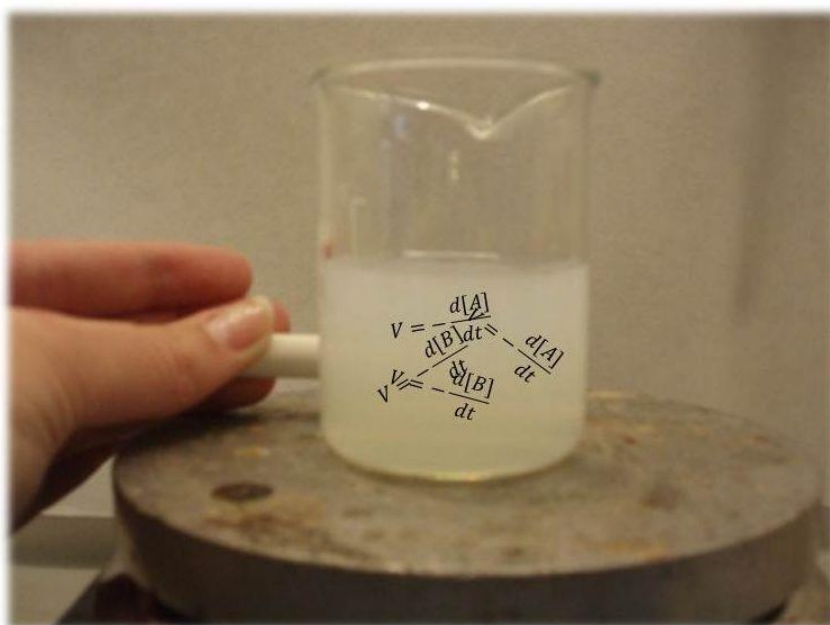


Differentialligninger og reaktionshastigheder



Et tværfagligt undervisningsforløb mellem matematik og kemi

Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik, Syddansk Universitet
Volume 14 • 2012



Volume 14

Rasmussen, Charlotte Burgdorf Guldager Rasmussen & Petersen, Morten Rask

Differentialligninger og reaktionshastigheder – Et tværfagligt undervisningsforløb mellem matematik og kemi

© 2013 Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik, Syddansk Universitet

Printed in Denmark, by Print & Sign, Odense

ISBN 978-87-92321-14-5

Udgivet af
Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik
Syddansk Universitet
Campusvej 55
5230 Odense M

www.sdu.dk/namadi

med støtte fra
NTS Centeret – Nationalt Center for Natur, Teknik og Sundhed



Differentialligninger og reaktionshastigheder

Et tværfagligt undervisningsforløb mellem
matematik og kemi

Charlotte Burgdorf Guldager Rasmussen & Morten Rask Peteren

Forord

Med indførslen af den nye gymnasiereform i 2005 kom der øget fokus på det tværfaglige samarbejde i undervisningen. Et af målene med dette fokusområde har været at formidle den gensidige afhængighed fagene imellem på en måde, så eleverne kan se relevansen af det enkelte fag i en større sammenhæng. Derfor er det også vigtigt, at fagene fremstår ligeværdige i et tværfagligt forløb og ikke, at det ene fag udelukkende bliver et hjælpefag til at forstå det andet med. Den gensidige afhængighed skal være tydelig både i forhold til virkeligheden og i forhold til den konkrete undervisning.

I dette hæfte finder du et tværfagligt undervisningsforløb om samspillet mellem matematik og kemi. Hæftet indeholder dels et undervisningsforløb om differentiallyigninger og reaktionshastigheder og dels en lærervejledning til dette forløb. Forløbet er konstrueret netop henblik på at tydeliggøre den gensidige afhængighed af matematik og kemi, hvor kemien bruges til at grundlægge den matematik, der igen yderligere kan give oplysninger tilbage til kemien.

Hæftet er opbygget således, at der i lærervejledningen findes en uddybende forklaring af de didaktiske overvejelser om forløbet. Endvidere indeholder lærervejledningen et forslag til en struktur for forløbet. Sidst i hæftet findes selve elevmaterialet som kopisider.

