020. Senere udgaver eller konfigurationer af *Rhapsode* behandles derfor ikke i denne rapport.

10.3 Analysetemaer

Det samlede analysemateriale er kodet à to omgange ligesom alt materiale er kodet af mindst to personer. Vores koder har genereret en række temaer om brug og virkning, som vi med henblik på formidling har samlet i fem overordnede temaer:

- Didaktisk design

- *Rhapsodes* adaptionstilgang og elever og læreres oplevelse af adaption
- Adaption i et differentieringsperspektiv
- Konsekvenser for lærerarbejdet
- Elevholdninger til læremidlet.

Til hvert af disse fem temaer er datamaterialet efterfølgende genanalyseret med henblik på fremstilling af en række temaer, som kan understøtte en fremadrettet dialog mellem lærere, skoleledere, forvaltning og *Area9*. De valgte temaer både klassiske temaer hvor projektets aktører har stået mellem to eller flere valgmuligheder, men vi anvender også begrebet til at indfange problematikker som projektets interessenter kan drøfte og forholde sig til i forhold til beslutninger om evt. videre implementering af denne type teknologier i Københavns Kommunes skolevæsen. De valgte dilemmaer lægger her op til beslutninger som kan munde ud i en vifte af fremadrettede handlinger som f.eks. kompetenceudvikling af nye lærere inden brug, beslutninger om graden af og måder at anvende *Rhapsode* på - til beslutninger om den konkrete udformning og konfiguration af *Rhapsode* videre frem.

10.4 Didaktisk design

I det følgende præsenteres vores analyse af den undervisning, vi har kunnet iagttage både med og uden brug af *Rhapsode*. Vi sætter her fokus på det didaktiske design. Et didaktisk design kan være repræsenteret i form af lærernes planer og tilrettelæggelse af et konkret forløb, hvilket vi kun i mindre grad har haft fokus på. Vi har valgt at fokusere på de aktiviteter som konkret kan iagttages i klasserummet dvs. det didaktiske design i praksis med de mål, indhold, organiseringsformer, aktiviteter og læremidler, der har været i spil. Samtidig har vi haft fokus på at iagttage, hvordan et konkret undervisningsforløb på ca. 2 lektioner har været struktureret og afviklet i sekvenser med hver sine aktivitetsformer, funktion og tilhørende medier/læremidler. Perspektivet for vores iagttagelser har derfor generelt været det alment-didaktiske, visse steder suppleret med matematikdidaktiske betragtninger.

10.5 Normalundervisning uden brug af *Rhapsode* (kvalitativ baseline)

Den undervisning, vi har observeret uden brug af *Rhapsode*, viser på en gang 1) en bredde i måder at organisere og tilrettelægge undervisningen på, 2) en variation i lærerpersonligheder samt 3) forskellige syn på læremidler og andre ressourcers funktion og inddragelse i undervisningen. Men på tværs findes der også en række

fællestræk, som alle er relevante for at forstå og drøfte den konkrete integration af *Rhapsode* i undervisningen samt videre drøftelser af *Rhapsodes* potentialer og barrierer i forhold til at understøtte underviserne i at tilrettelægge en god matematikundervisning.

På tværs af klassetrin og lærere kan vi iagttage, at et typisk undervisningsdesign (uden *Rhapsode*) er et forløb på to lektioner, der er opdelt i korte sekvenser med hver sin funktion – sekvenser som kan beskrives med afsæt i hvem der gør hvad med hvilke medier/teknologier/artefakter og med hvilket formål. Et eksempel herpå kan ses i videoklipet [TS191204-A](#), hvor læreren gennemgår det på tavlen opskrevne program for dagens to lektioner.

Typiske sekvenser:

- a) Metakommunikation om dagens program.
- b) Faglig formidling: Introduktion til ny viden eller færdighed
- c) Metakommunikation om læringsaktivitet og medier/teknologier/artefakter.
- d) Sekvens med læringsaktivitet(er) organiseret i hold, gruppe eller makker (undersøgelse – eksperiment, produktion mv) (medie: ofte fysiske artefakter)
- e) Sekvens med aktivitet organiseret individuelt (træningssekvens) (medie: matematikbog, træningshæfte, lærerproduceret opgavemateriale eller digitalt træningsværktøj).
- f) Opsamling mellem hver sekvens samt til sidst.

På tværs kan vi også iagttage lærere, der er meget optaget af klasserumsledelse og overvejelser om, hvordan de skal differentiere deres undervisning.

"Klasseledelse er vigtigt. Jeg vil gerne holde styr på klassen. De må gerne have lyd på, men kun hvis jeg kan skabe ro bagefter. De har lært at der skal være ro, når jeg vil have det." (Lærer)

I forhold til klasserumsledelse kan vi se, at de lærere som har nogle meget indøvede rutiner for opbygningen af undervisningen i særlig grad formår at fastholde elevernes opmærksomhed på formålet med de ovenfor beskrevne sekvenser. I forhold til differentiering er det et fællestræk på tværs af klasser, at lærerne er meget opmærksomme på det differentieringspotentiale, der ligger i at formidle viden med afsæt i dels a) mange forskellige kommunikationsmidler (multimodal kommunikation), b) det potentiale der ligger i at relatere det, som eleverne skal lære

til deres egen erfaringshorisont gennem cases, fortællinger, hverdagslivs-artefakter eller -symboler, ligesom de er meget opmærksomme på c) det potentiale der ligger i at tilegne sig konkret viden eller færdigheder gennem mange forskellige typer af læringsaktiviteter.

Der er her dog også forskel på lærerne, idet nogle lærere anvender en bred vifte af læringsformer (aktiviteter) mens andre inddrager en mere smal vifte af læringsformer. Tager vi afsæt i den typologi for læringsformer, der er beskrevet i nyere teori om didaktisk design (Laurillard, 2012), kan vi se, at nogle lærere udnytter hele paletten af muligheder samt det potentiale, der ligger i at sammensætte et undervisningsforløb af flere forskellige typer af læringsaktiviteter. Disse lærere udnytter således potentialet i både: *instruktion/formidling*, *undersøgelse/eksperiment*, *diskussion*, *samarbejde (kollaboration)* og *produktion*. Særligt den type aktivitet, som er undersøgelse/eksperiment med fysiske artefakter er udbredt i matematikundervisning især i de mindste klasser.

Der er desuden også forskel på, hvordan man derudover arbejder med differentiering, idet nogle lærere primært orienterer sig mod at tænke det som "individualisering", hvor eleverne enkeltvis møder tilpassede opgaver og ressourcer, som de arbejder individuelt med, mens andre også inddrager det at tænke fællesskabet ind som en differentieringsmulighed. Dette ses særligt i en udfordring, der er fælles for alle de lærere, vi har observeret. Nemlig lærerstøtte eller "lærerhjælp".

"Jeg er jo vant til, at de rækker hånden op, og så går jeg hen og hjælper dem, og ellers er det jo sådan at så sidder der en masse og råber op en og siger "XX kom lige" eller kommer og hiver en i armen... det kan jo være en kæmpe stressfaktor." (Lærer)

Alle lærere i projektet har stort fokus på den rolle som læreren har i at stilladsere de elever, der har vanskeligheder hvad enten det er a) fagligt, b) i forhold til motivation eller c) i forhold til at forstå lærebogens forklaringer (tekster) som kan være i et sprog eleverne har svært ved at forstå. Sidstnævnte hjælpefunktion, hvor læreren "medierer" mellem lærebogens sprog og elevernes sproghorisont er her særlig udbredt i de mindre klasser.

Men herved opstår et meget stort problem, der generelt kendetegner normalundervisning i folkeskolen. "Lærerhjælp" er en knap ressource, der er "kamp" om at få adgang til. Enkelte lærere har her udviklet systemer, hvor eleverne kan skrive

sig op til lærerhjælp, mens andre lader eleverne stå i kø ved lærerbordet som en metode til at administrere dette. Generelt er der stor frustration hos lærerne over ikke at have ressourcer nok til at hjælpe alle elever.

"Den dårlige samvittighed synes jeg også tit det er det der med at man ikke synes man når den enkelte elev i forhold til deres niveau" (Lærer)

"Jeg synes man bliver mødt af utrolig meget dårlig samvittighed fordi man ikke nåede rundt og man tænker sådan når man går ud af klassen "var den der elev egentlig i skole?" (Lærer)

Nogle af de lærere, vi har observeret, har imidlertid en anden tilgang til "hjælpefunktionen" end blot at indlejre den i lærerens arbejde og funktion i klassen. De tænker "distribueret" om dette dvs. de fordeler hjælpefunktionen mellem a) læreren, b) artefakter som har supplerende forklaringer til lærerinstruktionen/lærerformidlingen samt c) ser klassefællesskabet som en potentiel hjælperessource.

I forhold til at distribuere hjælp i artefakter (læringsressourcer) kan vi her se, at disse lærere både bruger traditionelle artefakter som plancher mv. der er placeret i klasselokalet. Enkelte lærere anvender også en metode - vi i anden sammenhæng har dokumenteret har et stort potentiale (Nortvig & Gynther, 2017) - idet de fastholder (medierer) og "fordobler" læreren og lærerens formidlinger og instruktioner gennem videooptagelser enten af dem selv eller af "eksperter", de har fundet på nettet. Disse supplerende ressourcer kan eleverne tilgå fleksibelt, når de har brug for det. Særligt denne tilgang ses især hos de lærere, der enten ser lærebogen som et supplement eller slet ikke anvender lærebøger, idet de producerer alle læremidler selv (enten gennem egenproduktioner, eller ved at linke til eksterne ressource på nettet) læremidler som de typisk placerer i den understøttende læringsplatform, *Meebook*, de anvender.

I forhold til at distribuere hjælpefunktionen til klassefællesskabet, så hænger dette valg også sammen med en anden forskel på de lærere, vi har observeret. Der er enkelte lærere som meget systematisk har opbygget en social læringskultur organiseret omkring faste makkerpar, gruppeteams samt klassen som helhed, og de har i deres planlægning af undervisningen formuleret opgaver, der kun kan løses gennem samarbejde i en af disse tre organiseringsformer. Dvs. de har taget afsæt i en opgavedidaktik, hvor samarbejde er indbygget som en nødvendighed i at løse opgaven. Dette er så suppleret med en generel kultur i klassen, der handler om, at

man altid kan spørge en anden elev om hjælp, hvis man har svært ved at løse en opgave.

"Jeg lægger vægt på en varieret organiseringsform. Jeg har lavet faste elevteams og makkerpar og veksler mellem individuelt arbejder og holddialoger/fælles samlinger. Jeg forsøger at lave gode opgaver til elevteamsene – hvor alle skal bidrage og hvor der er god dialog mellem eleverne selvom det er svært at finde på gode opgaver." (Lærer)

"Så de opdager også selv så småt det her med, at især når de også hjælper hinanden, at de får sat et sprog på" (Lærer)

10.6 Didaktisk design med *Rhapsode*

I projektet integreres altså et nyt læremiddel, *Rhapsode*, til brug i matematikundervisningen i nogle af København Kommunes skoler og skoleklasser. Dvs. teknologien indgår i et samspil med en konkret *uddannelseskultur* (folkeskolen) og en (eller flere) forskellige *undervisningskulturer* for, hvordan man i kommunens skoler arbejder med matematikundervisning i folkeskolen jf. ovenfor.

10.6.1 Assimileringsstrategi

Et vigtigt fund er her, at selv om projektet fra kommunens side er understøttet af et kompetenceudviklingskursus (om kompetenceorienteret matematik) samt flere introduktioner til læremidlet fra producentens side, så er det særligt ved projektstart meget tydeligt, at lærerne starter med at forsøge at *assimilere* læremidlet ind i det didaktiske design, de plejer at anvende. Et eksempel herpå kan ses i det ovenfor refererede videoklip [TS191204-A](#), som er fra opstarten af det første videofilmte modul i 4. klasse. Det program for modulet, som læreren gennemgår for eleverne, består af et tilrettelæggelsesdesign, som både lærer og elever kender og er trygge ved, i dagens anledning suppleret med en *Rhapsode*-aktivitet placeret sidst i modulet. Assimileringsstrategien etablerer særligt ved projektstart en række udfordringer, som vi vil belyse i det følgende.

10.6.2 Læremidlers funktion i en uddannelseskontekst

*Rhapsode*teknologien og de konkrete læremidler, der kan produceres med afsæt i denne produktionsteknologi, har nogle helt særlige affordances (potentialer og rammesætninger), som adskiller det fra de læremidler, lærerne i projektet normalt anvender. *Rhapsode* kan potentielt set overtage alle de funktioner, vi normalt kender fra en undervisningssituation, hvor en lærer og nogle elever interagerer med nogle

bestemte læringsmål for øje. Teknologien er da også anvendt i anden sammenhæng til kompetenceforløb i virksomheder, hvor teknologien stort set gennemfører alle de aktiviteter, vi normalt forstår ved undervisning. I en dansk uddannelseskontekst er dette perspektiv næsten ukendt, og det er sjældent man støder på uddannelser, hvor man lader en teknologi overtage undervisningen inden for f.eks. en del af et fagområde.

I stedet lader man inden for nogle voksenuddannelser *Rhapsode* overtage en enkelt sekvens af den samlede uddannelsespraksis, idet den her bruges til at understøtte elevernes forberedelse (lektielæsning) – hvilket vi bl.a. ser i gymnasieuddannelser og sygeplejerskeuddannelser, der anvender *Rhapsoder*. Her erstatter *Rhapsode* traditionelle lærebøger og indgår i en uddannelsesstruktur, hvor *Rhapsode* anvendes til de studerendes forberedelse, mens den fysiske undervisning med en lærer tager afsæt i denne forberedelse. *Rhapsodes* potentielle læringspotentiale forventes her at bidrage til bedre forberedte elever. Endvidere muliggør teknologien, at lærerne kan iagttage elevernes forberedelse (tidsforbrug og læringsvanskeligheder), inden de tilrettelægger tilstedeværelsesundervisningen. Når *Rhapsode* anvendes til lektielæsning (forberedelse) til undervisningen, kan læreren med afsæt i datarapporter etablere et blended design, hvor den fysiske undervisning kan designes som *tilpasset* undervisning med særlig fokus på de læringsmål eleverne har svært ved. Når *Rhapsode* alene anvendes i tilstedeværelsesundervisningen er dette ikke muligt.

Ved projektstart var det imidlertid tydeligt, at *Rhapsode* hverken blev anvendt til at erstatte undervisningen i udvalgte dele af matematikfaget – ligesom den heller ikke blev anvendt til elevernes lektielæsning.

"Det kan ikke være sådan, at jeg giver dem "nu skal vi til at i gang med decimaltal, det har i fået for i Rhapsode, det skal i lave derhjemme som lektier" og så kommer vi og så regner vi med, at alle kan det, altså det kan ikke lade sig gøre." (Lærer)

"Altså ikke før undervisningen. Hvis vi tænker at det er før et nyt emne så ville jeg aldrig bruge det". (Lærer)

Det vi i stedet kunne iagttage var et forsøg på at integrere en teknologi - der ikke som udgangspunkt er produceret til brug i selve undervisningen – i selv samme undervisning. Lærernes strategi i begyndelsen af projektet var her at iagttage (typologisere) *Rhapsode* inden for en allerede kendt gruppe af digitale læremidler, både de selv og deres elever var rutinerede i at bruge.

10.6.3 Digitale værktøjer til færdighedstræning

Lærerne forsøgte således først at assimilere *Rhapsode* ind i det didaktiske design, de plejede at anvende og her typisk bruge *Rhapsode* som erstatning for eksisterende digitale træningsteknologier. *Rhapsode* blev kort og godt assimileret ind i det, som vi i den kvalitative baseline har kaldt for "træningssekvensen" i det didaktiske design.

"Jeg opfatter Rhapsode som udelukkende færdighedstræning". (Lærer)

"Overordnet helt klart "træner". (Lærer)

"Jeg brugte Rhapsode til at være træning i et emne vi lige er gået i gang med". (Lærer)

"Det er sådan en elektronisk måde at lave noget færdighedstræning på." (Lærer)

"Det er klart mere en "træn noget i allerede har lært"-funktion." (Lærer)

At se *Rhapsode* som et supplement eller alternativ blandt flere mulige træningsværktøjer er der flere lærere, der lægger vægt på.

"Jeg har brugt det som en måde at supplere, altså som en måde ligesom at træne på, og det har fungeret udmærket som et alternativ til de andre læremidler f.eks. matematikfessor". (Lærer)

*"Jeg tænker godt det kan bruges, som en støtte når vi har introduceret et nyt emne, som en støtte til at få trænet et emne og jeg synes også det, jeg synes det er en fin mulighed at have som et alternativ. Jeg er sikker på at hvis vi havde brugt "Matematikfessor" lige så meget som vi har brugt *Rhapsode* så ville jeg være røv træt af det også. Så det der med at kunne variere lidt mellem læringsportaler er en dejlig ting." (Lærer)*

At assimilere *Rhapsode* ind i den kendte træningssekvens i det didaktiske design skaber dog en række udfordringer:

Rhapsode er ikke designet (kun) til træning men til at udføre alle de funktioner, som eksisterer i en traditionel undervisningssituation herunder faglig formidling, organisering, opgaveformulering, hjælp, evaluering og sekvensopbygning af forløb. Lærernes vante didaktiske design - som er kendetegnet ved en sekvensstruktur, hvor læreren først introducerer til ny viden eller nye færdigheder, som efterfølgende udfoldes gennem forskellige typer af aktiviteter, og først sidst i undervisningen arbejder eleverne individuelt med at træne det nye - bliver derfor udfordret.

Eleverne beskriver denne sekvensopbygning på følgende måde:

"Det er meget tit efter vi er blevet færdige med sådan en lille ting vores lærer lavede så bagefter skal vi sidde inde på Area9 resten af timen." (Elev, 4 klasse)

"Ja det er sådan han forklarer det forløb vi er i nu og så går vi normalt ind på Area9, og så hvis vi er blevet færdige før tid så går vi bagefter ind på Matematikfessor". (Elev, 4 klasse)

"Inden vi begynder med Rhapsode så kommer (xx lærer) og så fortæller hvad vi skal lære om, så vi ikke har så svært ved det". (Elev, 4 klasse)

Bruges *Rhapsode* udelukkende som træningsværktøj integreret i ovenstående sekvensopbygning, sker der det, at læreren først introducerer til noget fagligt, som *Rhapsode* efterfølgende også introducerer til eller *Rhapsode* introducerer til noget, som læreren ikke har introduceret til – begge dele til lærerens ærgrelse.

"De støder på kvadratsætningerne her (i Rhapsode). Det bliver jeg nødt til at gennemgå med dem først for ellers er der nogen som bliver rigtig frustrerede". (Lærer)

"Jeg tænker den er god til repetition. Jeg vil være nervøs for at det er den som skal præsentere nyt stof." (Lærer)

For at undgå at eleverne møder nyt stof i *Rhapsode* er der nogle af lærerne, som anvender *Rhapsodes* mulighed for, at læreren selv kan sammensætte det konkrete læremiddel til sin klasse med afsæt i Educator-funktionen.

"Jeg kan jo fjerne noget indhold, hvis jeg ikke vil have, at de bruger det". (Lærer)

"De elever der har kørt den lige vej, eller mere lige vej, de skulle ikke nå hen til noget som jeg ikke var klar på. Derfor fjernede jeg det som handlede om stambrøker, der var noget der handlede om addition med brøker og subtraktion med brøker, og de 3 dele fjernede jeg til at starte med." (Lærer)

Et godt spørgsmål som flere lærere undervejs stiller sig er, om man skal lade hele materialet være åbnet eller om man skal remixe materialet. Enkelte lærere fortryder, at de har lukket for dele af materialet.

"Der fortrød jeg lidt jeg havde gjort det fordi det blev faktisk mere forvirrende, at jeg så skulle ind og åbne op for resten. Jeg tror man skal åbne for det hele". (Lærer)

10.6.4 *Rhapsode* som formidler

Flere lærere forsøger senere i projektforsløbet at eksperimentere med at bruge *Rhapsode* først i et undervisningsforløb (og derved overtager eller forbereder til lærerens introducerende formidling). Eksempler herpå kan ses i videoklippen [TS200120-A](#), hvor læreren i den filmede 4. klasse over for eleverne orienterer om og motiverer en sådan ændring i brugen af *Rhapsode*, og i videoklippene [KK191212-A](#) og [KK191212-C](#), hvor læreren i den filmede 9. klasse henholdsvis orienterer om og motiverer en tilsvarende ændring.

I de opfølgende *Rhapsode*-fokuserede interviews ([TS200120-interview-lærer-Rhapsode](#) og [SS191212-interview-lærer-Rhapsode](#)) diskuteres fordele og ulemper ved forskellige placeringer af *Rhapsode* i et undervisningsforløb. Begge de filmede lærere synes det fungerer godt at bringe programmet i spil tidligt i et forløb, men generelt er der blandt de interviewede lærere blandede holdninger hertil, hvilket nedenstående citater giver smagsprøver på.

"For at prøve at vende den om og se om okay kan Rhapsode i stedet for at jeg lærer dem noget og de træner det i Rhapsode så prøve at se okay de møder noget nyt i Rhapsode, kommer det til at give mening for dem, ikke? Og det gik fint. ... Jeg synes det var fedt mindre taletid fra min side af". (Lærer)

" Det var spændende at få den oplevelse, men det var først efter noget tid at jeg turde gøre det, at sige til eleverne, nu vender vi den om, nu prøver i først Rhapsode og så bagefter så taler vi om hvad var det nye". (Lærer)

Enkelte lærere omtaler denne ændring som en form for "flipped learning" eller "flipped classroom."