Undervisningsforløbet er udarbejdet af Charlotte Burgdorf Guldager Rasmussen i forbindelse med et individuelt studieprojekt på Syddansk Universitet. I kraft af min rolle som vejleder på dette forløb har jeg under processen været i tæt dialog med Charlotte og fulgt hendes indsats for netop at fremhæve den gensidige afhængighed. Jeg håber derfor, at hendes indsats vil bære frugt ved at dette materiale bliver et positivt bidrag til den tværfaglige undervisning i de danske gymnasier.

Morten Rask Petersen, Cand. Scient., Ph.D.

Post doc.

NAMADI – Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik

Syddansk Universitet, 2013

Lærervejledning

Differentialligninger og reaktionshastigheder

*Et tværfagligt undervisningsforløb
mellem matematik og kemi*

Udarbejdet af
Charlotte B. G. Rasmussen
SDU Odense, 2012

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	3
Undervisningsforløbet og sammenspillet mellem kemi og matematik i forhold til bekendtgørelsen	3
Faglige mål.....	3
Kernestof	4
Tilrettelæggelse	4
Elevernes forudsætninger	4
Plan for undervisningsforløbet.....	5
Skematisk oversigt over undervisningsforløbet	5
Modul 1 - Kemi	5
Modul 2 - Matematik.....	6
Modul 3 - Matematik.....	6
Modul 4 og 5 - Kemi.....	7
Modul 6 - Matematik.....	7
Modul 7 - Matematik.....	8
Modul 8 - Kemi	8
Appendix.....	9
1. Formålet med undervisningsforløbet.....	9
IBSE – Inquiry Based Science Education	9
Andet undervisningsmateriale om reaktionshastigheder	10
2. Interesse	12
3. Kompetencer	13
a. De matematiske kompetencer	14
b. De kemiske kompetencer	16
4. Tværfaglighed	17
5. Arbejdsformer	18
a. Gruppearbejde	18
b. Eksperimentelt arbejde	19
c. Klasseundervisning	20
6. Lærerens rolle i undervisningsforløbet	21
Bibliografi.....	23

Indledning

I dette hæfte findes lærervejledningen til det tværfaglige undervisningsforløb ”Differentialligninger og reaktionshastigheder”, som er et forløb mellem kemi og matematik i det almene gymnasium. Først vil det blive gennemgået, hvorfor sådan et undervisningsforløb er vigtigt i forhold til bekendtgørelsen (STX-bekendtgørelsen, 2010), og herefter vil selve planen for undervisningsforløbet blive grundigt gennemgået.

Henvisninger til elevmaterialet er skrevet med forkortelsen EM og herefter angivet med et sidetal. Når der henvises til et bestemt afsnit, er dette gjort ved hjælp af skråskrift.

Eksempel: *Forsøg I: Reaktion mellem thiosulfat og saltsyre* (EM, s. 3).

Ydermere er der i planen for det tværfaglige undervisningsforløb ”Differentialligninger og reaktionshastigheder” henvisninger til appendix, hvor de mest grundlæggende didaktiske tilgange og tanker for forløbet vil blive gennemgået. Desuden er der henvisninger til yderligere litteratur omkring de forskellige emner.

Undervisningsforløbet og sammenspillet mellem kemi og matematik i forhold til bekendtgørelsen

I dette afsnit begrundes vigtigheden af et sammenspil mellem kemi og matematik i forhold til bekendtgørelsen for det almene gymnasium (STX-bekendtgørelsen, 2010). I afsnittet refereres udelukkende bekendtgørelsen for matematik på A-niveau samt kemi på A-niveau.

Faglige mål

Det fremgår tydeligt af bekendtgørelsen for kemifaget, at det er nødvendigt, at eleverne kan anvende matematikken i kemien. Dette ses specielt i de faglige mål, der angiver, at eleverne skal kunne:

- udføre beregninger på kemiske problemstillinger
- relatere observationer, model- og symbolfremstilling til hinanden
- registrere og efterbehandle data

Hvis eleverne ikke behersker matematikken, vil de have meget svært ved at opfylde disse mål. Men med dette undervisningsforløb ønskes det at forbedre elevernes kompetencer (Appendix 3 Kompetencer) netop indenfor disse tre faglige mål.

De omtalte faglige mål i kemi kan i dette tværfaglige forløb kombineres med de faglige mål i matematik (herunder), som angiver, at eleverne skal kunne:

- håndtere formler, herunder kunne oversætte mellem symbolholdigt og naturligt sprog, og selvstændigt kunne anvende symbolholdigt sprog til at beskrive variabelsammenhænge og til at løse problemer med matematisk indhold
- anvende funktionsudtryk og afledet funktion i opstilling af matematiske modeller på baggrund af datamateriale eller viden fra andre fagområder, kunne forholde sig reflekterende til idealiseringer og rækkevidde af modellerne, kunne analysere givne matematiske modeller og foretage simuleringer og fremskrivninger
- anvende forskellige fortolkninger af stamfunktion og forskellige metoder til løsning af differentialligninger

De to første punkter lægger fx op til forskellige modelleringsprojekter, men er også tydeligt inddraget i dette tværfaglige forløb, idet der er lagt op til, at eleverne skal kommunikere meget gennem hele forløbet og anvende forskellige funktionsudtryk osv. Det sidste punkt lægger direkte op til fx et tværfagligt forløb om reaktionshastigheder, hvor anvendelsen af differentialligninger udgør en væsentlig del af behandlingen og forståelsen af reaktionskinetikken.

Kernestof

I forhold til kernestoffet i bekendtgørelsen vil dette tværfaglige undervisningsforløb være medvirkende til i kemi opfylde punktet om reaktionskinetik, og i matematik vil det kunne medvirke til opfyldelsen af punkterne: anvendelse af regression, fortolkning af differentialkvotient samt lineære differentialligninger af 1. orden, kvalitativ analyse af givne differentialligninger samt opstilling af simple differentialligninger.

Tilrettelæggelse

Generelt lægger den nye bekendtgørelse (STX-bekendtgørelsen, 2010) meget kraftigt op til tværfagligt (Appendix 4 Tværfaglighed) samarbejde og projektarbejde, hvilket vil være et af fokuspunkterne i dette undervisningsforløb. Yderligere vil udviklingen af elevernes eksperimentelle arbejde (Appendix 5 b Eksperimentelt arbejde) og derigennem deres kompetencer (Appendix 3 b De kemiske kompetencer) inden for dette være i fokus i kraft af, at der gennem undervisningsforløbet sker en udvikling fra styrede eksperimenter (køgebogsform) til elevstyrede eksperimenter. I sidstnævnte udvikler eleverne selv forsøget.

Elevernes forudsætninger

Det følgende undervisningsforløb er udviklet til en klasse i det almene gymnasium (STX) med matematik på A-niveau og kemi på minimum B-niveau og helst A-niveau. Det forventes, at eleverne har kendskab til differentialligninger, og at dette forløb skal være med til at give eleverne indsigt i anvendelsesmulighederne af disse i kemiens verden. Med kendskab til differentialligninger menes, at eleverne skal have arbejdet med disse før og på egen hånd have løst forskellige typer af differentialligningsopgaver. Disse opgaver behøver dog ikke at være ligeså åbne som opgaverne i dette undervisningsmateriale. Ydermere forventes det, at eleverne har en forståelse for kemiske reaktioner, og hvordan disse forløber. Men det er ikke meningen, at de skal have forhåndskendskab til definitionerne af reaktionshastigheder, reaktionskonstanter etc. Eleverne skal have så stor kemisk forståelse, at det ikke vil være vanskeligt for dem at følge og forstå tankegangen i indledningen af elevmaterialet og at besvare de første af spørgsmålene ved egen hjælp (EM, s. 1-2).