"Det handler rigtig meget om rækkefølgen, hvornår er det at man spiller det (Rhapsode) ind i forhold til et forløb. Det der har vist sig, i hvert fald hos mig og i min klasse, er at jo tidligere vi har Rhapsode på banen i forhold til forståelse af fagområdet, forståelse af brug af formler eller hvordan beskriver man algebraiske udtryk eller hvad det nu er vi har arbejdet med, jo tidligere man har det inde som sådan en slags, næsten sådan et flip learning. I virkeligheden så kunne man næsten bruge det som flipped learning." (Lærer)

"Der lavede vi ligesom den maksimale belastning på systemet på den måde at vi sagde de får lov at prøve division for allerførste gang, de har ikke modtaget undervisning af mig, vi går bare

i gang med programmet og så ser vi hvor lang de kommer for så at se hvad kan det, altså kan det virkelig tage dem i hånden og være sådan en flipped classroom situation.” (Lærer)

De lærere som efter noget tid begyndte at ændre på sekvensrækkefølgen i deres *Rhapsode* integrerede didaktiske design var samtidig opmærksomme på, at de her var i gang med en ændring af skolekulturen:

”Så det er jo også at vende den om fordi at vi alle sammen er skolet til den anden vej rundt, læreren siger det først og så lærer du det bagefter ikke? Eller så øver du det selv bagefter ikke? Så det har jeg oplevet med f.eks. stambrøker er at det kan man godt men det er det eneste (faglige emne) jeg har prøvet det med.” (Lærer)

Det var dog ikke alle lærere, som havde gode erfaringer med at bruge *Rhapsode* til den sekvens i didaktiske design, hvor ny viden eller færdigheder introduceres for eleverne.

”Det kan ikke lade sig gøre hvis de skal starte med det i klassen fordi så får jeg verdens længste kø af elever der skal have hjælp. Det er ikke lykkedes for mig at få det til at fungere som et værktøj, der ligesom introducerer emner.” (Lærer)

Enkelte lærere har kun overvejet muligheden af at starte med *Rhapsode*, men ikke afprøvet det i den periode vi har indsamlet data.

*”Jeg har snakket med min kollega, om man ikke også kunne gøre det omvendt, hvor man starter med *Rhapsode*. Lige får den sat i gang og så efterfølgende tager den snak man normalt plejer at have i fællesskab, det kunne man også godt have afprøvet, det har jeg så ikke afprøvet, så det kunne også være en mulighed, så jeg tror sagtens de (eleverne) kunne gøre det.” (Lærer)*

10.6.5 Eleverfaringer med *Rhapsode* som formidler

Flere elever oplever det som en fordel at starte med *Rhapsode* og bruge den som afsæt for andre typer af aktiviteter i undervisningen.

*”Så nu er vi begyndt at lave *Rhapsode* først. Jeg synes det har hjulpet, man er sådan bedre kommet ind i emnet når man har lavet *Rhapsode* først.” (Elev, 4 klasse)*

At bruge *Rhapsode* som formidler skaber imidlertid også nye udfordringer i klasserummet, da eleverne ikke er færdige med *Rhapsode* på samme tid. En elev oplever dette på denne måde:

"Her forleden så skulle vi lave hvad hedder det Rhapsode indtil vi kom over til kvadratsætningerne og alle folk der var ovre på kvadratsætningerne de skulle vente på de andre der ikke var færdige. De skulle bare sidde på Matematikfessor. Så det er som regel det, det ender med fordi at han (læreren) bruger nemlig Rhapsode til at sådan, vi lærer om nye ting og så skal vi bare få forklaringen masser af gange så vi husker det, det er sådan jeg tror han mest bruger det." (Elev, 9 klasse)

10.6.6 At automatisere repetitionssekvensen

At en teknologi kan overtage en bestemt sekvens af undervisningen er "genopfrisk-funktionen" i *Rhapsode* et godt eksempel på. Det er også den funktion, som mest uproblematisk kan integreres i lærernes kendte undervisningsdesign og både lærere og elever kan se potentialet i funktionen. Nogle af eleverne formulerer det på denne måde:

"Den gør sådan at, den siger bare til en at man skal genopfriske efter nogle ligesom 1 eller 2 dage, så det der, lærerne de skal ikke gøre noget, Rhapsode den gør det bare helt automatisk." (Elev 9 klasse)

"Lærerne siger ikke til Rhapsode at man skal genopfriske det, Rhapsode gør det helt selv." (Elev 9 klasse)

10.6.7 *Rhapsode* som opbevaringsfunktion

Enkelte lærere bruger direkte det, at *Rhapsode* kan overtage dele af undervisning som en strategisk mulighed for at kunne give mere lærertid til andre elever. Dvs. se "differentiering" som differentiering af lærertid.

"Jeg har brug for at kunne afsætte klassen så de er sådan relativt selvkørende og så at kunne tage nogen mindre grupper ud, enten enkeltvis eller mindre grupper, jeg laver næsten aldrig længere udelukkende Rhapsode, der er altid et eller andet der kører ved siden af hvor jeg så kan bruge det som en måde at frigøre noget tid." (Lærer)

"Det (arbejde med Rhapsode) samarbejder med de andre ting vi laver, at det kan være noget der giver plads til at jeg kan have mindre grupper på den ene eller anden led, og sådan er det faktisk også når vi har en ekstra ressource i klassen, så kan det også være sådan at vi er 2 der tager grupper ud og så de resterende sidder med Rhapsode." (Lærer)

Lærerne står her imidlertid i et dilemma, idet læremidlet på den ene side frigiver lærertid, der kan anvendes i et differentieringsperspektiv (se nedenfor) - men det samme kan også opleves som, at læremidlet har en "opbevaringsfunktion", hvilket flere lærere er opmærksomme på.

"Så var det delvis lidt opbevaring, sådan så jeg var fri til at kunne snakke med nogle elever lidt ad gangen om nogle andre opgaver, nogle lektier de havde for, så de ligesom sad på deres pladser med deres computere og arbejdede med Rhapsode og så kunne jeg ligesom tage nogen op lidt ad gangen og snakke om noget andet" (Lærer)

"Så er det måske sådan et eller anden form for opbevaring i det tidsrum hvor jeg så snakker med nogen andre om lektier" (Lærer)

"Det giver noget ro, noget opbevaring. Som frigør noget plads til at man kan tage nogle svage eller stærke eller nogen mindre grupper ad gangen som jeg så har lidt ro til at arbejde med. (Lærer)

10.6.8 Individualiseret læringssyn

Et opmærksomhedspunkt for flere af lærerne er, at *Rhapsode* kun kan bruges til organiseringsformen "individuel arbejde". Dette etablerer et dilemma mellem den traditionelle undervisning, hvor lærerne jf. baseline beskrivelsen ovenfor (for det meste) veksler mellem mange forskellige organiseringsformer og så *Rhapsodes* potentiale, der kun kan realiseres ved individuel brug. *Rhapsode* udgrænser kollaborative læreprocesser og læreprocesser, der tager afsæt i eksperimenter med fysiske objekter.

"Og så er det 40-45 minutter som er individuelt arbejde, i hvert fald i udgangspunktet sådan som det er lagt op at vi skal bruge Rhapsode, så det gør også at så er der ikke andre typer opgaver hvor de skal sidde alene og arbejde, så er alt andet enten i plenum eller i gruppearbejde, og det er en forskel fra før, der kunne jeg nemt have opgaver som var at sidde, altså regn det her ud for dig selv, men det har jeg ingenting af fordi jeg tænker det skal ikke være halvanden time hvor man sidder alene og arbejder." (Lærer)

10.6.9 Eleverfaringer med individualiseret læring

Der er stor forskel på elevernes syn på den mere individualiserede læringstilgang. Nogle elever savner en social tilgang til læring, som de kender fra undervisning uden *Rhapsode*.

"Altså vi er jo vant til at arbejde meget i makkerpar sammen. Nu er vi gået over til at man skal sidde selv med et helt nyt program. Så ville det være fedt hvis man sådan havde en makker til at komme i gang med det, især når det er et helt nyt program så vil man gerne lige kunne arbejde sammen, bare lige i starten i hvert fald." (Elev 4 klasse)

"Jeg kan bedre lide når man kan tale om tingene." (Elev 4 klasse)

Der er dog også en stor gruppe elever, som synes det er rart at arbejde alene. De har her mange forskellige begrundelser for dette.

"Jeg synes faktisk det er meget rart at arbejde alene, jeg synes det kan være lidt frustrerende at skulle være sammen om en opgave nogen gang hvis det sådan er ret simpelt." (Elev 4 klasse)

"Det er godt på grund af nogen gange hvis man arbejder sammen så hvis jeg laver en rigtig svar så den jeg arbejder sammen med den kan bare kigge og skrive det samme." (Elev 4 klasse)

"Det er bedre hvis du laver det alene så lærer du det selv, men man lærer ikke noget selv ved at kigge efter sin makker." (Elev 4 klasse)

"Jeg synes det er godt at arbejde alene fordi det er sådan man kan godt blive uenige hvis man er sammen, og så ved man ikke hvad man skal skrive." (Elev 4 klasse)

"Jeg kan godt lide at arbejde alene fordi hvis jeg arbejder sammen så spørger sådan alle sammen mig." (Elev 4 klasse)

Spørger vi de elever, der er glade for den individualiserede undervisningsform om, hvordan de vurderer dem selv fagligt i matematik, tegner der sig et tydeligt billede. Det er særligt gruppen af mere fagligt stærke elever, der er glade for den individorienterede undervisning, hvilket de begrunder i, at de ikke skal vente på resten af deres klasse, men kan køre hurtigt igennem *Rhapsode*.

10.7 Elever og læreres oplevelse af adaptation

Centralt i projektet er erfaringerne med *Rhapsode* som et "adaptivt læremiddel". Hvordan er *Rhapsode* adaptiv? Hvilke forventninger har lærerne til denne adaptivitet? Hvilken virkning har læremidlets adaptive processer for lærernes

undervisningstilrettelæggelse? Hvilke erfaringer og oplevelser har lærerne og eleverne med *Rhapsode* som adaptivt læremiddel efter de har afprøvet den? Og ikke mindst hvordan spiller *Rhapsodes* adaptationsform sammen med forskellige elevgrupper herunder grupperinger af matematikfagligt stærke og matematikfagligt svage elever samt elevgrupper med forskellige læsekompetencer. Disse spørgsmål vil vi belyse i det følgende. Afslutningsvis sætter vi særligt fokus på *Rhapsodes* "udtryk" dvs. måder at formidle viden og færdigheder. Eller med et lærer- og elevbegreb "*Rhapsodes* forklaringer", og vi ser nærmere på, hvad det betyder, at *Area9* med afsæt i teori om effektiv kommunikation har valgt ikke at arbejde med "adaptive forklaringer".

Inden vi analyserer datamaterialet i forhold til kategorien adaptation med henblik på at belyse opmærksomhedspunkter knyttet til denne kategori, vil vi indledningsvis definere vores egen forståelse af dette begreb. Givet emnets kompleksitet tilbyder vi her blot en kort diskussion.

Begrebet adaptation er almindelig kendt fra evolutionær videnskab, som arternes tilpasning i relation til et miljø. I populær form 'den bedst tilpassede overlever' (Darwin, 1859; Spencer, 1855). Ideen kan, bl.a. af historiske årsager, ikke uden videre kobles til uddannelse uden uheldige konnotationer. Der findes også umiddelbare indvendinger til anvendelsen af begrebet i læringsammenhæng som f.eks. at mennesket, for at øge sine chancer for succes, snarere ændrer miljøet til sit behov, end tilpasser sig omverdensbetingelserne, som de er (Cronbach, 1957).

Men der er en mere presserende årsag til at 'adaptation' ikke kan forstås på dette meget overordnede og abstrakte niveau i relation til adaptive teknologier. Selvom ordet anvendes i samme betydning af tilpasningsdygtighed, refererer 'adaptiv,' i modsætning til hos Darwin, ikke til arter (dvs. i dette billede populationen af elever) der tilpasser sig et miljø. I stedet forsøger teknologierne at skabe et læringsmiljø, som de benævner 'adaptivt.' Det er umiddelbart en teknisk forskel, men det har betydning for forståelsen af adaptivitet. Hvor arters tilpasning sker på baggrund af en selektionsproces i populationen vis-a-vis et miljø (en niche), tilpasser disse teknologier deres respons, relativt til den enkelte studerendes svar. Der sker derfor en selektion i algoritmernes respons, dvs. det er læringsteknologien der adapterer. Man kan argumentere for at der sker en selektion for både den studerende og algoritmen (dvs. en art co-evolution), f.eks. hvis man betragter den studerendes kognitive mønstre som

objekt for selektionen, men 'adaption' anvendes i litteraturen tydeligvis om systemets respons.

Givet denne forståelse er adaption ikke noget nyt fænomen inden for uddannelse. Dygtige lærere har altid tilpasset deres undervisning til deres elevers individuelle behov ved f.eks. at ændre, hvordan indholdet er præsenteret, det faglige niveau, variation i opgaver og aktiviteter samt måder, man vejleder og giver feedback på (Atkinson, 2015; Fitzgerald et al, 2018; Holmes et al, 2018; Petersen et al, 2017). Hvilket vi i øvrigt har kunnet iagttage hos projektets lærere – se baselinebeskrivelsen.

Et væsentligt aspekt af adaptivitet er her at forstå at tilpasningen sker med henblik på fortsat tilpasning. Det afgørende er derfor ikke resultatet af de enkelte adaptationer, men det feedback loop der muliggør systemets sensitivitet eller responsivitet overfor forskellige stimuli. For at kunne tilpasse skal systemet derfor være i stand til at variere sin respons. Man kan tale om at systemets tilpasning er *dynamisk*. Variation kan forekomme i bredden, dybden, typen, formen og granulariteten af responsmuligheder og det er her at læringsteknologier tydeligst viser hvorledes deres skabere forstår adaptivitet. Det betyder at adaptivitet uvægerligt kommer til at hænge tæt sammen med diskussioner om differentiering og individualisering. Kort sagt kan designet varieres på utallige parametre, herunder: indhold, kompleksitet, sværhedsgrad, organisering, rækkefølge, ressourcestype, modalitet, for blot at nævne nogle af de mest oplagte. Ud fra dette definerer vi adaptive teknologier som konstellationer af teknologi, hvis mål er at skabe og optimere en skræddersyet læringsoplevelse ved hjælp af dynamiske ændringer i systemets respons baseret på brugerens interaktioner (løseligt baseret på Liu et al, 2017).

Inspireret af (U.S. Department of Education, 2010) skelner vi yderligere mellem tre forskellige former for feedback:

Differentiering er undervisning, hvor deltagerne har de samme læringsmål, men undervisningsmetoderne varieres så de tilpasser sig den enkelte elevs behov.

Individualisering er undervisning, hvor deltagerne også har de samme læringsmål, men deltagerne kan arbejde i forskellig hastighed og relatere til forskellige faglige områder eller konkrete aktiviteter på forskellige måder med afsæt i vejledning tilpasset den enkelte elevs behov.

Personalisering er undervisning, hvor deltagerne har *forskellige* læringsmål afhængig af deres behov. Undervisningsindhold, metoder og vejledning er tilpasset dette. Personaliseret undervisning kan også indeholde muligheder for differentiering og individualisering.

10.7.1 Adaptive læremidlers adaptionstilgang

Som vi beskrev det i kapitel 7 består et adaptivt læremiddel ofte af fire forskellige "modeller". En elevmodel (en forestilling om hvem modtageren er), en model af det faglige indhold (læringsmålene), en pædagogisk model (valg af formidlingsmåder og aktiviteter) samt en adaptiv motor (den/de adaptive algoritmer), der kobler de tre andre modeller sammen (Normadhi et al, 2019).

Det vi i dette projekt i særlig grad har iagttaget er virkninger i klasserummet af *Rhapsodes* pædagogiske model, og den måde den adaptive motor interagerer med elevernes brug. *Rhapsode* adskiller sig her på en række områder fra andre typer af adaptive læremidler.

For det første adskiller den sig fra adaptive læremidler, der tilpasser sværhedsgraden til elevperformance (som i nationale test). For det andet adskiller den sig fra de mange adaptive læremidler, der laver en model af brugeren, og tilpasser det pædagogiske design (udtryk og aktiviteter) til dette. I mange andre adaptive læremidler modelleres brugeren med afsæt i teorier om læringsstile (Dunn & Dunn, 1974) eller kognitive tilgange (Kolb, 1984). Da teorier om læringsstile af forskningen i de senere år i vid udstrækning er blevet kritiseret for stigmatisering af elever og uden effekt er det interessant at iagttage, at *Rhapsode* har valgt en anden tilgang.

Helt kort vil vi beskrive *Rhapsodes* adaptionstilgang som en funktion, der handler om at styre eleven hen imod de læringsmål, som eleven ikke har svaret rigtigt på og/eller ikke selvevaluerer at kunne svare rigtigt på – og her tilbyde hjælp (forklaringer) og efterfølgende igen vurdere eleven i form af spørgsmål knyttet til læringsmålet.

Rhapsode registrerer det, eleven ikke kan. Da *Rhapsode* ikke er designet som et anbefalelsessystem men arbejder med *styret navigation* (Khribi et al, 2015), anviser *Rhapsode* efterfølgende 1 og kun 1 mulig deltagerbane, dvs. den beder eleven om at forsøge igen og igen indtil eleven svarer korrekt i forhold til det algoritmen accepterer som korrekt. Der er tale om en helt særlig form for personalisering af læringsmålene, idet læringsmålene ved starten af et undervisningsforløb er ens for alle elever. Men efterhånden som eleverne arbejder sig igennem et tema, vil elevgruppen blive delt i

en gruppe, der har svaret "korrekt" på alle spørgsmål og grupper, der mangler nogle læringsmål. De sidste fastholdes i at arbejde med dette, idet *Rhapsode* personaliserer de mulige deltagerbaner, så eleven arbejder med det, han/hun har svaret forkert på (hvilket kan være forskelligt fra elev til elev.)

Personliseringsalgoritmen tager her hensyn til "forkerte" svar og til brugerinput om selvvurdering og tilbyder ressourcer (hjælp) og opgaver (prober) tilknyttet dette.

I den proces tilpasses udtryk/aktiviteter ikke, idet *Rhapsode* tager afsæt i teori om effektiv (minimalistisk) formidling. *Rhapsode* har derfor kun et "pædagogisk design", der ikke adaptivt tilpasser sig sproglige eller andre udfordringer hos eleven. *Rhapsode* tilbyder derfor ikke en vifte af forskellige forklaringsmåder (i håb om at eleven vil forstå en af de forsøgte), hvilket er en udbredt tilgang i normalundervisningen.

Rhapsodes adaptionstilgang etablerer en række udfordringer, som vi vil belyse i det følgende, men inden da vi lige kort skitsere viften af de dataindsamlings- og feedbackprocesser, som *Rhapsode* muliggør - hvor data indsamles og fortolkes med henblik på en revideret intervention:

- a) Først og fremmest er der den algoritme, som *Rhapsode* er bygget op omkring (adaptionmotoren). Denne dataindsamlings- og feedbackproces har vi kort beskrevet ovenfor.
- b) En anden dataindsamlings- og feedbackproces er den, hvor producenten (Area9) løbende indsamler data om elevers forståelse af en given ressource (forklaring). Performer mange elever dårligt, tages forklaringen ud til analyse og skiftes ud med en anden. Vi har ikke data på denne proces, men ser umiddelbart et stort potentiale i denne tilgang, der ikke er mulig i traditionelle lærebøger.
- c) En tredje dataindsamlings- og feedbackproces er lærerens træk af performance data fra elevernes brug af *Rhapsode*. Dette er et oplagt potentiale for supplerende undervisning inden for læringsmål, som mange elever har svært ved. Et sådan blended design af *Rhapsode*undervisning og tilpasset supplerende undervisning vil muliggøre et samlet undervisningsdesign, der kan supplere med andre typer af aktiviteter og medier end dem som *Rhapsode* tilbyder dvs et differentieringspotentiale. Vi har samlet nogle få data om dette, men lærerne nåede ikke i projektperioden at blive kompetenceudviklet til at hente, tolke og bruge disse data til planlægning af supplerende undervisning –

nogle nåede aldrig at prøve det, mens andre kun har en meget lille erfaring med dette.

- d) Endelig er der den proces, hvor uddannelsessystemet på forskellig måde kan etablere dataindsamlings- og feedbackprocesser med afsæt i *Rhapsodedata*. Vi tænker her på forskellige typer af ledelsesinformationssystemer hvor skoleleder, kommune og/eller undervisningsministeriet kan vælge at indsamle og analysere data. Vi har ikke data på denne type af dataindsamlings- og feedbackproces.

Vi har i det følgende samlet en række opmærksomhedspunkter, som relaterer sig til lærerne og elevernes forståelse af og oplevelse af *Rhapsodes* adaptationsprocesser.

10.7.2 Lærernes forforståelse af *Rhapsodes* adaptationsprocesser

Lærerne i projektet giver udtryk for mange forskellige forståelser af, hvordan *Rhapsode* er adaptiv. En enkelt lærer fortæller, at han oplever, at *Rhapsode* kan være forskellig på mange forskellige måder.

"Det er første gang jeg har oplevet adaptivitet på flere niveauer. Jeg har også siddet som sådan en superbruger af nationale tests her på stedet men deres adaptivitetsmåde er sådan kan man sige næsten lineær. Rhapsode har ligesom 5 måder at være adaptiv på". (Lærer)

Det er en udbredt forståelse, at *Rhapsode* vil tilpasse en læringsvej til den enkelte elev.

"Der havde jeg igen fuld tillid til Rhapsode er så adaptivt så elevernes læringsvej vil tilpasses eleven." (Lærer)

"Det som jeg helt klart har den største forventning til, det er at det skulle være så adaptivt at alle kan tilpasses." (Lærer)

Flere lærere forstår adaption som differentiering af enten aktivitetstyper (som i deres normalundervisning) eller som tilpasning af det faglige niveau til den enkelte elev.