At eleverne har kendskab til både differentialligninger og kemiske reaktioner før dette tværfaglige undervisningsforløb, skal være med til at bevirke, at de ikke føler sig på bar bund fra start og derved ikke kommer til at opleve frustration, men derimod har midlerne til at komme i gang med de stillede opgaver. Disse forudsætninger skal bidrage til, at eleverne allerede har en veludviklet ræsonnements- og repræsentationskompetence (Appendix 3) indenfor begge områder hver for sig og derfor nemmere vil kunne få ”hul” på opgaverne og kunne fokusere på det tværfaglige aspekt i undervisningsforløbet.

Det er vigtigt, at eleverne forstår at overføre de matematiske kompetencer (Appendix 3 a De matematiske kompetencer) til anvendelse i andre fag som fx kemi, og derfor er dette projekt opbygget således, at der fokuseres på udviklingen af differentialligningerne i forhold til de kemiske reaktioner. Det er dog stadig vigtigt, at eleverne bruger deres viden fra kemien, da det ellers ikke vil være muligt for dem at finde løsninger til spørgsmålene i elevmaterialet.

Plan for undervisningsforløbet

I dette afsnit skitseres en mulig måde at køre undervisningsforløbet på, men dette kan selvfølgelig varieres alt efter klassens niveau, underviserens ønske om evt. andre eller flere mål (Appendix 1 Formålet med undervisningsforløbet), en anden tildeling af undervisningen etc. Nedenstående skal således udelukkende ses som en inspiration til, hvordan elevmaterialet kan anvendes.

Herunder ses en skematisk opstilling af det tværfaglige undervisningsforløb om differentiallyigninger og reaktionshastigheder. Skemaet er inddelt i moduler (venstre kolonne), hvor et modul svarer til 90 minutters undervisning, som er fordelt mellem henholdsvis kemi- og matematiktimerne (midterste kolonne). Forløbet er bygget op, så det kan afvikles på cirka to uger alt efter den enkelte klasses fordeling af timerne. I højre kolonne gives en kortfattet beskrivelse af hvert modul. Den efterfølgende tekst er en grundig gennemgang af hvert enkelt modul.

Skematisk oversigt over undervisningsforløbet

Modulnummer	Fag og emne	Forklaring og evt. arbejdsformer
1	Kemi Forsøg med natriumthiosulfat og saltsyre	Kort introduktion til emnet samt laboratorieøvelse, hvor eleverne samarbejder to og to. Vejledningen (EM, s. 3) følges nøje og alt noteres.
2	Matematik Behandling af data	Grupperne bibeholdes og data behandles vha. spørgsmålene, som findes i forsøgsbeskrivelsen (EM, s. 4).
3	Matematik Evaluerings af forsøget og spørgsmålene	Eleverne får alle en ny makker og løser opgaverne i afsnittet <i>Evaluerings af forsøget og resultaterne</i> (EM, s. 5).
4	Kemi (/Matematik) Fortolkning og forberedelse af nyt eksperiment	Der dannes nye par efter niveau, hvor de stærkeste elever tildeles forsøg A og de resterende tildeles forsøg B. Forsøgsvejledningen optimeres og godkendes af kemilæreren! (EM, s. 5-7)
5	Kemi Forsøg	Forsøget udføres.
6	Matematik Behandling af data	Spørgsmålene under <i>Efterbehandling af forsøget og forsøgsvejledningen</i> (EM, s. 7) besvares i parrene. Herefter blandes parrene, så hvert par består af en elev, som har udført forsøg A og en, der har udført forsøg B.
7	Matematik Opsamling	Opsamling af omkring differentiallyigningerne og de fundne hastighedskonstanter osv.. Klassediskussion omkring differentiallyigningers anvendelse.
8	Kemi Opsamling	Opsamling omkring udførelsen af forsøget og evt. forbedringer/erfaringer og om emnet reaktionshastigheder med lærestyret undervisning og klassediskussion.

Modul 1 - Kemi

Første modul startes med et kort oplæg i klassen, hvor underviseren stiller åbne spørgsmål, som hvad reaktionshastigheder er, hvor kender eleverne det fra deres hverdag, hvad ville der ske, hvis alle reaktioner forløb lige hurtigt osv. Det er her vigtigt, at underviseren ikke giver svarene, men sørger for at holde dialogen i gang og på den måde aktivere eleverne og derigennem få dannet et

godt interessegrundlag for forløbet (Appendix 5 c Klasseundervisning, Appendix 2 Interesse). Det er desuden vigtigt, at underviseren ikke viser formler eller andre matematiske tilgange til emnet, da ønsket med forløbet er en problem- og undersøgelsesbaseret naturvidenskabelig tilgang til projektet, hvor eleverne selv skal finde svarene (Appendix 1 0 IBSE – Inquiry Based Science Education). Det er meningen, at eleverne herefter i par udfører forsøget om reaktionshastigheder mellem thiosulfat og syre i kemitimen, da dette skal danne grundlaget for beregningerne i matematiktimerne. Forsøgsbeskrivelsen for reaktionen mellem thiosulfat og syre findes i elevmaterialet (EM, s. 3).

Ved gennemtestning af forsøget på to grupper af elever bestående af 10. klasser-elever og 1. g-elever blev det erfaret, at forsøgsudførelsen tager ca. 30 min., hvis alt udstyr på forhånd er fundet frem til hver enkelt gruppe og oprydningen blot består af afskylning af glasudstyr.

Eleverne arbejder i selvvalgte grupper af to personer for at højne muligheden for, at parrene er velfungerende, og at forsøget bliver udført med lige stor deltagelse fra begge i gruppen. Forsøget er meget enkelt, hvilket er et bevidst valg, da der ønskes fokus på selve forsøget og ikke på anvendelsen af udstyr (Appendix 5 b Eksperimentelt arbejde). Ved at holde forsøget enkelt, bliver det også lettere for eleverne, når de senere selv skal lave en forsøgsvejledning, da de nemmere kan gennemskue, hvad de har gjort i dette forsøg.

Modul 2 - Matematik

I matematiktimen skal eleverne sammen med deres partner udvikle hastighedsudtrykket for reaktionen og derefter anvende deres viden om differentialligninger til at beregne hastighedskonstanten. Dette sker ved, at eleverne besvarer spørgsmålene i forsøgsbeskrivelsen (EM, s. 4).

Igen er det en fordel, at eleverne er i selvvalgte grupper, da dette er medvirkende til, at miljøet, hvor diskussion af spørgsmålene foregår, er mere åbent, og det accepteres, hvis der er noget, som den enkelte ikke forstår. Det kan desuden være bidragende til, at der i højere grad tages kritisk stilling til de resultater, eleverne når frem til. Hvis den enkelte føler sig tryk i omgivelserne, giver det større selvtillid og kan lede til flere frugtbare diskussioner.

Spørgsmålene er opbygget således, at eleverne først vejledes til at overveje, hvad hastighedsudtrykket er generelt og herefter fokusere på forsøget mellem thiosulfat og syre. Denne konstruktion er med til at vise eleverne, at hastighedsudtrykkene kan bruges til behandling af konkrete reaktioner og vil medvirke til, at eleverne lettere kan forholde sig til matematikken bag. Dette er netop et af målene med undervisningsforløbet (Appendix 1 Formålet med undervisningsforløbet).

Underviseren skal i dette modul forsøge at hjælpe eleverne så vidt mulig og sørge for, at de ikke kommer ”ud af en tangent”, hvilket stiller store krav til lærerens overblik i modulet. Der er mange måder at gøre dette på, men da ønsket i det tværfaglige undervisningsforløb og specielt i dette modul er, at eleverne opnår selvstændighed i hypotesedannelse og udvikling af fx kommunikationskompetencen indenfor naturvidenskab, er det vigtigt, at underviseren forsøger at hjælpe ved at stille spørgsmål (Appendix 6 Lærers rolle i undervisningsforløbet).