"Blandingen af opgaver er lidt bedre i Rhapsode, altså, der er en intention om at sende dem ud i nogle flere forskellige opgavetyper end der er i f.eks. matematikfessor". (Lærer)

"Det burde Rhapsode kunne, ja differentiere, så jeg har dermed blind tillid til at det bliver tilpasset, de opnår de samme mål, men der er en forskellig vej derhen til, og der kan være et forskelligt niveau af at nå det mål ikke." (Lærer)

"Så programmet selv kunne finde ud af om den adaptivt kan teste og se hvor ligger barnets niveau og så på den måde tage, styrke opgaverne og gøre dem sværere eller nemmere for dem ikke?" (Lærer)

"Og for de elever der ligger i bunden der har den ikke kunne ligesom, adaptiviteten har ikke gået langt nok ned og hente, og det er ikke fordi jeg ikke tror det kan det, jeg er meget begejstret for tankegangen i hele den der logaritme og opbygning, men simpelthen fordi der ikke har været opgaver til det." (Lærer)

Efterhånden som lærerne begynder at kende programmet oplever de fleste programmets adaptationsfunktion på samme måde, som vi beskrev det ovenfor.

"Det er jo sådan at Rhapsode er rigtig dygtig til at fornemme hvis en elev har forstået en slags opgaver, så går den videre til dem man ikke har forstået". (Lærer)

"At den er jo adaptiv i de problemer den giver dig, og det vil sige at du hele tiden bliver ledt hen der hvor tingene er svære og hvis du kan formå at gøre brug af den hjælp du får til de ting der er svære så har det et kæmpe potentiale" (Lærer)

"Rhapsodes kæmpe potentiale det er denne her mulighed for at identificere meget præcist hvor du har nogle problemer og så komme med forklaringer til lige præcis de problemer." (Lærer)

10.7.3 Elevforståelse af Rhapsodes adaptationsprocesser

Eleverne har på samme måde som lærerne forskellige forståelser og forventninger til Rhapsodes adaptationsmåde. Nogle forståelser udløser skuffelse andre er tilfredse når de oplever Rhapsode.

"Jeg synes faktisk ikke at den, altså at den er så god til at tilpasse, jeg synes at det er sådan meget sådan samme niveau hele vejen igennem". (Elev, 9. klasse)

"Jeg har mange gange set folk få sådan, selv de folk jeg ved ikke er de bedste til matematik, selv dem har jeg set de har fået de samme spørgsmål som dem jeg ved der er rigtig gode til matematik, får også de samme spørgsmål, hvis du kigger rundt i klassen." (Elev, 9. klasse)

Andre elever oplever, at *Rhapsode* adapterer til deres faglige niveau/behov.

"Jeg synes, jeg kan godt lide Rhapsode fordi når jeg nu laver en opgave jeg synes er ret svær, så går den på mit niveau og laver den lidt lettere og hvis jeg synes den er for lidt svær så giver den mig lidt sværere opgaver, og det kan jeg ret godt lide." (Elev, 9. klasse)

"Når jeg svarer rigtigt så kommer der lidt sværere opgaver, men når jeg svarer forkert så kommer der lidt sådan, lidt nemmere." (Elev, 9. klasse)

"Det er også bare det at den kender godt din niveau, så når du laver mange forkert så laver den måske nemt til dig." (Elev, 9. klasse)

Enkelte elever problematiserer at *Rhapsode* ikke er adaptiv i forhold til fagligt niveau.

"Det er ikke sådan jo flere du svarer rigtigt på, jo mere udfordrende bliver det, det er bare sådan du ved, altså gentagelse er jo også fint til at lære, men altså det er jo sådan, ja det er jo ikke sådan udfordrende." (Elev, 9. klasse)

"Fordi hvis nogen gange fordi hvis der er et svært spørgsmål og jeg har svaret rigtigt på det så kan der komme et nemt efter og også omvendt, hvis jeg ikke kan svare på et nemt et så kommer der et svært, at de bare kommer tilfældigt." (Elev, 9. klasse)

10.7.4 Adaption eller endeløse "Loops"?

Den funktion (algoritme/algoritmer) som identificerer, hvad eleven ikke kan og sender eleven hen til forklaringer og spørgsmål knyttet til præcis de læringsmål eleven ikke kan, er central i *Rhapsode*. Flere lærere ser et stort potentiale i denne funktion, men de fleste lærere i projektet har også oplevet udfordringer med denne adaptionstilgang. Samlet set peger flere lærere på et problem med "endeløse loops", som opleves meget frustrerende for en del af eleverne.

"Det kræver virkelig meget af dem, de skal have fuld koncentration på hele tiden, ellers så ryger de jo i sådan et loop hvor de kommer tilbage og møder de samme opgaver og til stor frustration for dem". (Lærer)

"Altså nu har jeg jo ikke kigget alle over skulderen, men det de siger det er at de møder de samme opgaver igen og igen." (Lærer)

"Flere elever føler at de hele tiden får de samme spørgsmål" (Lærer)

Flere lærere er overrasket over at *Rhapsode* er adaptiv på denne måde.

"Det var bare at hun blev frustreret over at de spurgte om det samme, så hun blev ikke bragt videre som jeg egentlig troede det skulle, ikke?" (Lærer)

*"Hvis jeg fornemmer at de bliver ved med at køre i loop, altså så burde opgaven, altså ideen med *Rhapsode* er jo så at de skal få en, en, gå nogle skridt tilbage og så få en mere grundlæggende forståelse og så komme tilbage til det her." (Lærer)*

Lærerne oplever her at det ofte er de svageste elever, der bliver sendt rundt i et loop.

"De umiddelbare erfaringer er at nogle af de svageste bliver sendt i sådan nogle loops som giver sådan nogle udsagn som de bliver rigtigt frustrerede over." (Lærer)

"De har svært ved at tage imod hjælpen, så de kommer til at sidde i et eller andet loop hvor, hvor de faktisk sidder med opgaver som de ikke rigtig kan finde ud af og de kan ikke finde ud af at bruge hjælpen og så bliver de mere og mere irriterede." (Lærer)

Der er helt generelt ingen tvivl hos lærerne om at endeløse loops frustrerer eleverne og betyder at nogle elever opgiver.

"Hvis du så ikke forstår det og bliver ved med at få de samme opgaver så kører du også lidt død i det." (Lærer)

En enkelt lærer formulerer adaptationen som "en ond cirkel" som særligt nogle elever oplever.

*"Jamen det har været en lidt, en ond cirkel, fordi en af ideerne med *Rhapsode* er at jo mere de bliver udfordret, det er dem som er udfordret i forvejen, de får sværere og sværere ved at fastholde fokus, så de laver alle mulige andre ting, så giver de op med at lytte til hende, de finder en, noget musik som de kan høre samtidig med, så det bliver sværere og sværere for dem og fastholde fokus på det der foregår, selv om den bliver jo ved med at kræve lige så meget af den enkelte fordi den netop er adaptiv ikke?" (Lærer)*

Eleverne oplever flere forskellige sammenhænge, hvor de sendes i loops. En sammenhæng handler om at de har lavet en fejl i besvarelsen.

"Der er nogen gange opgaverne kom igen og igen men så er det fordi man havde lavet en fejl"
(Elev, 4 klasse)

"Hvis man svarer forkert på dem eller rigtigt på dem, de bliver ved med at komme igen og igen og igen." (Elev, 4 klasse)

Enkelte elever har her oplevet at *Rhapsode* kun accepterer nogle helt bestemte svar.

"Det er meget svært at vide om man har gjort præcis det den leder efter." (Elev, 9. klasse)

"Det ville være smartere hvis den bare havde sådan, altså fortalte dig hvor mange forskellige mellemregninger den ledte efter, så kunne du klikke ind på hver mellemregning og lede efter dem". (Elev, 9 klasse)

En lærer opsummerer dette på denne måde:

"Det tror jeg den vil komme og være naturlig for dem når de har været mange forløb igennem, så ved de hvad maskinen spørger efter." (Lærer)

Lidt polemisk kan man sige at "gæt hvad læreren tænker" i *Rhapsode* er erstattet med "gæt hvad maskinen tænker" – hvilket betyder at nogle elever forsøger at "snyde" maskinen.

"Det er mere sådan at de gamer de opgaver, de prøver på at finde ud af hvad er det man skal skrive for at få det rigtige svar." (Lærer)

Mange elever er meget frustrerede over at blive sendt rundt i loops.

"Nej ikke det spørgsmål igen!" (Elev, 4 klasse)

"De spørger om det samme igen og igen" (Elev, 4 klasse)

"Jeg ryger hele tiden tilbage, jeg får de samme opgaver igen og igen" (Elev, 9 klasse)

"Det samme spørgsmål det kom til mig 10 gange." (Elev, 9 klasse)

"Så er det der kommer bare det samme opgave som jeg allerede har gjort, så er det jeg kan bare lave den igen og igen og igen." (Elev, 4 klasse)

Enkelte elever har den opfattelse at teknologien ikke er fuldt udviklet, når den sender eleverne rundt i loops.

"Det er frustrerende, jeg synes den teknologi der bliver brugt synes jeg altså, er ikke sådan rigtig færdigudviklet, altså den virker måske fint om et par år eller sådan noget, men det er sådan hvis du svarer, hvis du får et spørgsmål, svarer forkert på det, så kan du få, altså så får du bare de samme spørgsmål igen og igen og så, altså den forklarer dig en ting og så forklarer den, altså den forklarer ikke noget nyt, den forklarer bare det samme, og så giver den bare det samme spørgsmål igen, så det er sådan, altså f.eks. Ja hvad giver $1 + 1$, så regner man det ud så svarer man forkert, så bliver man forklaret det samme igen, og så går det bare sådan lidt i ring." (Elev, 9 klasse)

Når eleverne sendes rundt i et loop kan de imidlertid også være fordi de har lavet noget som de selv synes var rigtigt men som *Rhapsode* ikke anerkender som et rigtigt svar. Flere elever fortæller om dette.

10.7.5 Styret navigation i et underviserperspektiv

Vi kan imidlertid også anlægge et helt andet perspektiv på "endeløse loops". Det handler om, i hvilket omfang *Rhapsode* giver brugeren (eleven) kontrol over adaptionen.

Inden for forskning i adaptive læremidler skelner man mellem "styret navigation" og et "anbefalelsessystem" (Khribi et al, 2015). *Rhapsode* anvender primært styret navigation. Men læremidlet registrerer hvis elever ikke kan svare på et spørgsmål og tilbyder hjælp (en ressource), som knytter sig til læringsmålet. Eleven er dog ikke tvunget til at se den tilbudte hjælp. Eleven kan følge det eller lade være. Det er eleven, der har kontrollen. *Rhapsode* anvender primært styret navigation til den beslutning, der handler om rækken og rækkefølgen af læringsmål. Her kan eleven ikke fravælge et læringsmål og så gå videre med andre læringsmål ligesom eleven (i dette projekt hvor performancemålet er sat til 100 % af Area9) heller ikke kan blive færdige med et forløb, før eleven er i mål med 100% rigtige læringsmål. Dette er nyt for mange elever og for lærerne.

Flere af lærerne udtrykker stor begejstring for den styrede navigation.

"Matematikfessor, som, hvor de bare kan skøjte, hvor de bare kører videre og til sidst er de færdige når de, det kan de jo ikke her, her bliver de tvunget til at forstå opgaven, så derfor kræver det meget af dem og det kan skabe frustrationer hos dem." (Lærer)

"Den går jo ikke videre før man er sikker på at eleven har forstået det man har vist dem, det kræver nogen af de andre læringsplatforme også, men ikke på samme måde, så her der skal du virkelig give den et rigtigt svar før du kan komme til næste step." (Lærer)

"Og det er først når du har lært det at du ligesom kan komme videre." (Lærer)

Flere lærere giver direkte udtryk for at det er teknologiens "umenneskelighed", som er et potentiale. Teknologien "føler" ikke, og den falder ikke bagover, hvis du arbejder meget. Den måler om du har svaret rigtigt.

"Altså fordi de kan ikke bare gå videre, fordi, altså programmet det måler jo ikke på hvad du føler, men på hvad du lærer, og det føler ikke på hvor meget du laver, men på hvor meget du lærer." (Lærer)

"Der er ingen føle føle, der er ikke nogen dårlige undskyldninger, du kan ikke, ja så får de ikke nogen hverken medaljer eller pokaler, altså nu har du lavet 80 % af de her opgaver, så er du i gåseøjne bestået, her skal du have opfyldt nogle læringsmål og indtil du har opfyldt dem så får du bare nogle flere, altså indtil du har lært det så bliver du i det." (Lærer)

Enkelte lærere sammenligner her denne funktion med læreren i klassen.

"Og det kan man da godt stå som lærer med en løftet pegefinger og sige ej nu skal i blive i det til i kan det, ja, ja siger de, og så er de videre sikke, eller hvad årsagen nu er, eller det er en anden måde at arbejde med det på." (Lærer)

En række lærere oplever direkte at denne form for styret navigation giver eleverne et øget læringsudbytte.

"Jamen den adskiller sig på den måde at jeg føler mig sikker når de har gennemført et modul at de har opnået forståelse, det kan jeg ikke føle mig sikker på med andre digitale undervisningsmaterialer, der kan man sagtens komme igennem det uden at få den store forståelse." (Lærer)

"Jeg har aldrig oplevet en hel klasse være så gode til algebraiske udtryk og formler som i år, og jeg tror ikke det er et tilfælde, jeg tror simpelthen at det her det har været med til, det er en hel anden måde, en tilgang til det, og det er en tilgang de ikke kan komme ud af. Det har været vildt godt". (Lærer)

10.7.6 Styret navigation i et elevperspektiv

Flere elever er stærkt irriterede over at blive fastholdt i de opgaver de har svaret forkert på.

"Jeg er også en af dem der springer det over, men det er fordi når jeg har svaret rigtigt på en opgave så bliver den bare ved med at sende den samme af de der hvor man bare skal kigge, så når jeg har, så jeg springer den bare over fordi den bliver ved med at sende den samme igen og igen også selv om jeg svare rigtigt på de opgaver som den skal bruges til." (Elev, 9 klasse)

"Altså når man har svaret forkert på en opgave skal den ikke sende den samme opgave, den skal sende noget lidt nemmere." (Elev, 9 klasse)

"Jeg synes det bliver meget ensartet, vi skal stå og lave det samme hele tiden og der kommer de samme opgaver og man skal sidde og svare forkert igen og igen og igen." (Elev, 9 klasse)

Særligt det at *Rhapsode* er sat op til et performancekrav på 100 % er noget som frustrerer nogle af eleverne.

"Den varer evigt den der Rhapsode man bliver aldrig færdig, det er rigtig belastende." (Elev, 9 klasse)

"Ja, jeg var sådan i 98 %, så sad jeg bare med 3 opgaver som jeg ikke kunne finde ud af som jeg bare kørte igennem igen og igen og igen." (Elev, 9 klasse)

Enkelte elever kan dog godt se potentialet i at blive fastholdt i det som er svært.

"Du bliver ikke stoppet selv om du laver en fejl, men i Rhapsode hvis den opdager du laver en fejl så tvinger den dig tilbage..." (Elev, 4 klasse)

"Altså jeg har jo personligt selv haft svært ved det der tal og algebra, nu tager jeg lige udgangspunkt i det igen, med bogen, og nu kan jeg helt, helt altså uden fejl kan man sige, løse en opgave med det." (Elev, 9 klasse)

10.7.7 *Rhapsodes* potentiale i forhold til forskellige elevgrupper

Vi har i projektet indsamlet omfattende empiri, som handler om lærernes oplevelse af og bekymring for at *Rhapsodes* form for adaption ikke tilgodeser alle elever i folkeskolen lige meget – også selv om det skulle være hele formålet med at anvende et adaptivt læremiddel. Især de elever som har svært ved matematik, har svært ved at læse, er sprogligt udfordrede på andre områder eller som i det hele taget har svært ved at motivere sig generelt er udfordrede af *Rhapsodes* måde at være adaptiv. Lærerne oplever derimod at *Rhapsodes* adaptionsmåde kombineret med den styrede navigation i høj grad gavner de stærkeste elever.

"Jamen der er klart nogle fordele i at det kan fungere som en differentiering, altså så de rigtig stærke elever der kan bruge hjælpen kan jo komme ud over stepperne og få dækket nogle flere emner end resten af eleverne." (Lærer)

"De bliver på en mere hensigtsmæssig måde bragt igennem materialet, og så måske lidt hurtigere hvis de har helt styr på det, og så bliver bragt derhen til det der reelt udfordrer dem, så specielt de stærke elever synes jeg der er en forskel." (Lærer)

*"De stærke elever de fungerer med *Rhapsode* fordi så kører de bare på og de spørger nok mindre, men mit indtryk er at de fagligt ret svage elever de, altså de spørger måske lidt mindre, fordi de er vant til at de så kan trykke videre, men de fanger det ikke mere. De bliver ved med at få de samme spørgsmål og de samme forklaringer så den fanger ikke an. Det kan godt være at i stedet for at gå i stå og række hånden op, så sidder de bare og kører rundt i et eller andet loop indtil de så på et eller andet tidspunkt er rigtig frustrerede og så spørger de. Så det kan godt være at der har været færre sådan henvendelser til mig, men det er måske ikke en god ting, fordi at de så sidder og kører rundt i et eller andet loop som ikke er overhovedet lærerigt for dem og det er så den svageste lille gruppe"* (Lærer)

De elever som i forbindelse med interview fortæller at de selv mener at de er dygtige til matematik fortæller om deres positive oplevelse med *Rhapsode* på denne måde.

*"Jeg synes det er godt, man lærer rigtig meget. Hvis man har brug for hjælp så kan man bare spørge sin lærer-agtige ting (*Rhapsodes* træner) og så kan du trykke på plusset så kommer der noget så du kan lære om det mere, og så kommer der et lille f.eks. "du kan sætte 5 op i et eller andet" eller sådan noget, så man lærer det."* (Elev, 9 klasse)

"Det synes jeg faktisk er meget fedt, så er man også sådan, ja så gør man det også bare selv, sådan så alle andre ikke også er inde over det så altså det kun er en selv." (Elev, 9 klasse)

10.7.8 Rhapsode-læringsudbytte: Tre typer elever

Ifølge nogen af lærerne kan man opdele eleverne i tre grupper som får forskelligt læringsudbytte af at arbejde med *Rhapsode*.

"Den første gruppe jamen de sidder jo bare og arbejder og de synes det er fantastisk og de kan godt lide at gå ind og se de der markører med hvor man nu er og hvor meget man arbejder, hvor godt det går og sådan noget, det kan de godt lide, og de synes det er... og det de rigtig godt kan lide det er at få lov at køre selv og hvor de ikke skal vente, det er de jo vant til i undervisningen." (Lærer)

"Så er der den gruppe jo som ikke forstår en forklaring, fordi der er for mange fagudtryk, de skal have det tegnet, de skal have det langsommere, man skal kigge dem i øjnene, fordi ellers så hopper de bare videre og så siger de "det forstår jeg godt" men det gør de reelt ikke, og de er heller ikke ærlige når de går hen og trykker på, de skal vurdere, "jeg er helt blank" skal de måske nogen gange trykke, men det gør de ikke, jeg forstår det godt skriver de, det er det de trykker, på, en reelt forstår de... Og måske er det største problem de forstår jo ikke hvad det er de ikke forstår, og det synes jeg faktisk, den gruppe bliver jo også lidt frustreret ved det, og de bruger jo meget energi på at skjule at de faktisk ikke kan og de rykker ikke særlig meget, jeg tror ikke de får særlig stort udbytte af det." (Lærer)

"Endelig og ja det er måske en femtedel eller sådan noget jeg virkelig skal tage hånd om" (Lærer)

Disse tre oplevede typer elevreaktioner flugter godt med Rune Hansens (2015) kategorisering af forskningslitteraturens analyser af elevers forskellige *målorientering*, dvs. de motiverende dynamikker der er i spil i forhold til at nå et mål (Covington, 2000):

- *Lærings- og mestringsorientering* betegner elever, som er optagede af at udvikle deres viden og kunnen.
- *Offensiv præstationsorientering* betegner elever, som er optagede af at vise brugen af deres viden og kunnen med henblik på at opnå succes.
- *Defensiv præstationsorientering* betegner elever, som er optagede af at vise brugen af deres viden og kunnen med henblik på at undgå nederlag.

Rune Hansen (2015, p. 12) supplerer denne kategorisering med følgende sammenfatning af målorienteringens betydning for elevers læringsintentioner:

”Elevers orientering mod præstationsmål kan føre til overfladiske læringsstrategier som udenadslære og manglende relationel forståelse [...]. Ved en defensiv orientering mod præstationsmål benytter elever sig af selvvalgte læringshæmmende strategier. Elever beskytter sig ved at være tilbageholdende med deres indsats når de risikerer fiasko. Hvis fiaskoen skulle forekomme, vil der ikke være en entydig forklaring da det ikke kun kan tillægges inkompetence, men også at man ikke har prøvet tilstrækkeligt [...].

Elever med en præstationsorienteret tilgang har en præference for lette opgaver. De er optaget af at blive hurtigt færdige med opgaverne i stedet for at reflektere over dem. De giver let op, undgår at søge hjælp og undlader at rette fejl og fejltagelser.

Undersøgelser viser at orientering mod læringsmål er positivt relateret til selvtillid, arbejdsindsats, brug af effektive læringsstrategier og lyst til at lære [...]. Elever med en læringsorienteret tilgang har en tendens til oftere at anvende kognitive og metakognitive strategier end andre elever [...]. De er bevidste om det der skal læres, og sætter sig mål for læringen [...].”

I kombination med forrige kapitels analyse af forholdet mellem *Rhapsode* og forskellige typer matematikfaglige læringsmål giver denne analyse af elevers forskellige målorientering og læringsintentioner grobund for en hypotese, som det vil være interessant at arbejde videre med: Det er nærliggende at forestille sig, at *Rhapsode*

- tilgodeser og begejstrer lærings- og mestringsorienterede elever i kraft af sin brug af bevidst udfordrende opgaver og sin orientering mod relationel begrebsforståelse,
- frastøder defensivt præstationsorienterede elever af de samme grunde, bare med modsat fortegn, samt

udfordrer offensivt præstationsorienterede elever i kraft af forståelses diffuse natur i præstationsøjemed, forstærket af *Rhapsodes* uigennemsigthed i forhold til hvornår og hvorfor man bliver konfronteret med hvilke opgaver.