Modul 3 - Matematik

Efter behandlingen af forsøget blandes parrene, og eleverne besvarer spørgsmålene i afsnittet *Evaluering af forsøget og resultaterne* (EM, s. 5) med en ny makker. Arbejdet med disse spørgsmål vil blive behandlet i matematiktimerne, hvor der vil være rig mulighed for at få hjælp til den matematiske forståelse af formler og udledningen af disse.

Grupperne bliver i denne time blandet til nye grupper (Appendix 5 a Gruppearbejde - matrixgrupper). Ved at sætte eleverne i nye grupper stilles nye krav til deres kommunikationsevne og anvendelsen af fagudtryk, da deres nye makker ikke nødvendigvis har samme forståelse for opgaverne, som deres forhenværende makker. Tilmed kan det være vanskeligere for eleverne at forklare sig overfor en person, som de ikke kender så godt, som den makker de selv havde valgt. At eleverne skal videreformidle deres resultater gør også, at de er nødsaget til at sætte sig ekstra godt ind i stoffet, og de får endnu engang muligheden for at forholde sig kritisk til forsøget og deres egne og andres resultater.

Modul 4 og 5 - Kemi

Efter alle data fra det første forsøg er blevet behandlet i matematiktimerne, begynder planlægningen af forsøget, som eleverne selv skal lave forsøgsvejledningen til i modul 4. Hvorvidt denne forsøgsvejledning skal laves i kemitimerne eller matematiktimerne afhænger af mulighederne i skemaet for den enkelte klasse. Det anbefales dog på det kraftigste, at det er kemilæreren, som i sidste ende godkender forsøgsvejledningen af sikkerhedsmæssige årsager.

Eleverne blandes i par efter niveau, da det kan være svært at håndtere 2. ordens-reaktioner for de mindre stærke elever. Dette betyder, at svagere elever tildeles forsøg B (EM, s. 6), og de stærkeste elever prøver kræfter med forsøg A (EM, s. 6) (Appendix 5 a Gruppearbejde – Niveauinddelte grupper). Formålet med niveauinddelingen er, at højne det faglige niveau mest muligt for flest mulige. Ved denne arbejdsform sikrer underviseren et ligeværdigt forhold, hvor eleverne har mulighed for at hjælpes ad i stedet for, at en elev i gruppen selvstændigt løser opgaven.

Valget af to forskellige forsøg er ikke kun for at opnå fagligniveauinddeling men også for, at alle eleverne ikke laver det samme. Det kan være interesserende at se, at den samme teori brugt i flere situationer (Appendix 2 Interesse).

For at eleverne selv kan udvikle forsøgsbeskrivelsen, er der i elevmaterialet under *Spørgsmål til at lave forsøgsbeskrivelsen* (EM, s. 5), opstillet nogle spørgsmål, som kan være med til at guide eleverne igennem opgaven. Som underviser er det her særdeles vigtigt at lytte og stille spørgsmål, selvom eleverne kommer med ideer osv., som måske ikke ligger direkte op af spørgsmålene. Dette er en vigtig del i udviklingen af elevernes naturfaglige dannelse (Appendix 1 0 IBSE – Inquiry Based Science Education).

I modul 5 skal eleverne udføre de forsøg, de har lavet vejledning til, og her skal underviseren være støttende og stille spørgsmål til, hvad eleverne ser, forventer af forsøget osv. for på den måde at være med til at motivere eleverne og pirre deres nysgerrighed.

Modul 6 - Matematik

Når eleverne har udført forsøgene, efterbehandles dataene i en matematiktime ved hjælp af spørgsmålene i afsnittet *Efterbehandling af forsøget og forsøgsvejledning* (EM, s. 7). Som beskrevet i elevmaterialet, skal eleverne nu blandes i nye par således, at hvert par består af en elev, som har udført forsøg A, og en elev, som har udført forsøg B (Appendix 5 a Gruppearbejde - matrixgrupper). I de nye par deler eleverne deres resultater og besvarelser til spørgsmålene, og kan frit stille opklarende spørgsmål til det andet ikke-udførte forsøg.