10.7.9 *Rhapsode* som støtte til hhv. fagligt svage og stærke elever

En anden lærer oplever bekymring for helt op til 30 % af lærerens elever.

"Der er måske 70% af eleverne, der ville kunne gøre det her, og de ville nærmest kunne fungere i alle former for matematikundervisning, og, men det er de sidste 30 % jeg er bekymret for." (Lærer)

Lærerne anvender her flere forskellige begreber for den gruppe, som de oplever, får lidt eller intet ud af at arbejde med *Rhapsode*.

"Det er bestemt ikke mit indtryk at de, altså den svageste del af eleverne får særlig meget ud af at arbejde med Rhapsode, altså andet end at de bliver opbevaret." (Lærer)

"Det er jo tydeligt de svage børn, de forstår ikke forklaringen og så går de videre og så får de samme problem og så går de tilbage og så siger de jamen det har jeg hørt, men jeg er jo sådan set ikke blevet klogere." (Lærer)

"Specielt tosprogede, de har svært ved den del der, med at skulle fylde et manglende ord ind, og det er den samme igen, find ud af hvad maskinen vil høre." (Lærer)

Det er her interessant at høre, hvad lærerne mener, der skal til, for at *Rhapsode* også kan tilgodese gruppen af fagligt svage elever. Her dukker forskellige forståelser af eller forhåbninger til læremidlets adaptationstilgang op igen.

"Hvis de svage elever skulle kunne komme igennem et forløb uden at det strækker sig over al for lang tid, så skal der måske skæres ned på læringsmålene, eller være nogle forskellige niveauer i læringsmålene, så de også nåede i mål med noget, men ikke det samme, men inden for det samme område." (Lærer)

"At der inden for hver mål er der 3 forskellige niveauer f.eks., så de stærkeste skulle helt op og klare alle niveauer, men der var et minimumsniveau for hver område hvor man så kunne komme, hvor alle kunne, og så at, at Rhapsode selv kunne regne ud hvor skal denne her elev ende henne" (Lærer)

"Hvis de udvikler det sådan at der rent faktisk er en adaptivitet ... Så bliver det godt for de elever, for de allersvageste, og middelgruppen har vi altid haft godt styr på alligevel, og Rhapsode har også godt styr på dem, men vores udfordring i forhold til differentiering har jo været de allerdygtigste og de allersvageste." (Lærer)

Enkelte lærere oplever her, at de har afprøvet en prototype og ser forhåbninger i at en fuldt udviklet *Rhapsode* vil kunne løse problemerne for særligt de fagligt svageste elever.

"Når det ikke har været optimalt for alle sådan differentieringsmæssigt, så er det jo fordi det ikke er udviklet endnu, vi har jo kun haft det antal opgaver til rådighed der har ligget i de moduler der ligesom er givet os til det her projekt, og der er sikkert i alle, men i hvert fald i min 9. klasse, der er ret langt fra den dygtigste mest matematisk og logisk tænkende elev til den elev der har alle raller sværest ved matematik og jeg vil tror jeg har både skolens absolut top i en elev og absolut bund i en elev i den samme klasse." (Lærer)

I forhold til de stærkeste elever fremhæver flere lærere særligt genopfrisk-funktionen.

"Det her med at der er en genopfrisk funktion eller vedligehold, altså det der med at de popper op igen, som noget man lige skal repetere, det synes jeg er, det virker til at specielt de stærkere elever, hvor jeg godt kan se, altså det kan de godt interagere med, det kan godt fungere for dem lige at sige hov det skal vi lige genopfriske." (Lærer)

"Der er jo i Rhapsode det der genopfriskning af emnerne, som jo er genialt." (Lærer)

10.7.10 Selvvurdering

En anden ting som adskiller *Rhapsode* fra andre adaptive læremidler er, at den "tvinger" eleverne til at vurdere, hvor sikre de er på deres svar. Og at dette brugerinput indgår i den/de adaptive algoritmers valg af række og rækkefølge af læringsmål. Funktionen er uvant for både lærere og elever i projektet og flere lærere har brugt en del tid på at introducere denne funktion.

"Jeg brugte rigtig meget tid på at forklare altså hvad vil det sige at gå fra ubevidst inkompetent til bevidst kompetent, de her 4 kategorier man så kan ligge i." (Lærer)

Lærerne kan generelt se potentialet i funktionen men oplever også at eleverne skal lære at bruge funktionen korrekt.

"Når man vurderer hvordan man selv svarer og når man så rent faktisk svarer rigtigt eller forkert, sådan at de har haft en forståelse af hvorfor er det så de er blevet kørt rundt i noget igen og igen og igen, de vil bare gerne videre, ej jeg kan ikke finde ud af det, men så har de vurderet sig selv forkert." (Lærer)

"Det synes jeg faktisk mine er blevet rigtig gode til, at vurdere sig selv." (Lærer)

En stor gruppe af elever kan også se potentialet i funktionen.

"Men det er også meget fedt at man så ligesom kan sådan sige om man er sådan "jeg er sikker på at det her er rigtigt" eller "jeg tror at det er rigtigt" eller "jeg er ikke helt sikker" eller sådan." (Elev, 9 klasse)

"Jeg er helt blank" sådan så den kan forklare det så man ligesom finder ud af, ja hvis man laver en fejl og hvis man nu siger "jeg er helt sikker" så kan man ligesom godt se at der ligesom er noget galt ikke?" (Elev, 9 klasse)

Selvurdering er for mange elever noget helt nyt i skolen.

"Det er noget vi aldrig rigtig har gjort før det der med egentlig at vurdere lidt sin egen viden, så nogle gange bliver man også klar over okay det her det ved jeg jo rent faktisk, eller nu har jeg forstået det og sådan nogle ting, fordi man bliver påmindet om at man hele tiden skal vurdere sin egen viden omkring det." (Elev, 9 klasse)

Særligt det potentiale, der ligger i ikke at få eksponeret sin uvidenhed i klasseoffentligheden, er noget som flere elever trækker frem.

"Altså sådan også fordi sådan hvis man laver det sådan hele klassen så skal, er der nogen, så spørger de f.eks. tit hvad er det her stykke? Og så hvis man ikke selv har forstået det så kan det godt være at det er pinligt at række hånden op og sige noget der ligesom ikke er rigtigt, og der, der kan man bare svare forkert og så være sådan så lærer jeg det alligevel her." (Elev, 9 klasse)

10.8 Adaption i et differentieringsperspektiv

En af de kategorier, som træder meget tydeligt frem i vores interviews med både lærere og elever er koblingen mellem forventninger til adaption og så *Rhapsodes* pædagogiske design, dvs. måder at formidle viden og færdigheder på samt valg af aktivitetstyper (opgaver). Vi kan her identificere en række forskellige opmærksomhedspunkter.

10.8.1 Forventninger til differentiering

Ved projektets start var det tydeligt, at flere af lærerne havde forventninger til at adaptive læremidler skulle kunne differentiere i måden både at formidle viden og forklare hvordan eleverne skulle løse en given opgave.

"Jeg har det håb at den kan det du beskriver med at forklare tingene på forskellige måder."
(Lærer)

"Jeg tænker at det er vel det der skulle være fordelene ved denne her, at den ville gøre det (differentiere) ikke? Jeg har ikke selv set det, jeg tror på at det sker, men jeg har ikke selv set det endnu." (Lærer)

Når lærerne relaterer til dem selv og deres måde at undervise på – men også til andre læremidler så har det meget høj prioritet at have et pædagogisk design hvor viden forklares på mange forskellige måder. Lærerne er meget bevidste om at de underviser elever i folkeskolen.

"Det jeg typisk ville gribe til hvis der er en elev der har svært ved at forstå en forklaring af division det er at jeg ville gå ind og blive meget visuel for eksempel, så at man går ind i nogle billeder og prøver at bruge okay vi deler i bunker på denne her måde eller man ville gå ind og bruge centi-cubes, altså at man ville, man ville gribe i noget forskelligt, måske noget taktilt."
(Lærer)

"Jeg har i hvert fald oplevet der har været svært for elever at beskrive ting algebraisk, de vil rigtig gerne have tal på og de vil rigtig gerne have fortællinger, og de vil rigtig gerne have små matematikhistorier og regneudtryk, men når så vi skal til at lave det hele om til algebra så har de bare synes det var super svært." (Lærer)

"For mange af vores elever, det her med at de har brug for noget taktilt, det er i hvert fald, for at det skal være noget de kobler op med virkeligheden så har de brug for at have det mellem hænderne og der er nogle ting som er en udfordring for computerprogrammer, fordi at det ikke lægger op til at de skriver ved siden af i samme grad, så min helt private ikke forsker fornemmelse siger mig at, at det kan ikke stå alene, de har brug for at have det mellem hænderne, så får de det ind, de har i hvert fald også brug for at have det mellem hænderne, det kan ikke stå alene at de sidder og møder det på sådan en computerskærm, fordi det er for usmidigt, de skal ind og manipulere det i højere grad end de kan indtil videre i Rhapsode, de bliver nødt til at være mere medskabere af det, og først og fremmest, det er et kæmpe problem det der med at de bliver nødt til at have mere dialog omkring det, de bliver nødt til at kunne snakke om det ikke,

fordi det er jo også det vi snakkede om, de bliver nødt til at kunne italesætte det og der er altså ikke indtil videre nogen sådan hvor de selv skal åbne munden og producere noget sprog omkring det."

I løbet af projektet opdager lærerne at *Rhapsodes* måde at forklare noget på ikke varierer.

"Så har jeg ikke set at den forklarer opgaverne på forskellige måder endnu." (Lærer)

"Der er ingen alternativ forklaring." (Lærer)

"Det er den samme forklaring du får igen." (Lærer)

"Rhapsode forklarer det kun på en måde." (Lærer)

Flere elever oplever også at *Rhapsode* kun har en type af forklaringer.

"Du skal blive ved med at høre den samme forklaring om og om igen." (Elev, 9. klasse)

"Jeg synes altså der er kun en måde hun forklarer det på og så er det lidt svært at forstå hvis man ikke forstår den måde." (Elev, 9. klasse)

"Så enten så får man den samme forklaring, altså det kan du få op til 5 gange, få den samme forklaring." (Elev, 9. klasse)

Det er dog ikke alle elever, som har problemer med at forklaringerne gentages og enkelte elever mener da også at forklaringer tilpasses den enkelte elev.

"Jeg har ikke nødvendigvis det samme problem med at få den samme forklaring." (Elev, 9. klasse)

"Ja så siger jeg tit sådan at jeg er helt blank eller jeg er i tvivl og så kommer der ligesom en forklaring som jeg godt forstår." (Elev, 9. klasse)

"Ja hvis man siger helt blank så tror jeg der kommer en anden forklaring, tror jeg." (Elev, 9. klasse)

10.8.2 Differentierede udtryksformer

Problemet er størst i de yngste klasser, hvor fraværet af det taktile, hverdagskonteksten, det konstruerende eller eksperimenterende samt kun en mindre vifte af visuelle elementer opleves som et problem ved *Rhapsode*.

"Det synes jeg har været rigtig svært for dem, men det er rigtigt, den gør jo ikke det omvendte hvor man selv laver nogen regnehistorier eller bygger noget op selv. Den mulighed er der jo ikke." (Lærer)

"Jeg synes også måske kunne de lave nogle illustrationer, de kunne jo vise noget, de kunne vise noget med nogen lagkager, pizzaer eller alle mulige ting som gør at børnene kan refererer bedre til deres hverdag, så de på den måde bedre kan forstå det." (Lærer)

"Det er det jo faktisk overhovedet ikke hverdagsrelateret, nej" (Lærer)

Flere elever har den samme oplevelse af at *Rhapsode* ikke på samme måde som i deres normalundervisning differentierer i måden at forklare på.

"Jeg kan ikke rigtig sådan forstå noget af det (Rhapsodes forklaringer). Altså jeg synes når (X-lærer) forklarer det kan hun forklare det på flere måder." (Elev, 4. klasse)

"Hvor jeg godt kunne ønske at der var lidt mere forklaring på hvad det er der sker, ofte så bare en kort linje og så nogle billeder af det der." (Elev, 9. klasse)

"Hvis man nu tager udgangspunkt i bogen så er der altid sådan en matematikhistorie man ligesom skal sætte sig ind i og sådan et reelt problem, men altså med Rhapsode der er det sådan lidt mere bare svar på det her agtigt." (Elev, 9. klasse)

10.8.3 Differentieringsperspektiver på to typer af forklaringer

Flere lærere er opmærksomme på, at den manglende differentiering i forklaringsmåder både handler om *Rhapsodes* måde at forklare ny viden på, men det handler i høj grad også måden at forklare, hvordan eleverne skal løse en opgave (korrekt).

"Hver gang der kommer en ny type opgaver så forstår de ikke hvad det er de skal." (Lærer)

"Så er det jo frustrationen kommer fordi det er det fordi de egentlig ikke måske ikke har forstået opgavetypen." (Lærer)

"De skulle i hvert fald forklare noget omkring opgaverne, hvordan tilgangen til opgaverne er, det synes jeg, og så synes jeg måske heller ikke den er så, kan man sige det, børnevenlig? Fordi nu er det jo en 4. klasse, det synes jeg ikke den er, måden de forklarer det på." (Lærer)

Flere elever oplever på samme måde at det er en særlig udfordring at *Rhapsode* ikke differentierer i måden at forklare hvordan eleverne skal løse en given opgave.

"Jeg synes de ikke er så gode til at forklare opgaverne." (Elev, 4. klasse)

"Hvis man ikke rigtig forstår opgaven så skal man bare sidde og ja som du også sagde køre død i det." (Elev, 9. klasse)

"Jeg synes det er sådan lidt utydeligt hvad det er man skal i mange af opgaverne." (Elev, 9. klasse)

10.8.4 Konsekvenser af manglende differentiering i forklaringsmåder

Konsekvensen af at flere elever enten ikke forstår forklaringerne eller forklaringerne blot gentages er at nogle elever helt springer forklaringer over.

"Jeg vil også indrømme at jeg skipper faktisk også de fleste af de forklaringer nogen gange." (Elev, 9. klasse)

"Jeg hører aldrig forklaringerne, jeg bruger dem aldrig." (Elev, 9. klasse)

"Jeg brugte ikke forklaringerne, men jeg fandt bare ud af det selv." (Elev, 4. klasse)

"Der hvor du ender med at komme ind i det der flow hvor du bare kommer til at skippe forklaringerne fordi du tænker jeg kender allerede svaret på spørgsmålet, fordi du føler bare at det var det samme og samme igen og det er der hvor det bliver lidt frustrerende." (Elev, 9. klasse)

10.8.5 Syntetisk tale til børn

Flere lærere er meget kritiske over for kvaliteten af den syntetiske tale og enkelte lærere fortæller at deres elever aldrig bruger den.

"Sådan syntetisk tale er ikke sådan børnevenlig synes jeg." (Lærer)

"Det må være enten fordi de ikke kan finde ud af det eller synes at simpelthen når de gør det er næsten ubærligt, der er nærmest ingen, er mit indtryk, der afspiller lyden." (Lærer)

Flere elever både i 9 og 4 klasse kommenterer også på stemmen. De fleste oplever den meget mekanisk og monoton.

"Så er det også den der stemme som er, som jeg synes der er rigtig irriterende." (Elev, 9. klasse)

"Så er det bare en lille ting, den stemme der er blevet brugt den er heller ikke specielt behagelig at lytte til." (Elev, 9. klasse)

"Jeg bruger den ikke, jeg synes ikke hun er god. Ikke så meget på grund af hun taler ligesom en robot men så fortæller hun nogen ting på en ligesom voksen måde." (Elev, 4. klasse)

"Ja, ligesom der er noget som der er galt med hende robot." (Elev, 4. klasse)

"Hun er værre end Siri (Syntetisk tale på iPhone)." (Elev, 9. klasse)

10.8.6 Rhapsodes formidlingsformer – et udviklingsperspektiv

Enkelte lærere foreslår at programmet i forhold til udtryksmåder udvikles med inspiration fra computerspil til børn og her tænkes ikke kun på den syntetiske tale.

"Der er masser af computerspil som har nogle fabelagtige interaktioner og storylines og figurer der taler igen, altså simpelthen søge inspiration fra alle de der mange, mange spil som bruger talende figurer som er enormt livagtige altså, ja, det er den der interface igen som skal gentænkes. Og der er masser af spil som de interagerer med hvor de forstår relativt komplicerede ting via en god interface, så det ville være et bud, fordi det fungerer i hvert fald ikke for mine elever det der." (Lærer)

Flere af eleverne peger på samme måde på at Rhapsodes ikke er målrettet børn i valg af sprog og visuelle elementer og de peger her på forskellige udviklingspotentialer.

"(Rhapsode) er ikke så meget på børnemåde, så forstår man det ikke og så tager man det bare væk og så kan måske sin lærer fortælle det bedre så elever kan forstå." (Elev, 4. klasse)

"Måske er, det er at Matematikfessor det er måske lidt børnevenligere end Rhapsode, hvis man kan sige det." (Elev, 4. klasse)

"Der er spil og det ser ligesom sjovere ud, fordi Matematikfessor han er sådan sjov ikke? Og så børn godt vil ind og sådan (snakker med "baby" stemme): "ej det vil jeg, man lærer matematik og det ser sjovt ud det vil jeg godt prøve". (Elev, 4. klasse)

"Jeg tror at i Matematikfessor så er der nogen forklaringer, i Matematikfessor, så er der sådan nogle videoer hvor de forklarer det på børnesprog og ikke sådan noget bla bla bla noget ikke voksensprog." (Elev, 9. klasse)

10.9 Lærerarbejdet

Vi vil nu særligt rette blikket mod lærernes beskrivelser af, hvordan de oplever ændringerne, og hvordan disse ofte ses udtrykt i en række modsatrettede perspektiver. Inden for kategorien om lærerarbejde viser der sig følgende tematikker:

1. Brug af *Rhapsode* frigør tid til lærerne i undervisningen, men den kræver samtidig en ekstra tidsmæssig indsats fra dem i forberedelsen.
2. Lærerne - specielt i 4. klasserne - bruger tid på at mediere mellem *Rhapsodes* forklaringer og elevernes forståelse.
3. Lærerne fortæller, at *Rhapsode* giver dem mulighed for at se elevernes progression men at de også samtidig oplever et tab af overblik over og tæt føling med elevernes læring. Hvordan disse udfordringer hænger sammen, skal uddybes nedenfor.
4. Ændringer i lærerrollen - et større fokus på rollen som didaktisk designer og læringsfacilitator.

10.9.1 *Rhapsode* frigør tid i undervisningen og kræver tid i forberedelsen

Vi har set mange eksempler på at det, at *Rhapsode* kan overtage flere af lærerens funktioner, frigiver tid til læreren til at understøtte elever med særlige vanskeligheder – enten i relation til arbejdet med *Rhapsode* eller til nogle helt andre faglige udfordringer i faget. Men *Rhapsode* er som udgangspunkt ikke designet til en situation, hvor der også er en lærer tilstede. Lærerens rolle er derfor uklar og der opstår en række udfordringer, hvor læreren enten bliver overflødig i det konkrete læringsforløb eller skal vælge, hvordan han/hun vil udnytte den frigjorte tid.

Mange af lærerne lader eleverne arbejde selvstændigt i *Rhapsode* i (ofte) den sidste del af timen, og modsat den øvrige tilgang til matematik-aktiviteter sidder eleverne alene og arbejder, og de opfordres til ikke at tale med hinanden imens. Der bliver således

meget stille i lokalet, når *Rhapsode*arbejdet pågår, og mens læreren ofte er central i undervisningen gennem oplæg, instruktioner til opgaver, opsamlinger, hjælp til eleverne m.m., ses *Rhapsode* at delvist at "overtage" disse funktioner.

Derfor beskriver mange, at *Rhapsode* giver dem mere luft og frihed i undervisningstiden.

"så ja det giver mig mere frihed, altså der er ikke mere med "jeg kan ikke logge ind, hvordan er det nu man laver snabel-a?" eller altså, ja så på den måde så synes jeg at det giver mig lidt mere frihed" (Lærer, 4.kl.)

Lærerne får nu mere tid til at hjælpe elever, der beder om det, eller til at tage grupper ud og tale med disse særligt.

"Jeg har i hvert fald mere tid til at snakke med dem der har behov for at jeg skal hjælpe dem med noget" (Lærer, 9.kl)

Rhapsode bruges også samtidig med andre aktiviteter i klassen.

*"Ja, det frigiver jo i virkeligheden rigtig meget noget energi og nogen hænder, så jeg kan hjælpe dem, som ikke er kommet i mål endnu. Og jeg, det giver også mig tid til at, – fordi de er forskellige steder, og de er sådan rimelig selvhjulpne, både i at skulle lave den der skole(?)video, men også i at sidde og arbejde med *Rhapsode* – at jeg kan gå fra og til begge steder, så, så det bliver rimelig stille og roligt og konstruktivt for mig at gå rundt når de bliver sluppet fri derefter." (Lærer,9.kl)*

Det ses i interviewene, at lærerne på tværs af klasser og skoler udnytter den frigivne tid forskelligt. Mens det i den "almindelige" undervisning sædvanligvis ses, at mange elever sidder med fingre i vejret, fordi de har brug for individuel hjælp til at regne og forstå opgaverne, så ses dette i nogle klasser ikke så ofte, når eleverne arbejder i *Rhapsode*. Lærerne her ser det derfor nødvendigt at de selv henvender sig til eleverne og "tager dem ud", så de kan hjælpe dem enkeltvis eller i grupper.

"[Det] frigør noget plads til at man kan så tage nogle svage eller stærke eller nogen grupper, nogle mindre grupper ad gangen, som jeg så har lidt ro til at arbejde med." (Lærer, 4.kl.)

*"[...] det er bestemt ikke mit indtryk at de, altså den svageste del af eleverne får særlig meget ud af at arbejde med *Rhapsode*, altså andet end at de bliver opbevaret, og det kan der være en*

kvalitet i selvstændigt, fordi man har så og så mange elever og så et eller andet, en håndfuld minutter maks. til hver elev” (Lærer, 4. kl.)

Andre lærere ser, at eleverne finder ud at det hele på baggrund af indholdet i *Rhapsode*, og de vurderer, at hvis læreren intervenserer i *Rhapsode*arbejdet, vil læremidlet være mindre præcis i sin tilpasning til den enkelte elev.

“så har vi ikke valgt at hjælpe dem mens de sad med Rhapsode” (Lærer, 4.kl.)

Tid både frigives og kræves, når *Rhapsode* inddrages i undervisningen, fortæller lærerne. De peger således på, at det har været nødvendigt for dem at investere tid i at lære *Rhapsodes* funktionaliteter og indhold at kende. Mange udvælger nemlig kun de moduler, de vurderer passer med det indhold, de arbejder med i de enkelte timer. Så selvom *Rhapsode*-opgaverne gennemføres af eleverne i meget forskellig hastighed, forsøger lærerne at lade klassen følges ad gennem stoffet ved ikke at give adgang til alt indhold i *Rhapsode* på een gang. Dette kræver, at lærerne let kan orientere sig i *Rhapsode* og åbne og lukke for elementer af indholdet.

“Ja altså, hvor er modulerne henne, hvordan lægger jeg, hvordan giver jeg eleverne det for, altså jeg er ved at være der, men jeg synes ikke det er super intuitivt, men det kan godt være når jeg, at, altså selvfølgelig når vi arbejder mere med det så bliver det nemmere for os selv jo mere vi arbejder med det, så kommer det til at ligge der, men lige nu så bokser jeg lidt med hvor, altså jeg har fundet ud af hvor alt skal hen, som educator og ja, jeg synes at det er udfordrende”. (Lærer, 9.kl.)

Nogle lærere er særligt opmærksomme på at samstemme resten af undervisningen med *Rhapsode* ved fx at bruge de begreber, eleverne vil møde i dagens arbejde i *Rhapsode*.

*“Altså jeg synes, jeg prøver jo også at bruge de samme ord og de samme vendinger, fordi jeg har jo været igennem og set hvad de har gjort inden jeg ligesom startede så jeg ikke kommer til at bruge nogle forskellige begreber eller sådan noget, så på den måde har jeg jo forberedt mig ved at kigge på *Rhapsode* og bruge de samme, og så synes jeg jo det underbygger det jeg gør, det gør det” (Lærer, 4. kl.)*

Lærerne erkender, at de skulle bruge endnu mere tid, hvis de skulle få det fulde udbytte af især Educator Dashboardet.

“Jamen jeg har brugt det lidt [Educator Dashboardet], jeg har været inde og kigge og sådan, men hvis jeg skal være helt ærlig så har jeg heller ikke helt forstået det tror jeg, jeg er ikke, altså de markeringer har jeg ikke helt styr på” (Lærer, 4. kl.)

“Jeg bruger stadigvæk en del tid på at klikke ind på hvor er det, det er henne, jeg synes ikke det er super nemt at gå til” (Lærer, 9. kl.)

10.9.2 Læreren som mediator mellem *Rhapsode* og eleverne

Det er dog ikke alle lærere, som oplever, at *Rhapsode* frigiver tid til andre aktiviteter. Enkelte lærere særligt fra 4. klasserne oplever, at de må bruge tid på at mediere mellem *Rhapsode* og eleverne – hvilket vi også ser når lærerne arbejder med lærebøger.

“Jeg synes der er mange spørgsmål når man arbejder med det, det er jo ikke sådan at læreren har fri, læreren farer jo rundt fra den ene til den anden og skal hjælpe her og der fordi de støder jo hele tiden på nogle problemer.” (Lærer)

“Så skal læreren ind over og kigge dem i øjnene og sætte sig og tegne og forklare.” (Lærer)

“Der må man som lærer gå ind og sige prøv at hør her, og sætte sig ned og forklare.” (Lærer)

At *Rhapsode* ikke differentierer i måden at forklare noget på betyder at lærerne må bruge tid på at “oversætte” *Rhapsodes* forklaringer til sprog som eleverne forstår.

“De har brug for hjælp til hvad er det de skal, så det, de er ikke i mål med bare at få det afspillet, eller sådan. Programmet er ikke i mål med at kunne forklare dem det, og så hvis de ikke forstår det så kunne bringe dem et sted hen hvor de så får en forklaring de forstår, det er det ikke, altså jeg bruger en del tid på også at hjælpe dem med det.” (Lærer)

“Jeg bruger en god rum tid på det og det er faktisk næsten hele vejen fra de, altså fra de svageste der skal de sidde ved siden af mig så arbejder vi, og dem der er lidt stærkere kan i høj grad formå at komme op, få hjælp, gå ned igen, men dette er det der er behov for, det er ikke, det hænder med jævne mellemrum at den forklaring de får forstår de ikke.” (Lærer)

Hvis eleverne ikke får hjælp af lærerne til at forstå *Rhapsodes* forklaringer få det for nogle elever den konsekvens at de ikke forstår forklaringerne og kan lave opgaverne.

“Jeg synes også at de faktisk ofte ikke forstår forklaringerne.” (Lærer)

"I hvert fald for mine elever, så fungerer de der forklaringer ikke." (Lærer)

"Rigtig mange af mine elever har svært ved at gøre brug af den hjælp der er i programmet."
(Lærer)

10.9.3 *Rhapsode* giver nye vejledningsmuligheder og udfordringer

Lærerne evaluerer normalt elevernes arbejde og læring på forskellige måder både formativt og summativt i den almindelige undervisning, men når *Rhapsode* inddrages i undervisningen udfordres disse kendte tilgange. Med udgangspunkt i Educator Dashboardet har lærerne mulighed for at få et overblik over, hvor langt den enkelte elev er kommet med opgaverne, og hvor langt klassen som helhed har bevæget sig, hvad de havde vanskeligt ved osv. Dette kan bidrage til et mere nuanceret men også overraskende billede af den enkelte elev.

Der har været nogle enkelte variationer, men der er også klart, altså, jeg vil sige der har specielt været, måske har der mest været egentlig dem som jeg blev lidt overrasket over som fungerede meget godt med det, og så har der været ellers dem jeg måske ville have gættet på forhånd var stærke i det (Lærer, 4.kl.)

Der er således muligheder for detaljerede indblik i elevernes progression og deres vanskeligheder med stoffet, men som det fremgår af vores materiale, har få af lærerne udnyttet denne mulighed til fulde. Nogle vurderer, at de herigennem nemlig kun får et lille indblik i, hvad eleverne har nemt eller svært ved.

*og så har jeg været derinde og til det workshop vi var der sidst, eller forrige gang, der har jeg siddet og kigget på det, men ellers så har jeg ikke gjort det efterfølgende, fordi de bruger det jo ikke, altså de bruger det kun når vi siger til dem nu skal i arbejde på *Rhapsode** (Lærer, 4.kl.).

Og nogle vurderer, at det er vanskeligt at danne sig et klart overblik.

[Det] er lidt sværere så at blive skarp på hvad er det for nogle ting der er svært, det er lidt sværere at danne sig et overblik for mig om hvor er det de forskellige elever de har nogle udfordringer (Lærer, 4.kl.)

Måske fordi eleverne arbejder alene og stille i *Rhapsode*, oplever lærerne, at de mister føling med elevernes vanskeligheder. Eleverne evalueres jo naturligvis kun af *Rhapsode*, så længe der arbejder derinde. Hvis de opgiver eller laver andre ting, registreres det ikke nødvendigvis.

Jeg er ikke sikker på at jeg har et særlig præcist billede af hvor mange der rent faktisk får arbejdet med det, og hvor mange der går i stå, jeg har med jævne mellemrum snakket med elever der sådan, når jeg så spørger dem så "nå men jeg kom ikke i gang med det" (Lærer, 4.kl.)

Dette er et tydeligere problem i forhold til de svage elever.

[...] jeg ved godt hvor de stærkeste i klassen ryger hen, men jeg ved ikke hvor de svageste ryger hen (Lærer, 9.kl.)

Jeg har en formodning om at der er en del af de svagere elever der finder på andre ting at lave på computeren (Lærer, 4. kl.)

10.9.4 Et større fokus på rollen som læringsfacilitator

Enkelte lærere er meget bevidste om, at *Rhapsode* iscenesætter en undervisning, hvor lærerens fagfaglige formidlingsfunktion bliver mindre mens det at hjælpe med at facilitere elevernes læreproces bliver større, hvad enten det handler om tekniske problemer med teknologien eller det handler om forståelsesproblemer med selve læremidlets instruktioner.

"Jeg bliver jo mere sådan en der skal hjælpe med de tekniske og gå ind og forklare det her der mener man, du skal stille det op sådan eller sådan, altså det bliver mere sådan nogle ting jeg bliver, ikke sådan det fag-faglige på et eller andet, jeg får ligesom en anden rolle, sådan mere en teknisk rolle synes jeg, ja, så skal jeg hjælpe lidt her og der eller omsætte deres forklaringer til noget andet altså." (Lærer)

10.9.5 Rollen som didaktisk designer

Rhapsode overflødiggør på ingen måde læreren. Den frigør nogle muligheder for, at læreren kan prioritere sine ressourcer anderledes, men skal læreren have maksimalt udbytte af *Rhapsodes* potentialer skal den del af lærerrollen, som handler om at være didaktisk designer stå centralt i lærerarbejde.

En lærer formulerer det på denne måde.

"I forhold til min rolle, fuldstændig ansvaret for hvad der bliver arbejdet med i timen, jeg bliver nødt til at forholde mig meget konkret til hvad det er de kommer omkring, i hvert fald på 4. classes niveau og jeg er helt åben for at der kan være nogle andre dynamikker når man kommer

op i udskoling, men på 4. klasse bliver jeg nødt til stadigvæk at være ret klar på hvad er det de for arbejdet med, så jeg kan samle op på det netop, ligesom hvis det er et bogsystem, så jeg tror jeg kommer til at bruge det sådan at jeg kigger ned i okay hvad skal de arbejde med inden for Rhapsode og måske endda selektere lidt i de, hvis det er brøker så selektere, okay vi skal ikke have plus og minus brøker.” (Lærer)

Særligt muligheden for at bruge *Rhapsode* som et værktøj til at remixe det indhold, der skal præsenteres for eleverne samt muligheden for at få informationer om elevernes performance i *Rhapsode* er eksempler på didaktisk designarbejde hos de deltagende lærere.

”Ja, ja jamen det er fast den jeg bruger, den der educator, altså det er jo for at kunne lægge nyt indhold op til dem og for at kunne også gå ind og kigge på altså se hvor langt er de kommet inden for emnet? Jeg kan godt se hvor lang deres progression er procentvis inden for et emne, og det kigger jeg på, og så går jeg ind og redigerer i ja selve indholdet som de så får, altså er jeg jo begyndt at gøre, så hvis de får decimaltal, så kigger jeg inden for decimaltal i hvilke underemner de så skal have, så det er den jeg bruger.” (Lærer)

”Det (underviserrapporter) har jeg brugt meget på at følge, både på at se hvor langt er i egentlig sådan rent forløbsmæssigt inden for de der klodser der er lagt ud, og især omkring formler som har været sådan det store emne her i anden runde.” (Lærer)

Opsamlende kan der peges på, at *Rhapsode* i høj grad påvirker det almindelige lærerarbejde i klassen især i forhold til arbejdsformer i klassen, fordi læremidlet forventer individuelt arbejde og deraf følgende stilhed imens. Dette giver en anden fordeling af lærerens aktiviteter i klassen, og som det sås, kan det frigøre tid til hjælp af enkelt-elever. Evaluering af elevernes arbejde både støttes og udfordres dog gennem inddragelse af *Rhapsode*, idet nok især de svagere elever nogle gange vælger at lave andre ting end *Rhapsode*arbejde og ikke altid beder aktivt om hjælp, hvis de går i stå.

10.10 Elevholdninger: De begejstrede, de overbærende og de opgivende

Når eleverne skal arbejde med *Rhapsode* i matematikundervisningen resulterer det i, at de – som i forbindelse med al anden form for undervisningsaktivitet – udfolder forskellige strategier, som forekommer dem hensigtsmæssige i situationen. De strategier, som eleverne udvikler, skal ses som en konsekvens af, hvordan de oplever

det at bruge *Rhapsode*. I det følgende analyseres, hvordan eleverne beskriver oplevelser og anlagte strategier, og hvordan disse to aspekter hænger sammen. Til at sammenfatte analysen, har vi udviklet en typologi (Tabel 17), der syntetiserer, hvordan eleverne på forskellige måder forholder sig til brugen af *Rhapsode*. Typologien indeholder tre forskellige elevtyper: De begejstrede, de overbærende og de opgivende. Typologiens styrke er, at den fremhæver de gensidigt ekskluderende træk, forskellige elever har. Det er dog vigtigt at holde in mente, at den er en analytisk abstraktion, og det er således de færreste elever der "rent" tilhører en type. Typologiens styrke er endvidere, at den tydeliggør, at der er store forskelle blandt eleverne og samtidig – på en overskuelig måde – præsenterer, hvori disse forskelle består (Ayres & Knafl, 2008).

Tabel 17. Typologi over elevtyper i relation til *Rhapsode*.

	De begejstrede	De overbærende	De opgivende
Stemning	Tilfreds	Kedsomhed	Frustration og nervøsitet
Strategier og handlinger	Arbejder koncentreret og selvstændigt Fred og ro i arbejdet	Spørger sidemand Spørger lærer Bruger hjælpemidler	Klikker rundt Gætter Kigger efter Går i sort
Vurdering	Godt og effektivt	"Fint nok" og kedeligt	Dårligt og uhjælpsomt

De tre elevtyper er forskellige på tre kvalitative temaer: Den stemning, de beskriver *Rhapsode* sætter dem i, de strategier og handlinger, de anlægger på baggrund heraf og deres vurdering og beskrivelse af *Rhapsode* som læremiddel. Inden de tre elevtyper beskrives, udfoldes og begrundes disse tre temaer.

10.10.1 Stemninger

De følelsesmæssige stemninger eleverne er i, er afgørende for, hvilket udbytte de får af undervisningen. I skoleforskning taler man om *den affektive vending*, når man skal beskrive den rolle, elevernes og klassens stemninger spiller (Hjort, 2012; Staunæs,

2012). Mest anerkendt er det, at elevernes motivation er afgørende for, hvad og hvor meget de også får ud af undervisningen. Derfor er motivation selvskrevet et fokus i undersøgelsen af, hvordan *Rhapsode* virker i klasserummet: Hvordan beskriver eleverne deres engagement og lyst til matematik, når de understøttes af *Rhapsode*? I en undersøgelse af, hvilken rolle ny teknologi spiller ift. motivation er det vigtigt at se udover det, der kendes som *novelty effect* (Sung et al., 2009). Dette dækker over, at ny teknologi i klasserummet ofte - qua det at være nyt - virker motiverende, og at denne indledende effekt vil aftage i takt med at læremidlet mister sin nyhedsværdi. Dette er der i dataindsamlingen taget højde for ved, at alle interviews er foretaget efter flere ugers brug af *Rhapsode*, og eleverne derfor taler om det som en integreret del af normalundervisningen.

10.10.2 Strategier og handlinger

Det er kendt fra forskningen i læringsteknologi, at nye teknologier ofte afstedkommer en masse uforudsete – og måske uønskede - effekter og handlinger, når de tages i brug i klasserummet (Selwyn, 2016). Måden hvorpå eleverne bruger *Rhapsode* er afgørende for, hvor meget og hvad eleverne potentielt også får ud af den. I dette tema trækker vi dels på elevernes egne udsagn men supplerer også med lærernes beskrivelser af praksis og klasserumsobservationer. Temaet besvarer, hvad det er, der reelt foregår i den pædagogiske praksis med *Rhapsode* set fra et elevperspektiv.

10.10.3 Vurderinger

Det har været gennemgående for alle eleverne, at de har vurderet og beskrevet *Rhapsode* i relation til andre læremidler og teknologier, de er vant til at bruge i undervisningen – fx MatematikFessor, bøger og Nationale Test. Gennem disse sammenligninger, fremtræder også tydeligt, hvori *Rhapsodes* særegne egenskaber og kvaliteter består oplevet fra elevernes side. Vi sammenfatter i dette tema, hvordan eleverne vurderer *Rhapsode* for hver af elevtyperne.

10.10.4 De begejstrede

Den begejstrede elevtype er den, som også kan beskrives som *Rhapsodes* *implicitte* elev. Ved dette skal forstås, at selve teknologien – algoritmerne og brugergrænsefladen – også indeholder en uarticuleret forestilling om, hvad en elev er, og hvilke dispositioner og karaktertræk, eleven har (Ulriksen, 2009).

Stemning: Tilfreds

Begejstringen har i særlig grad sit udspring i elever, der er tilfredse med de muligheder *Rhapsode* giver dem ift. at lære matematik. Tilfredsheden kan have rod i forskellige forhold, men der er i særlig grad tale om at disse elever motiveres af at kunne følge deres egen progression og have en tydelig følelse af at være færdige. Nogle adresserer eksplicit, at synliggørelsen af deres egen progression og fremdrift – eventuelt spejlet i de andres – inducerer et konkurrenceelement, der kan motivere nogle elever.

Altså jeg ved ikke. Jeg er meget konkurrencemenneske, og jeg synes det er meget sjovt at man kan blive sådan målt og sådan noget, og at man kan sådan sammenligne sig med andre mennesker og sådan noget, for det motiverer mig. (Elev, 9. kl.)

Det er i andre sammenhænge også belyst, at nye teknologier, der synliggør elevernes progression og præstation ofte kan have et konkurrencefremmende element, selvom dette ikke er en del af teknologiens eksplicite formål (Christensen & Knudsen, 2020). Andre elever udtrykker deres tilfredshed i mere generelle vendinger, men den knytter sig overordnet til det forhold, at forløbene er bygget op omkring et afgrænset antal læringsmål, og det derfor er tydeligt for eleverne hvornår de er færdige, og hvornår de ikke er.

Fordi man bliver helt afslappet og nogen gange så når man er færdig, så er man bare helt lettet (Elev, 4.kl)

Strategi og handlinger: Koncentration og selvstændigt arbejde

Den begejstrede elev er karakteriseret ved i høj grad også være den elev, der er selvkørende, og som besidder en evne til at lade sig opsluge af opgavebesvarelserne i *Rhapsode* og nyder godt af, at individualiseringen af læringen også betyder, at de kan arbejde uforstyrret.

Jeg synes faktisk det er meget rart at arbejde alene. Jeg synes det kan være lidt frustrerende at skulle være sammen om en opgave nogen gang hvis det sådan er ret simpelt. (Elev, 9. klasse).

Der tegner sig et mønster i, at de elever, der begejstres over *Rhapsode* også er dem, der er fagligt stærke. Det kommer særligt til udtryk ved, at de ofte er vant til at være dem, klassekammerater ellers søger hjælp hos.

Jeg kan godt lide at arbejde alene, fordi hvis jeg arbejder sammen, så spørger alle sammen mig (Elev, 4. klasse).

Begejstringen har altså ikke kun udspring i, at de føler, at de kan svare på spørgsmålene og blive færdige med et forløb, men også at formen på interaktionen giver dem bedre muligheder for selvstændigt arbejde, end det ellers vil være tilfældet i undervisningen.

Vurdering: Effektivt

Den tilfredse indstilling og den koncentrerede, individuelle arbejdsform gør også, at denne elevtype er overvejende positiv overfor *Rhapsode*. Det hænger særligt sammen med, at den muliggør en effektivisering af undervisningen, hvor der er mindre spildtid. Ikke kun ift. henvendelse fra klassekammerater, men også fordi der ikke går unødigt tid med plenum-gennemgange af det faglige indhold, denne elevtype oplever at kunne på forhånd.

[Det er godt] fordi det ligesom er dejligt. Altså, så behøver læreren ikke at forklare i så lang tid når man sidder derinde i klassen. I stedet forklarer computeren det lidt hurtigere, så man hurtigere kan komme i gang med timen. (Elev, 4. klasse).

10.10.5 De overbærende

Den overbærende elevtype er den, som ikke oplever den samme begejstring, men som heller ikke giver udtryk for at *Rhapsode* tilføjer noget frugtbart til undervisningen. På tværs af skoler og aldre er der mange nuancer i denne type.

Stemning: Kedsomhed

Gennemgående er *kedeligt* den stemning, eleverne typisk fremhæver, når de skal beskrive, hvordan det er at bruge *Rhapsode* i undervisningen. Eleverne peger selv på, at denne oplevelse af kedsomhed har rod i flere forhold. Særligt to ting er gennemgående. Dels at eleverne oplever det kedeligt at svare på de samme spørgsmål gentagne gange, dels at brugergrænsefladen og forklaringerne ikke er indbydende eller motiverende.

Ja det bliver bare kedeligt, kedeligt. Det er kedeligt hvis det er, at man får de samme opgaver så virkelig mange gange.

Kedsomheden indtræffer særligt fordi eleverne oplever at opgaverne både gentages, når de ikke besvares korrekt, for at de således kan høre forklaringen og prøve igen. Men de gentages også selvom de tidligere er besvaret korrekt, for at sikre, at eleverne husker det rigtige svar. Dette udtrykker få af eleverne forståelse for, og de adresserer det også som en teknisk fejl, der får dem til at kede sig. Andre elever fremhæver også brugergrænsefladen som lidet attraktiv og kedelig.

Det er bare meget sådan det samme du sidder med. Der er ikke sådan noget specielt interessant ved det. Du sidder bare sådan og svarer på nogle spørgsmål. Så er det også et meget kedeligt design, synes jeg. I det hele taget, det er bare sådan hvidt. Der kunne man i hvert fald godt lave noget lidt mere spændende.