Forløbet er med til at udvikle flere af elevernes matematiske kompetencer (Appendix 3 a De matematiske kompetencer) bl.a. ræsonnements-, kommunikations-, tankegangs- og repræsentationskompetencen, som i dette tværfaglige undervisningsforløb kaldes de fagoverskridende kompetencer (Appendix 3 Kompetencer), idet der findes tilsvarende kompetencer inden for de kemiske kompetencer (Appendix 3 b De kemiske kompetencer). Specielt for de

kemiske kompetencer skal det desuden nævnes, at den eksperimentelle kompetence vil kunne blive stimuleret og udviklet gennem dette modul og specielt de to foregående moduler (4 og 5).

Modul 7 - Matematik

Dette tværfaglige undervisningsforløb afsluttes for matematikundervisningens vedkommende med en med en fælles opsamling i klassen af de to forsøg, hvor de fundne ligninger og grafer for begge forsøg gennemgås. Dette skal gøres for at opnå en institutionalisering af emnet differentialligninger og de opnåede resultater. Dette vil være med til at give eleverne et godt overblik og en følelse af en ordentlig afslutning af forløbet (Appendix 5 c Klasseundervisning).

Efter opsamlingen er der mulighed for at afholde en klassediskussion evt. med anvendelsen af summegrupper omkring, hvad differentialligninger ellers kan anvendes til. Som perspektivering kan underviseren bl.a. fortælle lidt om, hvornår og hvordan differentialligninger er opstået. Til sammenligning og for at knytte forløbet sammen kan matematikunderviseren med fordel kort inddrage fakta for, hvornår hastighedsudtrykkene første gang opstod i kemien og måske tage en diskussion med eleverne om tidsspændet mellem opdagelse og afdækning af anvendelsesmuligheder.

Modul 8 - Kemi

Som med matematikundervisningen afsluttes kemiundervisningen af forløbet med en lærerstyret kemitime med almindelig tavleundervisning, hvor der vil være en opsamling omkring forsøgets udførsel og evt. optimering heraf og herefter om emnet reaktionshastigheder. Det foreslås her, at læreren efter gennemgangen af de to forsøg kort opridser de tre hastighedsudtryk for nulte-, første- og andenordensreaktioner og evt. følger op på de halveringstider, som eleverne har fundet, for derved også at opnå den ønskede institutionalisering i kemifaget (Appendix 5 c Klasseundervisning).

Det vil også være en god ide at inddrage kollisionsteorien (se fx Parbo, Nyvad, & Mortensen, 2007), da dette kan lede til en snak i klassen om, hvorfor hastighedskonstanten afhænger af koncentrationen af reaktanterne. Derudover vil der være mulighed for, at underviseren inkluderer andre emner, som kan være relevante i forhold til emnet reaktionshastigheder. Dette kunne fx være katalysatorer, temperaturafhængighed, Arrhenius-ligningen, reaktionsmekanismer etc., men inddragelsen afhænger af, hvad underviseren finder relevant og evt. også mulighederne indenfor det materiale, som normalt anvendes i den enkelte gymnasieklasse.

God fornøjelse med forløbet!

Charlotte B. G. Rasmussen

Syddansk Universitet

Appendix

1. Formålet med undervisningsforløbet

Matematik opfattes ofte af eleverne som meget abstrakt og uden større relevans for samfundet (Michelsen & Iversen, 2009). Michelsen og Iversen er af den opfattelse, at hvis man kan få eleverne til at se sammenhængen mellem matematik og virkeligheden, så vil dette styrke elevernes matematikfaglige viden og udvikle deres forståelse for faget. Det vil også illustrere matematikkens anvendelighed til forståelsen af andre fag, så matematikken ikke bare er et overset værktøj. Derfra stammer motivationen til at lave et tværfagligt undervisningsforløb med reaktionshastigheder, som skal udtrykkes ved hjælp af differentialligninger for på den måde at virkeliggøre matematikken for eleverne.