Strategi: Søger støtte

Denne elevtype er karakteriseret ved at fortsætte sin brug af *Rhapsode*, på trods af at det opleves kedeligt. Dette hænger sammen med, at de anlægger en brugsstrategi, hvor de søger støtte og derved kompenserer for oplevelsen af manglende variation i interaktionsform og passende faglig støtte, der tilbydes i *Rhapsode*. Overordnet er der tre strategier disse elever anlægger: Søger lærerstøtte, spørger en klassekammerat eller bruger eksterne hjælpemidler. Det første drejer sig om, at flere af lærerne går rundt til eleverne, hvis de rækker hånden op for hjælp, mens de sidder i *Rhapsode*. Oplever flere elever brug for hjælp med samme indholdsområde, tager læreren en pause, hvor det gennemgås i fællesskab.

Hvis nu der er et eller andet spørgsmål - det har jeg i hvert fald prøvet - hvor at der er mange der ikke har kunnet forstå det, så siger hun [læreren] det højt for hele klassen. Altså, hvad det er det går ud på.

Andre overbærende elever klarer sig igennem ved at henvende sig til en klassekammerat for hjælp.

Nogen gange er det fint nok, hvis nu der er noget jeg ikke kan forstå, for så spørger jeg måske den jeg sidder ved siden af.

Udover støtte fra læreren og kammerater, fremhæver lærerne også et behov for at støtte eleverne med øvrige læremidler, som fx papir og blyant.

Man har også brug for hjælpemidler, altså papir og blyant, til at lave mellemregninger. Det synes jeg også er en detalje at få med. Altså eleverne sidder der og arbejder på skærmen, men

der er en eller to der kan sidde med det alene. Ellers så har man brug for at skrive også ved siden af og lave mellemregninger.

Vurdering: Kedeligt

Den overbærende elev, ser som udgangspunkt gennem fingre med, at det er kedeligt, hvis blot der kan kompenseres med støtte og interaktion gennem andre kanaler i klasserummet, mens *Rhapsode* bruges. Lærerne fremhæver imidlertid at dette er en balancegang, og at de skal være særlige opmærksomme på at tolke klasserummets symptomer for at sikre, at den oplevede kedsomhed ikke bliver kontraproduktiv.

Ja altså, symptomerne er at de bliver urolige og begynder at snakke med andre og begynder at kigge på andre hjemmesider og så videre. Det de selv siger er at det er kedeligt. (Lærer).

Som anslået indledningsvist er den overbærende elevtype overbærende indtil et vist punkt, hvor det slår over i en frustration. Dette er den tredje elevtype, som brugen af *Rhapsode* tydeliggør.

10.10.6 De opgivende

Den opgivende elevtype er den, der enten ikke formår at anlægge alternative brugsstrategier som den overbærende, eller hvor dette ikke slår til, og de derfor går i sort. For disse bevirker brugen af *Rhapsode* en modløshed, hvor de udtrykker savn ift. den normale undervisning, og *Rhapsode* gør dem nervøse for, om deres egen faglige formåen slår til.

Stemning: Frustration og nervøsitet

Grundstemningen hos den opgivende elev er frustration. Roden er det samme som de overbærende, nemlig en oplevelse af ensformighed og gentagelse. Men hvor den overbærende elev ser gennem fingre med dette, bevirker det, at den opgivende går i stå.

Elev 1: Den varer evigt den der Rhapsode. Man bliver aldrig færdig. Det er rigtig belastende.

Elev 4: Man går meget mere i stå i den.

Andre elever peger på, at oplevelsen af at gå i stå eller et meget svingende niveau i opgavernes oplevede sværhedsgrad kan slå over i en nervøsitet for, om man er fagligt utilstrækkelig.

Elev 1: Man kan godt nogle gange tænke - f.eks. hvis jeg får en rigtig nem opgave og så kommer der en rigtig totalt svær efter - så tænker man: "Er der noget galt med mig eller er der noget galt med den?". Så man begynder at tvivle på sig selv.

Elev 3: Ja, man bliver nervøs.

Strategi: Går i stå, kigger efter og gætter

Som det også fremgår af citatet ovenfor, er en af de strategier, som den opgivende elevtype anlægger, at gå i stå. Når de går i stå sker der som oftest to ting. Enten klikker de vilkårligt rundt eller også kigger de efter. Nogle af disse slår sig sammen to og to, og kan på den måde svare forkert for at få det rigtige svar at vide, hvorefter den anden elev så kan afgive det rigtige svar.

Og nogen gange er der sådan. Så kan vi være to makkere. Den anden skriver, og det er forkert og så står svaret. Så kan den anden kigge efter på hans computer og se svaret og så kan han skrive det og så får han rigtig (Elev, 4.kl.)

En anden strategi for den opgivende elev, er, at de efter at have forsøgt sig frem og læst eller lyttet til forklaringerne, begynder at klikke sig modløst gennem opgaverne i håb om tilfældigvis at få et rigtigt svar eller kommer videre.

Det er jo tydeligst ved de svage børn, de forstår ikke forklaringen og så går de videre og så får de samme problem og så går de tilbage og så siger de "Jamen det har jeg hørt, men jeg er jo sådan set ikke blevet klogere" (Lærer, 4.kl.)

Som læreren her også påpeger, er der et sammenfald mellem de opgivende elever, og dem der oplever de største faglige udfordringer. Dette er omvendt af den begejstrede elevtype, der ofte af lærerne bliver fremhævet som de fagligt stærke, der kan være selvkørende. På denne måde bekræfter forsøgene her, det der kaldes *Matthæus-effekten* indenfor læringsteknologi-forskning (Selwyn, 2011). Dette handler om, nye teknologier ofte "giver til dem, der allerede har" og derfor kan underbygge eller afstedkomme en skæv fordeling af ressourcerne.

Vurdering: Dårligt

Den opgivende elevtype er meget kategorisk når det kommer til vurderingen af *Rhapsode* som læremiddel. De udtrykker, at de ikke ønsker at bruge det fremover og

fremhæver ofte andre læremidler eller undervisningsformer, de i højere grad bryder sig om.

Interviewer: Til lærerne stiller jeg et spørgsmål som hedder "hvis I skulle anbefale kommunen at købe Rhapsode hvad ville I så, hvad ville I sige?". Ville I synes man skulle det?

Elev 4: Nej!

Elev 2: Hell no!

Elev 1: Nej!

Elev 3: Slet ikke! (4. klasse).

11 Matematikfaglige læringsmål, didaktisk design og *Rhapsode*-brug

Matematikdidaktisk set kan de forudgående analyser vedrørende didaktisk design blandt andet perspektiveres i forhold til, hvilken type matematikfagligt læringsmål forskellige designs egner sig til at understøtte, og hvordan *Rhapsode* er blevet og/eller med fordel kan indtænkes i disse måldifferentierede designs. Konkret skelner vi i analysen nedenfor mellem tre typer faglige læringsmål, som forventeligt vil være alle matematiklærere bekendte: Færdigheder, begrebsforståelser og kompetencer.

11.1 *Rhapsode* i en færdighedsorienteret matematikundervisning

En færdighed kan forstås som nogens evne til at udføre en given handling med utvetydige karakteristika (Højgaard, 2008; Jensen, 2007). I de matematikforløb, som *Rhapsode*-inddragelsen foregik i (jf. Højgaard, 2020a), kunne det fx handle om evnen til at beregne brøkdeler af en helhed (4. klasse) og om at kunne indsætte konkrete talværdier i en formel og beregne værdien af den variabel, som står isoleret i formelen. En sådan begrebsbrug giver færdigheder som sigtepunkt for undervisning to væsentlige didaktiske karakteristika (Højgaard, 2008). For det første er det et simpelt læringsmæssigt sigtepunkt, fordi udførelsen af den givne handling i sig selv udtrykker færdigheden, uanset hvad der ligger til grund for evnen hertil. Det er derfor relativt enkelt at evaluere, om en elev har nået læringsmålet eller ej. For det andet er færdighedsudvikling en ret enkel proces at orchestrere som underviser, fordi der er tale om at udføre en "given handling med utvetydige karakteristika", som gør det

simpelt at overskue både hvad der skal instrueres i som lærer og arbejdes med som elev.

11.1.1 Et færdighedsorienteret didaktisk design

Denne ret simple type læringsmål matches godt af et didaktisk design, der følger en relativt fast tidsmæssig skabelon med tre faser (jf. Blomhøj & Højgaard, 2011, som fremstillingen her er baseret på):

1. Læreren gennemgår kort hvordan en bestemt type opgaver kan løses og sætter rammerne for elevernes efterfølgende arbejde med en række af læreren udvalgte opgaver af den gennemgåede type.
2. Eleverne arbejder relativt selvstændigt med opgaverne, og læreren fungerer som konsulent og kontrollant.
3. En fælles opsamling for hele klassen, hvor resultaterne kontrolleres og hvor eventuelle gennemgående problemer med opgaverne tages op.

En sådan undervisningsform støtter sig på og understøtter en fagopfattelse af matematik som en samling begreber og dertil knyttede færdigheder til løsning af bestemte typer af opgaver, og en læringsopfattelse hvor systematisk arbejde med færdighederne ses som kilde til forståelse af begreberne. Samtidig reduceres målene for elevernes læring til et spørgsmål om elevernes beherskelse af færdigheder til løsning af standardopgaver.

Sådan en færdighedsfokuseret, tretrins-opbygget matematikundervisning er ikke ønsket på noget officielt niveau. Tværtimod er der meget i de læreplaner og tilhørende officielle vejledninger (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a,b,c), der formelt sætter rammen om og udstikker kursen for undervisningen, der kan læses som et forsøg på at trække i modsat retning.

Alligevel passer det typiske didaktiske design blandt de lærere, vi har interviewet i dette projekt (jf. afsnit 10.5), fint med tretrins-modellen ovenfor, og mere generelt tyder de få gennemførte deskriptive undersøgelser af "almindelig" matematikundervisning i den danske grundskole på, at den beskrevne tilgang er både vældig populær (Steffensen & Østerby, 2018) og meget udbredt (Hansen, 1980; Mogensen, 2011) - med udbredelsen som en sandsynlig konsekvens af populariteten, da danske lærere traditionelt har stor metodefrihed.

I et forsøg på at analysere sig frem til mulige årsager til en sådan popularitet er begrebet *didaktisk kontrakt* nyttigt. Det beskriver (jf. Blomhøj, 1995; Brousseau, 1997) hvordan en undervisningssituation i enhver form for institutionaliseret uddannelsessystem er styret af en implicit kontrakt mellem læreren og eleverne.

”Kontrakt” skal her forstås metaforisk som en gensidig forståelse og overenskomst, der udvikles gennem årelange forløb både for den enkelte lærer og den enkelte elev som led i socialiseringen i skolen, men også og først og fremmest som en kontrakt der udvikles i den enkelte klasse gennem organiseringen af undervisningen og samspillet mellem læreren og eleverne.

I en færdighedsfokuseret, tretrins-opbygget matematikundervisning kan en sådan didaktisk kontrakt eksempelvis se således ud (Blomhøj 1995):

- Rækkefølge, progression og konkret tilrettelæggelse af det matematikfaglige indhold varetages af læreren, ofte med afsæt i det valgte lærebogssystem.
- Ved indledningen til hvert emne gennemgår læreren omhyggeligt de metoder og algoritmer, der præsenteres i lærebogen.
- Læreren stiller kun opgaver, som eleverne på forhånd har fået præsenteret metoder til at løse.
- En opgave er løst, når dens enkelte spørgsmål er besvaret.
- De ønskede svar kan angives kort ved fx et tal, en figur eller til nød en kort sætning.
- Eleverne har krav på lærerens bedømmelse, når en opgave er løst.
- Elevernes læring kan bedømmes alene ud fra, om de kan regne de stillede opgaver.
- Eleverne gør på deres side deres bedste for at løse de stillede opgaver.

En sådan ”standardkontrakt” er nem og rimeligt ukompliceret at være i for både lærere og elever, og derfor fristende at forfalde til i pressede situationer - eller måske endda gøre til en vane. Den er relativt robust over for uro og manglende faglig elevmotivation, fordi der gennem rammesætningen og rollefordelingen er etableret klare instrumentelle rationaler for deltagelse i undervisningen. Hvis man som elev udfylder rollen får man god hjælp og støtte til at honorere de faglige udfordringer, der stilles. Når først eleverne er i gang med opgaverne, kan læreren stille sig på deres side som hjælper og konsulent. Den erfarne lærer har typisk udviklet et stort beredskab i at kunne identificere og afhjælpe de forskellige problemer, som eleverne kan løbe ind i under arbejdet med de enkelte opgavetyper inden for arbejdet med fx brøker. Eleverne vil derfor ofte i en undervisning der anvender standardkontrakten opleve, at de får god hjælp af læreren. Samtidig er kriteriet for om de er på ”rette vej” meget klart, og de kan ofte selv kontrollere i hvilken grad det er tilfældet ved at tjekke, om deres resultater passer med lærerens eller lærebogens facitliste. Fra et

lærerperspektiv er der således mange aspekter af standardkontrakten, som reducerer kompleksiteten i klasseledelsesudfordringen til et spørgsmål om at følge en fast skabelon.

Etableringen af en didaktisk kontrakt er således primært drevet af lærerens behov. Enhver lærer må sammen med sin klasse søge en balance mellem de institutionelle rammer og regler og de mange forskellige forudsætninger, opfattelser, holdninger og forventninger som læreren, eleverne og forældrene har til undervisning i almindelighed og matematikundervisning i særdeleshed. Hvis ikke der skabes en eller anden form for didaktisk kontrakt mellem lærer og elever, kan undervisningen simpelthen ikke gennemføres. Etableringen heraf er således ikke blot en følge af institutionaliseret undervisning, men også en nødvendig forudsætning for den. Omvendt virker den didaktiske kontrakt – ved både eksplicit og implicit at sætte rammer for den daglige undervisning – i det lange løb tilbage på lærerens opfattelse af faget, af eleverne og af det at undervise, samt på elevernes opfattelse af faget og hvad det indebærer at beherske det.

11.1.2 *Rhapsode*-brug i et færdighedsorienteret didaktisk design

Denne beskrivelse af hvad der antages at være almindelig matematikundervisning i den danske grundskole giver både *Rhapsode* et stort reformistisk potentiale og en stor udbredelsesmæssig udfordring. Begge dele kommer af, at *Rhapsode* som nævnt i afsnit 7.4 ikke er designet som et færdighedsmæssigt træningsværktøj gennem simple, gentagne opgaver, men som en støtte til begrebsforståelse gennem systematisk udfordrende, adaptivt varierende opgaver og ledsagende forklaringer.

Dermed har *Rhapsode* som læremiddel potentiale til at bidrage til at flytte undervisningens fokus fra færdighedstræning til begrebsforståelse, hvilket er et blandt flere elementer i den reformering af matematikundervisningen, som både de ovennævnte ministerielle rammesættende dokumenter og mængder af matematikdidaktisk forskning om emnet (se fx Hiebert & Carpenter, 1992, og National Research Council, 2001, som er klassikere på området) argumenterer for. Samme læringsmæssige rationale og virkemåde udfordrer imidlertid fundamentalt ovenstående beskrivelse af matematikundervisningens "normaltilstand" i den danske grundskole, og dermed forventeligt også lærernes umiddelbare lethed ved og lyst til at integrere læremidlet i det didaktiske design af deres undervisning. I forhold til ovenstående trykke didaktiske "standardkontrakt" vil det i en *Rhapsode*-integreret undervisning således

- *ikke* alene være læreren, men også *Rhapsodes* indbyggede adaptive logikker der bestemmer rækkefølge, progression og konkret tilrettelæggelse af det matematikfaglige indhold.
- *ikke* være muligt for læreren indledningsvist omhyggeligt at gennemgå alle de metoder og algoritmer, eleverne vil møde i den *Rhapsode*-styrede del af undervisningen, fordi læremidlets valg af opgaver er uden for lærerens kontrol og skal forblive sådan som følge af den læremiddeldefinerende individuelle adaptivitet.
- som følge af ovenstående *ikke* vil være muligt for læreren at sikre, at eleverne kun møder opgaver, som de på forhånd har fået præsenteret metoder til at løse.

11.2 *Rhapsode* i en begrebsforståelsesorienteret matematikundervisning

Begrebsforståelse kan forstås som det at indtænke et begreb i en sammenhæng med andre begreber på en måde, der opleves meningsfuld. Med en mere teoritung formulering betyder det at forstå et begreb at assimilere det i forhold til en passende aktiverbar semantisk struktur (jf. Jensen, 2007, som fremstillingen her er baseret på). Baggrunden for denne både forståelsesmæssigt vanskeligere og mere præcise formulering er, at begreber ifølge den teoridannelse, der her trækkes på, er gensidigt forbundet ved hjælp af meningsgivende relationer mellem dem, og at disse relationer er styrende for hvilke begreber der aktiveres samtidigt. For at understrege betydningen af at betragte en begrebsstruktur som et aktiverbart samlet hele indføres (med reference til Piaget) betegnelsen *schema* for sådanne strukturer:

“A schema is an activated part of a semantic network. [...] Thus, a schema is always a representational, permanently modifiable unit, a meaning structure of a particular (although restricted) scope that represents actions, operations [...] or concepts.” (Steiner, 1994, p. 250)

Et *schema*, eller *en aktiveret semantisk struktur*, kan således siges at indeholde to ting: Dels en aktiveret viden om meningsindholdet i en række begreber fra et semantisk netværk, dels regler eller algoritmer der fastlægger de korresponderende forbindelser mellem disse begreber, og som gør det muligt at de kan fungere som en integreret helhed.

I de matematikforløb, som *Rhapsode*-inddragelsen foregik i (jf. Højgaard, 2020a), var det begrebsmæssige omdrejningspunkt brøker (4. Klasse - se fx videoklipet [TS191204-D](#)) og formler (9. Klasse - se fx videoklipet [KK191203-A](#)). Begge disse

begreber tilhører det algebraiske område af matematikken, hvor der hos den enkelte elev fx også kan optræde beslægtede begreber som "tal", "plus", "minus", "dele af", "tæller", "nævner", "brøkstreg", "lighedstegn", "ligninger", "funktioner", "variable", "konstanter" osv., som hver især repræsenterer en viden om en masse konkrete eksempler på tal, brøker, variable, formler og så videre.

En aktiveret semantisk struktur kan så fx være knyttet til "brøkgregning", forstået som at en person konfronteret med et regnestykke som for eksempel

$$\frac{2}{3} + \frac{2}{5}$$

uopfordret vil aktivere begreber som "brøk", "tæller", "nævner" og "plus", og forbindelser som fx "samme nævner", "lige store dele af" og "hvor mange dele i alt. En anden person vil måske – konfronteret med samme regnestykke – aktivere en semantisk struktur knyttet til "brøkgregning" bestående af kontekstrelaterede begreberne som fx "pizzastykker", "lagkagestykker" og "centicubefigurer", og forbindelserne "lige store stykker pizza/lagkage" og "hvor mange af hver farve".

Denne tilgang til hvad forståelse er giver begrebsforståelse som sigtepunkt for undervisning to væsentlige didaktiske karakteristika. For det første er forståelse et subjektivt fænomen, så i en klasse er der potentielt lige så mange forståelsesprocesser i gang som der er personer. Undervisningsmæssigt er en vigtig konsekvens heraf, at der som eksemplet ovenfor illustrerer kan være stor forskel på hvilken semantisk struktur den samme opgave aktiverer hos forskellige personer.

For det andet er forståelse ikke "alt-eller-intet". Forståelse af et nyt begreb betyder at man er i stand til at se begrebet som en meningsfuld del af forskellige situationer (Skemp; 1986/1971, s. 43f). Hvis et begreb er assimileret i mange forskellige aktiverbare semantiske strukturer vil man kunne tilskrive det mening i tilsvarende mange situationer. Med et navn lånt fra grafteori, kemi og sprogvidenskab kan man "gradbøje" en givet persons forståelse af et givet begreb ved at tale om hvilken *valens* dette begreb har for vedkommende, forstået som hvor mange aktiverbare semantiske strukturer begrebet er konstruktivt assimileret i.

11.2.1 Et begrebsforståelsesorienteret didaktisk design

Den form for forståelse, vi taler om her, kan vi med Skemp (1978) referere til som *relationel forståelse* med direkte reference til schema-begrebet, og processen der fører hertil kan tilsvarende betegnes *relationel læring*. Når det er nødvendigt at tilføje ordet "relationel" er det for at kunne skelne operationer med eksterne objekter (symboler, fysisk eksisterende genstande osv.) baseret på en sådan begrebsforståelse fra samme

operationer gennemført uden at objekternes interne repræsentationer er del af en aktiveret semantisk struktur. Denne form for handlen kan vi betegne *instrumentel forståelse* og parallelt hermed tale om *instrumentel læring*, hvilket altså afspejler en slags "regler uden årsager" (Ibid., p. 9). Man "gør bare noget" uden at det sker som en del af en større sammenhæng.

Færdighedsorienteret undervisning kan anskues som en systematisk og effektiviseret anvendelse af instrumentel læring, som kan realiseres med det i forrige afsnit beskrevne ret simple didaktiske design. I modsætning hertil er didaktisk design af relationel læring temmelig komplekst, og derfor også gjort til genstand for mængder af matematikdidaktisk forsknings- og udviklingsarbejde. Det vil føre for vidt generelt at gå i kødet på det her, så vi vil nøjes med at omtale et enkelt aspekt af sagen, som har en direkte relation til de gjorte erfaringer med at inddrage *Rhapsode* i matematikundervisningen.

Det drejer sig om, hvordan man tilrettelægger rækkefølgen af systematisk udfordrende opgaver til udvikling af begrebsforståelsen og færdighedsorienterede repetitive øvelser, når man som del af sin undervisning vil introducere nye matematiske begreber. Hvis der jf. "standardkontrakten" for færdighedsorienteret matematikundervisning indledes med at demonstrere begrebets brug i relation til ganske bestemte snævert afgrænsede procedurer, hvorefter sikkerheden i at gennemføre disse procedurer øves, vil disse øvelser kun aktivere ganske få af de tidligere dannede begreber som grænser op hertil, og derfor med stor sandsynlighed kun fremme en instrumentel forståelse hos de fleste elever. Hvis der derimod indledes med at forsøge at danne relationer til mange af de allerede eksisterende begreber, vil ethvert efterfølgende forsøg på gennem øvelser at forstærke en bestemt af disse relationer ofte medføre at der reflekteres over betydningen af de øvrige, endnu kun svage relationer som derfor som en sideeffekt også vil blive forstærket. I dette tilfælde vil øvelserne derfor medvirke til at forstærke en allerede etableret relationel forståelse. Med den ovennævnte sprogbrug betyder det, at relationel læring konsoliderer forståelsen af de begreber, der allerede med stærkere eller svagere relationer tilhører den eksisterende semantiske struktur, der aktiveres i forbindelse med en bestemt øvelse:

"The significance of this analysis is that if understanding [brugt i betydningen *relationel forståelse*] is built initially, then the ongoing inventive process can operate on mental representations with rich associations. The results of such inventions remain connected to the network of knowledge. Thus, inventions push student's current understanding. Inventions that operate on

understanding can generate new understandings, a kind of snowball effect. [...] If the argument is correct, it points to the importance of building understanding – of creating rich networks of knowledge – when a topic is first encountered.” (Hiebert & Carpenter, 1992, p. 74)

Den klare konklusion herpå er, at man skal starte enhver undervisning inden for et nyt domæne med at løse en masse forskelligartede, bevidst udfordrende opgaver, og først herefter forstærke de dannede relationer ved hjælp af repetitive øvelser.

11.2.2 *Rhapsode*-brug i et begrebsforståelsesorienteret didaktisk design

Som nævnt i forrige afsnit er *Rhapsode* efter vores vurdering designet som en støtte til begrebsforståelse gennem systematisk udfordrende, adaptivt varierende opgaver og ledsagende forklaringer. Dermed har det som læremiddel potentiale til at bidrage til at flytte undervisningens fokus fra færdighedstræning til begrebsforståelse, hvilket er et blandt flere elementer i den reformering af matematikundervisningen, som både de ovennævnte ministerielle rammesættende dokumenter og mængder af matematikdidaktisk forskning om emnet (se fx Hiebert & Carpenter, 1992, og National Research Council, 2001, som er klassikere på området) argumenterer for.

Der ligger en efter vores vurdering ofte uudnyttet mulighed gemt i at man som lærer arbejder bevidst og intentionelt med at etablere den didaktiske kontrakt, så den understøtter de ambitioner man har med sin undervisning og er båret af de holdninger og værdier, man gerne vil være eksponent for. Derved kan man arbejde eksplicit med sine egne indgroede vaner og gøre den didaktiske kontrakt til et virkemiddel for den form for klasseledelse, man gerne vil praktisere (Blomhøj & Højgaard, 2011).

Et af de steder man kan hente inspiration og støtte til en sådan udviklingsproces er i *Rhapsodes* insisteren på læringsmæssigt at have fokus på begrebsforståelse og undervisningsmæssigt at invitere til at indlede med bevidst udfordrende elevaktiviteter frem for lærergennemgang. Det sidste kunne helt meningsfuldt foregå ved at gøre *Rhapsode*-arbejde til forberedende lektielæsning, hvilket er meget i overensstemmelse med læremidlets genese og brug i andre uddannelseskontekster. Da det jf. samme afsnit af flere lærere vurderes som urealistisk at gennemføre i en folkeskolekontekst, bliver alternativet at bruge *Rhapsode* i starten af et undervisningsforløb, hvilket mange af de deltagende lærere som nævnt i afsnit 10.6.4. jo også nåede at gøre sig erfaringer med som en inspirerende mulighed (jf. fx [TS200120-interview-lærer-Rhapsode](#) og [SS191212-interview-lærer-Rhapsode](#)).

11.3 *Rhapsode* i en kompetenceorienteret matematikundervisning

Kompetence kan forstås som nogens indsigtfulde parathed til at handle på en måde, der lever op til udfordringerne i en given situation (Højgaard, 2008; Jensen, 2007). En sådan begrebsbrug, som ikke ligger langt fra ordvalget i KOM-rapporten (Niss & Jensen, 2002, s. 43) og i den gældende læseplan (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, s. 9), giver kompetence som sigtepunkt for undervisning fem væsentlige karakteristika med didaktiske implikationer (jf. Højgaard, 2008, som fremstillingen her er baseret på).

For det første er kompetence et begreb *orienteret mod handling*. Ordet 'handling' er her brugt i bred forstand, idet "parathed til at handle" også inkluderer bevidst at afstå fra at udføre en fysisk handling eller indirekte i sine handlinger at være vejledt af en bevidsthed om bestemte karakteristika ved en given situation. Handlinger behøver således ikke være fysiske – at beslutte sig for hvilke valgfag man vil have er også en handling. Men der er ingen kompetencer forbundet med at være umådeligt indsigtfuld og have en meget veludviklet relationel forståelse af centrale begreber, hvis indsigten og forståelsen ikke kan omsættes til handling i denne brede betydning af ordet.

For det andet har alle kompetencer et *aktionsområde*, dvs. et domæne inden for hvilket de kan aktiveres (jf. Niss & Jensen, 2002, s. 64f). Heri ligger ikke at en kompetence er kontekstuel forbundet med anvendelsen af en bestemt metode til at udføre en given opgave. Hvis det var tilfældet ville et forsøg på at karakterisere generelle kompetencer ikke have nogen mening. Kompetencer er kun kontekstuelle i den forstand, at de er indrammet af de historiske, sociale, psykologiske og andre former for omstændigheder ved den "givne situation", jf. definitionen af kompetencebegrebet.

For det tredje er kompetence et *analytisk begreb* med en indbygget *dualitet mellem en subjektiv og en social/kulturel side*. Subjektiv fordi en kompetence altid er "nogens"; kompetencer eksisterer ikke i sig selv – det der eksisterer er kompetente mennesker. Social/kulturel fordi oplevelsen af i hvilken grad en handling "lever op til udfordringerne i en given situation" altid (men ikke nødvendigvis udelukkende) sker relativt til de omgivelser, der tilskriver handlingen mening og legitimitet.

For det fjerde er kompetence et *normativt begreb* i kraft af, at vurderingen af hvilke udfordringer en given situation rummer, hviler på et normativt grundlag. Som analytisk begreb giver det kompetence et *kritisk potentiale* i forhold til gældende normer, i og med at dette grundlag kan hives frem i lyset og gøres til genstand for refleksion.

For det femte og sidste rummer kompetence et element af *personlig tilbøjelighed*. Hvis en person er i stand til at handle i forhold til en given udfordring men afstår fra at gøre det selv om 'situationen kræver det', dvs. selv om normerne tilsiger at den givne udfordring presser sig på i situationen, eller hvis det kræver en opfordring eller kommando at få personen til at handle, er vedkommende ikke kompetent i situationen. Det er en del af det at være kompetent ikke at være for genert, tilbageholdende, selvudslettende etc., hvilket er det der her forsøges indfanget med ordet "parathed" i definitionen af kompetencebegrebet.

11.3.1 Et kompetenceorienteret didaktisk design

En sådan karakteristik giver mulighed for at pege på to vigtige forskelle på det at facilitere nogens udvikling af en kompetence og erhvervelse af en færdighed (Højgaard, 2008). For det første er 'kompetence' et *mere komplekst begreb* at arbejde med i undervisningen, fordi *udførelsen* af den givne handling ikke i sig selv udtrykker kompetencen, jf. de mange andre aspekter af kompetencebesiddelse nævnt ovenfor.

For det andet er 'kompetence' et *mere ambitiøst begreb* at arbejde med i undervisningen, fordi man simpelthen vil mere på elevernes vegne, end hvis man kun sigter efter færdigheder. Formuleret i kort form er det forskellen på at lære eleverne at handle på automatpiloten, når nogen beder dem om det, og at lære dem at handle på en hensigtsmæssig måde, når en situation "kalder" på det.

Det komplekse ved kompetenceudvikling og -besiddelse gør, at der ikke som ved færdighedstræning findes et didaktisk "standarddesign" og en didaktisk "standardkontrakt". I forlængelse af ovennævnte begrebsforståelse er der dog nogle elementer, som man som lærer skal give sine elever mulighed for at arbejde med, når man designer sin undervisning:

- Det at have fornemmelse for hvad "udfordringerne i en given situation" består i,
- det at afgøre hvilken form for reaktion der lever op til disse udfordringer, samt
- det at sætte sig selv i scene når reaktionen skal føres ud i livet, ofte ved bl.a. at drage nytte af en række erhvervede færdigheder.

Første punkt inviterer til at tænke sit didaktiske design gennem *etablering af prototypiske situationer og kontekster*, som det er relevant for eleverne at lære at forholde sig til (Bundsgaard, 2011). Andet punkt inviterer til at hjælpe eleverne med at forstå, hvilke måder at reagere på, der er fagligt relevante, hvilket kan omsættes til *hvad kernen i forskellige faglige kompetencer er*. Tredje punkt inviterer til at give eleverne

autonomi til selv at vælge og udføre handlinger, som de mener adresserer situationen på en kompetencerelevant måde.

11.3.2 *Rhapsode*-brug i et kompetenceorienteret didaktisk design

I de matematikforløb, som *Rhapsode*-inddragelsen foregik i (jf. Højgaard, 2020a), var der på både 4. og 9. klassetrin eksplicit fokus på først matematisk symbolbehandlingskompetence (jf. Blomhøj & Jensen, 2007; Højgaard, 2020b), dernæst matematisk modelleringskompetence (jf. Jensen, 2009; Højgaard, 2020c). De specifikke kompetenceforståelser vil det føre for vidt at udfolde her, hvor det centrale er følgende konstatering:

Ingen af lærerne i projektet her forsøgte at benytte *Rhapsode* til at varetage den matematikfaglige kompetenceudvikling, som alle udviklingsforløb i projektet var født med som læringsmæssigt omdrejningspunkt, og som de blev undervist i inden hvert forløb. Det viser selvfølgelig ikke, at det ikke kan lade sig gøre, men det støtter en generel oplevelse, vi sidder tilbage med efter at have arbejdet med *Rhapsodes* rationale og virkemåde og diskuteret dens didaktiske muligheder og begrænsninger med projektets lærergruppe: Det er helt grundlæggende vanskeligt at forestille sig *Rhapsode* - eller et hvilket som helst andet læremiddel med samme adaptive rationale - som grundstamme i en kompetenceorienteret matematikundervisning. Jævnfør den ovenstående diskussion af kompetenceorienterede didaktiske designs er *Rhapsode* ikke - og kan også vanskeligt være - designet til og derfor naturligt nok heller ikke velegnet til at undervise gennem etablering af relevante prototypiske situationer og invitationer til autonome elevbeslutninger og -handling.

I et kompetenceorienteret didaktisk design er det eleverne som skal lære at tilpasse deres handlinger til hvad de opfatter som fagligt relaterede udfordringer i en given situation, ikke et læremiddel som skal tilpasse og formulere de udfordringer, eleverne skal arbejde med. Det betyder ikke, at *Rhapsode* er født irrelevant i en kompetenceorienteret matematikundervisning, men den skal jf. afsnittet herom bruges til det den er designet til og har vist sig potentielt velegnet til, nemlig at bidrage til begrebsforståelsesmæssig stilladsering af kompetenceudviklingen.

12 Konklusion og anbefalinger

I denne del af rapporten har vi redegjort for og diskuteret, hvordan didaktisk design af matematikundervisning udfoldes og forstås, når det adaptive læremiddel, *Rhapsode*, inddrages. Endvidere har vi undersøgt, hvilken betydning det ses at få blandt de implicerede lærere og elever. Dette skal kort opsamles herunder.

Det didaktiske design, der traditionelt udfoldes i matematikundervisningen, ændres, når *Rhapsode* anvendes i timerne. Dette skyldes læremidlets udgangspunkt i, at det er designet til at varetage flere lærerfunktioner ved både at forklare nyt stof, stille spørgsmål i relation hertil samt bidrage til en tidslig progression gennem - eller snarere rundt i - stoffet. Læremidlet fungerer derfor ikke optimalt, hvis det alene anvendes som erstatning for et traditionelt træningselement i undervisningen. Imidlertid ser flere lærere en stor fordel i alligevel at assimilere *Rhapsode* i den vanlige undervisning ved at lade læremidlet erstatte gruppe-, par- eller individuelt arbejde med øvelser i det af læreren introducerede indholdsområde for dagen. Dette frigør efter mange læreres mening tid til at hjælpe elever med særlige vanskeligheder eller til at arbejde med udvalgte grupper af elever i timerne. Trods *Rhapsodes* intention om at kunne varetage forskellige lærerfunktioner, oplever både lærere eller elever dog, at det er nødvendigt, at læreren i klassen hjælper med at forklare indhold og opgaver - særligt fordi flere elever ikke benytter - eller lytter til - forklaringerne som *Rhapsode* tilbyder. Måske kunne meget tydelige læreropfordringer til at lytte eller læse forklaringerne anspore flere elever til at få større udbytte af disse, men dette er ikke noget vi har set afprøvet under observationerne.

Et andet meget tydeligt fremtrædende tema i det ovenfor beskrevne ses i forståelserne af adaptation og differentiering. Både lærere og elever synes nemlig at forvente, at *Rhapsodes* adaption består i *differentiering* af opgaver og forklaringer i forhold til enkeltelevens faglige niveau. En sådan forventning må nødvendigvis skuffes, idet læremidlet ikke adapterer ved at stille lettere eller vanskeligere opgaver til eleverne eller ved at forklare stoffet på forskellig vis eller gennem forskellige modaliteter fx. Derimod består adaptionen i alene at stille eleven spørgsmål i de områder af stoffet, som eleven viser vanskeligheder ved og derfor svarer forkert på. Fagligt stærke elever vil derfor hurtig kunne afslutte arbejdet i *Rhapsode*, mens de fagligt mere udfordrede vil opleve, at *Rhapsode* "aldrig slutter". Forskellige grupper af elever på tværs af klasser vurderer derfor læremidlet ganske forskelligt. Der synes dog at kunne anes en forskel mellem de to klassetrin, hvor de yngste elever forholder sig mere skeptiske til læremidlet end de ældste.

Vi har undersøgt betydningen af at bruge *Rhapsode* på elevernes færdigheder og perceptioner. Vi finder en signifikant faglig fremgang blandt elever i 9. klasse, men vi kan ikke skelne hvor meget af fremgangen, der skyldes naturlig progression og hvor meget, der skyldes brug af læremidlet med det anvendte design. På 4. klassetrin finder

vi ikke en effekt af at bruge *Rhapsode* på elevernes færdigheder. Elevernes egenopfattede kompetencer eller faglige motivation ændrede sig heller ikke i observationsperioden. Der skal dog tages højde for, at man muligvis ville finde andre resultater, hvis brugen af *Rhapsode* havde været mere intensiv i projektet, der havde været flere forsøgsdeltagere eller hvis man havde inkluderet en kontrolgruppe i designet.

12.1 anbefalinger

Anbefalinger på baggrund af læremiddelanalyse (kap. 7).

- Det anbefales at læreren er opmærksom på, hvad der karakteriserer læremidlets didaktiske design i forhold til både mål, udtryk, indhold og aktiviteter:

Mål

- Instruktionistisk & højstruktureret inddeling i læringsmål (granulering & parring)
- Kognitivistiske teorier (biologisk model) om hukommelse, konsolidering & multimodalitet
- Indholdsorienteret tilegnelse uden relation til mere komplekse problemfelter (anvendt mat.)

Udtryk

- Mayers minimalistiske principper for multimodalitet (maksimere tilgængelighed, minimere distraktion)
- Formelt udtryk med funktionel brug af billeder & diagrammer og remediering (svar & kategorisering)
- Matematiksprøglig progression i det faglige udtryk (billede-diagram-verbalsprog-notation)
- Funktionel tyngde: symbolsk notation – verbalsprog/billede/diagram
- Granulering/nedbrydning modsvarer af simple udtryk (analytiske sætninger, entydige billeder)

Aktiviteter

- Aktiviteterne varierer med elevernes opgaveløsning og præstationer (performative).
- Differentierer via tilpasning (kerne-ekstra) & læringsstier, men ikke ift. metode og læringsmåde
- Høj rammesætning, kvalifikation og grad af redundans (jf. princippet om én læringsressource)
- Prober typificeret (interaktiv/rækkefølge/match/aktivitet) & associeret i klynger ud fra familielighed
- Progression via iterativ proces og tilpasning ud fra data (tid, præstation og metalæring).
- Aktiviteter prioriteres ud fra to niveauer: kerne/passere & usædvanlig (+ ekstra og automatisere).

Indhold

- Kerneindhold lægger fast, eleverne skal gennem knudepunkter (konstative), formbar progression
- Høj grad af granulering og nedbrydning (formaliseret og højstruktureret indhold)
- Lukket indhold, der er isoleret fra fagets omverden, men også fra åbent indhold i faget
- Fravær af fællesskabende differentiering, kun individualiseret, personaliseret læring.

Mikrogranulering

Minimalistisk design

Styret selvvirksomhed

Kognitiv stilladsering

- Vi anbefaler, at læreren er opmærksom på, at adaptive læremidler ikke kommer til at overtage styring af undervisningen og reducerer differentiering til individualisering. Den særlige kombination af mikrogranulering, kognitiv stilladsering og minimalistisk design er kun fagligt relevant for udvalgte dele af undervisningen. Derfor er det afgørende, at et adaptivt læremiddel med et didaktisk design som *Rhapsode's* indgår som del af en sammenhængende didaktisk rammesætning, så den adaptive logik ikke kommer til at fungere løsrevet fra den øvrige matematikundervisning.

Anbefalinger på baggrund af analyse af Elevers deltagerbaner i Rhapsode (kap. 9).

- Læreren skal være opmærksom på, at en elev med relativt ringe matematikkompetence, faglig motivation og/eller selvregulering kan have brug for at blive holdt på sporet i forhold til at sætte sig ind i læremidlets forklaringer, konsultere læremidlets feedback ved forkert svar samt at tage sig god tid til at svare på opgaverne. Desuden kan denne elev have brug for at læreren anviser alternative måder at gribe opgaver an på, da læremidlet kun præsenterer én tilgang.
- Læremidlet kan bruges til at afdække diskrepans mellem en elevs self-efficacy og faktiske formåen. Denne diskrepans kan fx udmønte sig i, at eleven er præstationsorienteret i forhold til at svare på mange opgaver, men ikke er indstillet på at lære nyt af læremidlet. I denne situation bør læreren vise eleven, hvordan han gennem læremidlets forklaringer og feedback kan blive klædt bedre på til at løse opgaverne korrekt.
- Da ensartede opgaver gentages ved forkert svar fra eleven, og potentielt gentages mange gange, kan det være svært at vide, om eleven grundlæggende forstår de matematikfaglige sammenhænge, som opgaven kræver, eller om eleven kan huske tidligere svar og bruger dette til at løse opgaven uden substantiel forståelse.
- Den relativt dygtige elev kan med fordel bruge Rhapsode til at genopfriske et stofområde. Læremidlet spilder ikke elevens tid med opgaver, som eleven allerede kan, men går hurtigt videre til sværere udfordringer. Selv om eleven som udgangspunkt ikke er i top hvad angår motivation for matematikfaget, så ser det ud til at eleven kan fastholde opmærksomheden med Rhapsodes pace og flow.
- Læremidlet ser ud til at fungere godt i forhold til elever, som er relativt dygtige og motiverede for at lære matematik samt har realistiske vurderinger af egen matematiske kunnen.

Anbefalinger på baggrund af kvalitative analyser (kap. 10 og 11)

Med afsæt i de kvalitative analyser, har vi følgende anbefalinger til fremtidig brug af adaptive læremidler i stil med *Rhapsode* i folkeskolen:

- Ved brug af adaptive læremidler, som i dette projekt er afprøvet gennem *Rhapsode*, anbefaler vi, at der laves en klar introduktion og forventningsafstemning mellem elev, lærer og læremidlet, så der er en fælles forståelse af, hvordan og hvornår læremidlet tilpasser sig eleverne.
- Vi anbefaler, at adaptive læremidler bruges som en mulighed i et landskab af flere læremidler, så mulighederne for læreren for at differentiere på niveau, forklaringsmåder og elevtyper forbliver flest mulige.
- For at få mest mulig ud af adaptive læremidler, anbefaler vi, at der prioriteres tid og kompetenceudvikling til, at lærerne kan arbejde eksperimentelt med brugen af datarapporter i forhold til tilpasning af undervisningen.
- Vi anbefaler, at lærerne selv tilpasser det adaptive læremiddel, så niveau og krav for gennemførelse, fagligt indhold og omfang af læringsmål hænger sammen med det faglige forløb, læremidlet bruges som en del af.
- Vi anbefaler, at læreren i sit didaktiske design af undervisningen med adaptive læremidler har blik for og tilgodeser, at der også gives mulighed for gruppe- og samarbejde i timerne og at andre læremidler inddrages i undervisningen.

13 Referencer

- Agresti, A., & Finlay, B. (2009). *Statistical Methods for the Social Sciences*. 4th Edition. Pearson Prentice Hall.
- Amiel, T., & Reeves, T. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and the Research Agenda. *Educational Technology & Society*, 11(4), 29-40.
- Atkinson, S. (2015). *Adaptive learning and learning analytics: A new learning design paradigm*. BPP Working Papers, BPP University. Tilgængelig på <http://i.unisa.edu.au/siteassets/staff/tiu/documents/adaptive-learning-and-learning-analytics---a-new-learning-design-paradigm.pdf>
- Ayres, L., & Knafl, K. (2008). Typological analysis. *The SAGE encyclopedia of qualitative research methods*, 1, 900–901.

- Balslev, J. (2020). *Evidence of a potential: The political arguments for digitizing education 1983-2015*.
- Bandura A. (1991). Social cognitive theory of self-regulation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 248–287.
- Bernstein, B. (2001): *Pædagogik, diskurs og magt*. Kbh.: Akademisk Forlag.
- Blomhøj, M. (1995). Den didaktiske kontrakt i matematikundervisningen. *Kognition og pædagogik*, 3, 16-25.
- Blomhøj, M. & Højgaard, T. (2011). Hvad er meningen? Didaktisk klasseledelse i matematik via form eller mål. I M. S. Schmidt (red.), *Klasseledelse og fag – at skabe klassekultur gennem fagdidaktiske valg* (143-163). Frederikshavn: Dafolo.
- Blomhøj, M. & Jensen, T. H. (2007). SOS-projektet – didaktisk modellering af et sammen-hængsproblem. *MONA*, 3, 25-53.
- Broadfoot, P. (2013). Learning analytics and technology enhanced assessment (TEA). *Rethinking Assessment, Discussion paper 4*:
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics*. Dordrecht, Holland: Kluwer.
- Bundsgaard, J. (2011). The missing link – prototypiske situationer som didaktisk kategori. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 6, 295-308.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019a). *Matematik Fælles Mål 2019*. København: Børne- og Undervisningsministeriet. Udgivet på www.emu.dk.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019b). *Matematik Læseplan 2019*. København: Børne- og Undervisningsministeriet. Udgivet på www.emu.dk.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019c). *Matematik Undervisningsvejledning 2019*. København: Børne- og Undervisningsministeriet. Udgivet på www.emu.dk.
- Cartwright, N., & Hardie, J. (2012). *Evidence-based policy: A practical guide to doing it better*. Oxford University Press.
- Charmaz, K. (2006): *Constructing Grounded Theory - a Practical Guide through Qualitative Analysis*. Sage.

- Charmaz, K. (2008). Constructionism and the grounded theory method. In J. A. Holstein & J. F. Gubrium (Eds.), *Handbook of constructionist research* (s. 397–412). New York: The Guilford Press.
- Charmaz, K. (2009). Shifting the grounds: Constructivist grounded theory methods. In J. M. Morse, P. N. Stern, J. Corbin, B. Bowers, K. Charmaz, & A. E. Clarke (Eds.), *Developing grounded theory: The second generation* (s. 127–154). Walnut Creek: Left Coast Press. <https://doi.org/10.4324/9781315430577> Ela
- Chi, M., & VanLehn, K. (2010). Meta-cognitive strategy instruction in intelligent tutoring systems: How, when, and why. *Educational Technology & Society*, 13(1), 25-39.
- Christensen, S., & Knudsen, H. (2020). The organization of (non)-competition in education. I *Competition*. In preperation.
- Covington, M. V. (2000). Goal Theory, Motivation, and School Achievement: An Integrative Review. *Annual Review of Psychology*, 51, 171-200.
- Craig, S. D., Anderson, C., Bargagliotti, A., Graesser, A. C., Okwumabua, T., Sterbinsky, A., & Hu, X. (2011). Learning with ALEKS: the impact of students' attendance in a mathematics after-school program. In G. Biswas, S. Bull, J. Kay, & A. Mitrovic (Ed.), *Artificial Intelligence in Education:15th International Conference, AIED 2011* (pp. 435- 437). Berlin: Springer.
- Cronbach, L. J. (1957). The two Disciplines of Scientific Psychology. *American Psychologist*. 12(11), pp. 617-684.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or, the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, London
- De Freitas, S., & Yapp, C. (2005). *Personalizing learning in the 21st century*. A&C Black.
- Dunn, R. and Dunn, K. (1974) Learning style as a criterion for placement in alternative programs. *Phi Delta Kappan* 56(4), 275 – 278.
- Ferster, B. (2014). *Teaching machines: Learning from the intersection of education and technology*. JHU Press.

- FitzGerald, E., Jones, A., Kucirkova, N., & Scanlon, E. (2018). A literature synthesis of personalised technology-enhanced learning: What works and why. *Research in Learning Technology*, 26.
- Gama, C. (2004). Metacognition in interactive learning environments: The reflection assistant model. In J. C. Lester, R. M. Vicario, & F. Paraguaçu (Eds.), *Proceedings of 7th international conference on intelligent tutoring systems* (pp. 668-677). Berlin: Springer.
- Glaser, Barney G. 1998. *Doing Grounded Theory: Issues and Discussions*. Sociology Press.
- Glaser, Barney G. 1994. The Constant comparative method of qualitative analysis. In: Glaser, Barney G. (Ed.). *More Grounded Theory: A Reader*. Sociology Press.
- Gyldendal (n.d.). *Om Matematikprofilen*. Retrieved December 11, 2020, from <https://matematikprofilen.gyldendal.dk/>
- Gyldendal (n.d.). *Om Matematikprofilen – Uddybende beskrivelse*. Retrieved December 11, 2020, from <https://portalmotor.gyldendal.dk/-/media/Home/matematik/matematikprofilen/dokumenter/Kategoribeskrivelser/Kategoribeskrivelser---Matematikprofilen-3.ashx>
- Gyldendal (n.d.). *Om Matematikprofilen – Resultater*. Retrieved December 11, 2020, from <https://matematikprofilen.gyldendal.dk/3-klasse/resultater>
- Gynther, K. (2011). Design Based Research - en introduktion. Available at <http://www.educationlab.dk/wp-content/uploads/2012/01/Design-Based-Research-en-introduktion-KGY-020112.pdf>
- Hansen, K. F. (1980). *Regne- og matematikundervisningen i folkeskolen*. København: Dansk Psykologisk Forlag.
- Hansen, R. (2015). At styre efter målet i matematik - hvad ved vi egentlig om elevers og læreres målorientering? *MONA*, 1, 7-23.
- Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. I D. A. Grouws (red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 65-97). New York, US: Macmillan.
- Higgins, S., Sebba, J., Robinson, C., & Mackrill, D. (2008). *Personalising learning: The learner perspective and their influence on demand*. Review report, Becta.

- Hjort, K. (2012). *Det affektive arbejde*. Samfundslitteratur.
- Holmes, W., Anastopoulou, S., Schaumburg, H. & Mavrikis, M. (2018). *Technology-enhanced personalised learning: untangling the evidence*. Stuttgart: Robert Bosch Stiftung. Available at <http://oro.open.ac.uk/56692/>
- Højgaard, T. (2020a). *Logbog i forbindelse med observation af Rhapsode-støttet, kompetenceorienteret undervisning i matematik i Københavns Kommune 2019-2020*. Publiceret på forfatterens hjemmeside: <http://au.dk/tomas@edu>.
- Højgaard, T. (2020b). *Kompetenceorienteret matematikundervisning*. København: Undervisningsministeriet. <https://emu.dk/grundskole/matematik/matematiske-kompetencer/kompetenceorienteret-matematikundervisning>
- Højgaard, T. (2020c). *Problemløsningskompetence og modelleringskompetence i matematikundervisningen*. København: Undervisningsministeriet. <https://emu.dk/avu/matematik/problembehandling-og-modelleringskompetence/problemløsningskompetence-og-modelleringskompetence>
- Jensen, T. H. (2007). *Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt – hvorfor ikke?* IMFUFA-tekst 458. Roskilde: Roskilde Universitetscenter. Ph.D.-afhandling.
- Jensen, T.H. (2009). Modellering versus problemløsning – om kompetencebeskrivelser som kommunikationsværktøj. *MONA*, 2, 37-54.
- Johnson, D., & Samora, D. (2016). The potential transformation of higher education through computer-based adaptive learning systems. *Global Education Journal*, 2016(1).
- Jones, A., Scanlon, E., Gaved, M., Blake, C., Collins, T., Clough, G., Kerawalla, L., Littleton, K., Mulholland, P., & Petrou, M. (2013). Challenges in personalisation: Supporting mobile science inquiry learning across contexts. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 8(1), 21–42.
- Khribi, M. K., Jemni, M. and Nasraoui, O. (2015). Recommendation Systems for Personalized Technology-Enhanced Learning. In: Kinshuk, Rong Huang (ed.) *Ubiquitous Learning Environments and Technologies*. Springer, Berlin.
- Kolb, D. (1984). *Experiential Learning*. Prentice Hall.

- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of educational research*, 86(1), 42–78.
- Laurillard, D. (2012): *Teaching as a Design Science*. Routledge, London.
- Liu, M., McKelroy, E., Corliss, S. & Carrigan, J. (2017). Investigating the effects of an adaptive learning intervention on students' learning. *Education Tech Research Dev*, 65: 1605-1625.
- Loizidou, A., & Koutselini, M. (2007). Metacognitive monitoring: An obstacle and a key to effective teaching and learning. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 13(5), 499–519.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Hooper, M., Yin L., Foy, P., Fishbein, B., & Liu, Y. (2017). Creating and Interpreting the PIRLS 2016 Context Questionnaire Scales. In Martin, M.O, Mullis, I.V.S, Hooper, M. (Ed.), *Methods and Procedures in PIRLS 2016*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Hooper, M., Yin L., Foy, P., & Palazzo, L. (2016). Creating and Interpreting the TIMSS 2015 Context Questionnaire Scales. In Martin, M.O, Mullis, I.V.S, Hooper, M. (Ed.), *Methods and Procedures in TIMSS 2015*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mejding, J., & Rønberg, L. (2012). *PIRLS 2011. En international undersøgelse om læsekompetence i 4. klasse*. Aarhus Universitetsforlag.
- Nakic, J., Granić, A., & Glavinić, V. (2015). Anatomy of student models in adaptive learning systems: A systematic literature review of individual differences from 2001 to 2013. *Journal of Educational Computing Research*, 51(4), 459–489. doi:10.2190/EC.51.4.e.
- National Research Council (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington DC, US: National Academy Press.
- Natriello, G. (2017). The Adaptive Learning Landscape. *Teachers College Record*, 119(3).
- Niss, M. & Jensen, T. H. (red.) (2002). *Kompetencer og matematiklæring: Idéer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 18 - 2002. København: Undervisningsministeriet. Publiceret på www.uvm.dk.

- Nissen, P. (2007). *Formidling af effektundersøgelser*. Dansk Psykologisk Forlag.
- Normadhi et al (2019). Identification of personal traits in adaptive learning environment: Systematic literature review. *Computers and Education*, 130, 168 – 190.
- Norman, T. (2011). *McGraw-Hill LearnSmart effectiveness study*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Nortvig, A-M., & Gynther, K. (2017). The Double Classroom: Design Patterns Using MOOCs in Teacher Education. I C. Delgado Kloos, P. Jermann, M. Pérez-Sanagustín, D. Seaton, & S. White (red.), *Digital Education: Out to the World and Back to the Campus.: EMOOCs 2017* (s. 254-262). Springer. Lecture Notes in Computer Science Bind 10254
- Petersen, A., Christiansen, R. & Gynther, K. (2017). Changing paradigms: From schooling to schools as adaptive recommendation systems. *Universal Journal of Educational Research*, 5(11): pp. 2081-2091.
- Rodden, K., Fu, X., Aula, A. & Spiro, I. (2008). Eye-mouse coordination patterns on web search pages. *CHI EA '08*, 2997-3002.
- Rogers, E.M. (1983). *Diffusion of innovations*. New York, NY: The Free Press. (oprindeligt publiceret i 1962)
- Sayers, A. (2007). Tips and tricks in performing a systematic review. *The British Journal of General Practice*, 57(542), 759.
- Selwyn. (2011). Does Technology Make Education Fairer? *Education and technology key issues and debates*, 92–115.
- Selwyn, Neil. (2016). *Education and technology: Key issues and debates*. Bloomsbury Publishing.
- Skemp, R. (1978). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Arithmetic Teacher*, 26(3), 9–15.
- Skemp, R. (1986/1971). *The Psychology of Learning Mathematics*, 2. udg. London, UK: Penguin Books.
- Spencer, H (1855). *The Principles of Psychology*. Longman, Brown, Green & Longmans, London.

- Sprent, P. (1993). *Applied Non-parametric Statistical Methods*. 2nd Edition. Chapman and Hall.
- Staunæs, D. (2012). Psy-ledelse: Ledelse af/i uddannelsesorganisationer efter den affektive vending. *Kvinder, køn & forskning*, 3.
- Steffensen, T. & Østerby, H. L. (2018). Hvorfor er matematik så populært i 7.a? *MONA*, 1, 7-26.
- Steiner, G. (1994). Network Theory: Applications to mathematics Education – A Microanalysis. I R. Biehler, R. Scholz, R. Strasser, & B. Winkelmann (red.), *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipin* (pp. 247–261). Dordrecht, Holland: Kluwer.
- Styrelsen for Undervisning og Kvalitet (2016). *Vejledning til folkeskolensprøver i faget matematik – 9.klasse*. August 2016.
- Sun, Q., Abdourazakou, Y., & Norman, T. J. (2017). LearnSmart, adaptive teaching, and student learning effectiveness: An empirical investigation. *Journal of Education for Business*, 92(1), 36–43.
- Sung, J., Christensen, H. I., & Grinter, R. E. (2009). Robots in the wild: Understanding long-term use. *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, 45–52.
- Taylor, R. P. (1980). Introduction. In R. P. Taylor (Ed.), *The computer in school: Tutor, tool, tutee* (pp. 1-10). New York: Teachers College Press.
- Thornberg, R., & Charmaz, K. (2012). Grounded theory. In S.D. Lapan, M. Quartaroli, & F. Reimer (Eds.), *Qualitative research: An introduction to methods and designs*. San Francisco: Jossey- Bass. <https://doi.org/10.4135/9781446282243.n11>
- Ulriksen, L. (2009). The implied student. *Studies in Higher Education*, 34(5), 517–532.
- U.S. Department of Education Office of Educational Technology (2010) *Transforming American Education - Learning Powered by Technology*. National Education Technology Plan.
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221.

- Verdu, E., Regueras, L. M., Verdu, M. J., De Castro, J. P., & Pérez, M. A. (2008). Is adaptive learning effective? A review of the research. *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering*, 7.
- Wang, S., Christensen, C., Cui, W., Tong, R., Yarnall, L., Shear, L., & Feng, M. (2020). When adaptive learning is effective learning: Comparison of an adaptive learning system to teacher-led instruction. *Interactive Learning Environments*, 1–11.
- Watkins, C. (2002). Effective Learning. *Research Matters*, 17.
- Yilmaz, B. (2017). *Effects of adaptive learning technologies on math achievement: a quantitative study of ALEKS math software*. [Ph.d. afhandling]. Tilgængelig fra <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/60519>

14 Appendiks 1

Tabel 18. Items til måling af efficacy (matematik)

Items
Jeg plejer at være god til matematik
Matematik er sværere for mig, end det er for mange af mine kammerater
Jeg er bare ikke god til matematik
Jeg lærer hurtigt i matematik
Matematik gør mig nervøs
Jeg er god til at arbejde med vanskelige matematiske problemer
Min lærer siger, jeg er god til matematik
Matematik er sværere for mig end noget andet fag
Matematik forvirrer mig

Note: $\alpha=0,89$. Spørgsmålsformulering: "Hvor enig er du i disse udsagn om matematik?". Svarkategorier: "Meget enig", "Lidt enig", "Lidt uenig", "Meget uenig".

Tabel 19. Items til måling af efficacy (læsning)

	Items
s_31	Jeg klarer mig som regel godt i læsning
s_32	Det er nemt for mig at læse
s_33	Jeg har svært ved at læse historier med svære ord
s_34	Jeg læser ikke så godt som andre elever i min klasse
s_35	Læsning er sværere for mig end noget andet fag
s_36	Jeg er bare ikke god til at læse

Note: $\alpha=0,84$. Spørgsmålsformulering: "Hvor enig er du i disse udsagn om at lære matematik?". Svarkategorier: "Meget enig", "Lidt enig", "Lidt uenig", "Meget uenig".

Tabel 20. Items til måling af faglig motivation (matematik)

	Items
s_10	Jeg kan godt lide at lære matematik
s_11	Jeg ville ønske, at jeg ikke behøvede at lære matematik
s_12	Matematik er kedeligt
s_13	Jeg lærer mange spændende ting i matematik
s_14	Jeg kan godt lide matematik
s_15	Jeg kan godt lide alt skolearbejde, der har med tal at gøre
s_16	Jeg kan godt lide at løse matematiske problemer
s_17	Jeg glæder mig til matematiktimerne
s_18	Matematik er et af mine yndlingsfag

Note: alpha=0,91. Spørgsmålsformulering: "Hvor god er du til at læse? Fortæl hvor enig du er i hvert af disse udsagn. Svarkategorier: "Meget enig", "Lidt enig", "Lidt uenig", "Meget uenig".

Tabel 21. Items til måling af faglig motivation (læsning)

	Items
s_23	Jeg kan godt lide at tale om det jeg læser med andre mennesker
s_24	Jeg ville blive glad, hvis nogen gav mig en bog som gave
s_25	Jeg synes, det er kedeligt at læse
s_26	Jeg ville gerne have mere tid til at læse
s_27	Jeg nyder at læse
s_28	Jeg lærer meget af at læse
s_29	Jeg kan godt lide at læse noget, der får mig til at tænke
s_30	Jeg kan godt lide, når en bog får mig til at forestille mig andre verdener

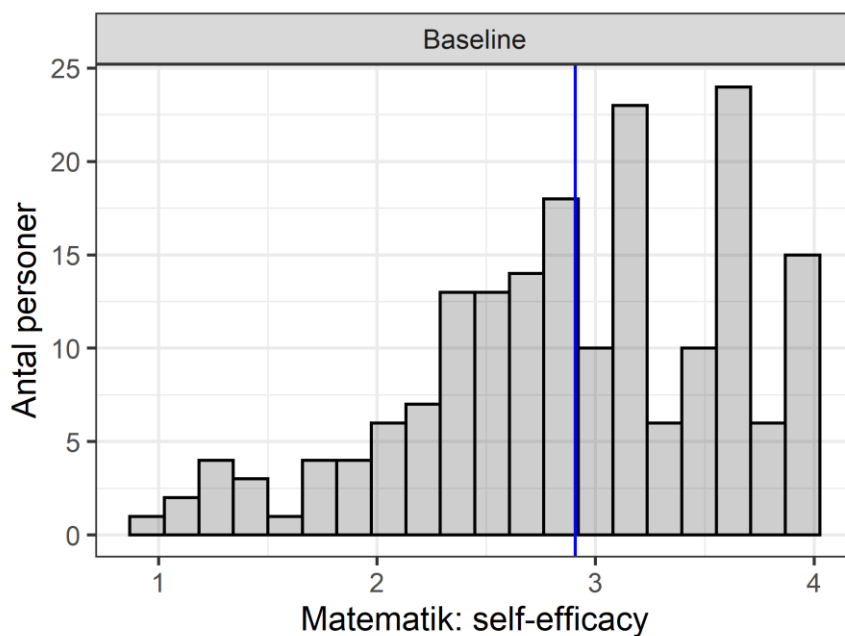
Note: alpha=0,85. Spørgsmålsformulering: "Hvad synes du om at læse? Fortæl hvor enig du er i hvert af disse udsagn." Svarkategorier: "Meget enig", "Lidt enig", "Lidt uenig", "Meget uenig".

Tabel 22. Deskriptive statistikker for indeks

	Mean	SD	Min	Max	Alpha	Skew	Kurtosis
Matematik: Efficacy	2.91	0.70	1.00	4.00	0.89	-0.55	-0.21
Læsning: Efficacy	3.08	0.46	1.00	3.83	0.84	-1.47	3.08
Matematik: Motivation	2.73	0.74	1.00	4.00	0.91	-0.30	-0.73
Læsning: Motivation	2.99	0.66	1.38	4.00	0.85	-0.40	-0.65

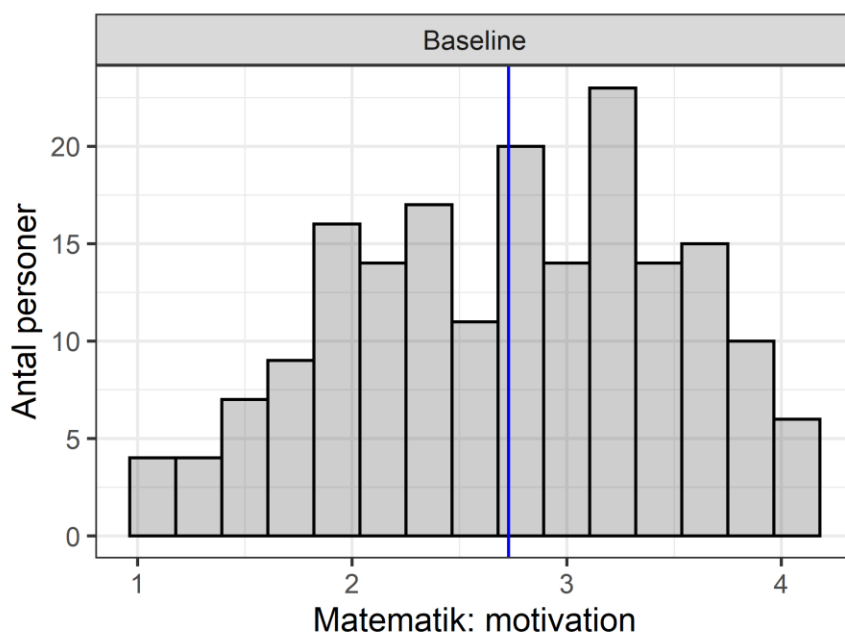
Note: Alle indeks er skaleret fra 1-4. Deskriptive statistikker baserer sig på baseline-målingen. N=184.

Figur 13. Fordeling på indeks for egenopfattede kompetence i matematik



Note: Figuren viser et histogram for indekset for egenopfattede kompetence i matematik. Den blå vertikale linje angiver gennemsnittet på indekset (mean = 2,91).

Figur 14. Fordeling på indeks for faglig motivation i matematik



Note: Figuren viser et histogram for indekset for faglig motivation i matematik. Den blå vertikale linje angiver gennemsnittet på indekset (mean = 2,73).

Rhapsode – design, brug og virkning

Rapport udarbejdet for Københavns Kommune
af Læremiddel.dk og AU, 2020

LÆRE
MIDDEL
○ DK