Hvis man derimod kigger på undervisningsforløbet med en kemilærers briller, så vil han/hun måske stille sig skeptisk overfor konceptet, da det ikke er de kemiske reaktioner, der er i centrum. Til gengæld kommer eleverne igennem en større proces, hvor de får dannet mange erfaringer med eksperimentelt arbejde og udviklet deres forståelse af, at kemiske formler ikke bare er hokuspokus, men at de faktisk kan begrundes meget grundigt ved hjælp af matematikken. Dette tværfaglige undervisningsforløb har til formål at illustrere, hvorledes forsøg kan anvendes og udvikles og ikke blot bruges til at verificere allerede kendt teori. Dette vil bidrage til elevernes udvikling af den eksperimentelle problemløsningskompetence (Appendix 3 b De kemiske kompetencer) (Jacobsen, 2008).

Netop udførelsen af forsøg, gør kemifaget og andre naturfag til noget ganske særligt. Ud over at skabe grobund for læring kan forsøgene også skabe en større interesse både for kemifaget, men så sandelig også for matematikdelen af undervisningsforløbet.

På sin vis er det ikke nyskabende at lave et undervisningsforløb mellem netop kemi og matematik, da disse fag har en stærk tilknytning til hinanden, specielt hvis der ses på anvendelsen af matematikken i kemien. Dette undervisningsforløb er dog anderledes, idet ønsket er, at eleverne *selv* skal indse, at kemi kan bruges til at bevise matematiske udtryk og differentialligninger. Til dette formål anvendes en didaktisk undervisningsmetode indenfor naturfag, som kaldes Inquire Based Science Education (IBSE).

IBSE – Inquiry Based Science Education

IBSE er en didaktisk undervisningsmetode, der er opstået indenfor naturfag, og vis formål er at øge interessen og læringsudbyttet af naturfag. Grundideen ved IBSE-metoden kan beskrives som en deltagerstyret, problem- og undersøgelsesbaseret undervisningsmetode, hvor der tages udgangspunkt i et åbent fælles spørgsmål eller problemstilling, som eleven alene eller i mindre grupper forsøger at finde en løsning på ved hjælp af forskellige former for støtte og guidet af deres lærer (Østergaard, Sillasen, Hagelskjær, & Bavnghøj, 2010).

IBSE er kendetegnet ved en større deltagerrefleksion, som foregår gennem fagfællede diskussioner, læring i praksisfællesskaber og et tydeligt sammenspil mellem hypotesedannelse og praktisk/eksperimentielt arbejde (Damholt & Linderøth, 2010).

IBSE er ifølge Østergaard *et al.* (2010) opbygget af fire faser:

Problemafdækning – består i at eleven eller de mindre grupper forsøger at løse de naturfaglige problemer, der er blevet opstillet af den enkelte elev eller klassen i fællesskab.

Hypotesedannelse – på baggrund af elevernes egen viden opstiller de løsningsforslag, som de efterfølgende diskuterer i grupper.

Undersøgelse af hypotese – gennem undersøgelser og eksperimenter afprøves et løsningsforslag.

Konklusion, validering og kontekstualisering – Herefter præsenterer gruppen løsningsforslaget og søger efter kilder, som kan be- eller afkræfte deres løsningsmodeller. Dette skal gøres med henblik på at relatere undersøgelserne til eksisterende viden og teori om problemet og relaterer hele forløbet til elevernes verden udenfor klasselokalet.

IBSE-metoden giver desuden store muligheder for at udvikle elevernes kommunikationskompetencer og deres evner indenfor hypotesedannelse og metoden lægger tilmed op til stor selvstændighed i det praktiske arbejde, hvilket ellers kan være en mangelvare i det danske undervisningssystem.

I Figur 1 ses hvilke andre kvaliteter Østergaard *et al.* (2010) mener, at den deltagerstyrede problem- og undersøgelsesbaserede naturfagsundervisning kan bidrage med. IBSE-metoden er testet mange steder i verden og viser gode resultater for elevernes udvikling af naturvidenskabelige kompetencer, dannelse og ikke mindst øget interesse for naturfagene. Ønskes mere viden om disse internationale projekter og resultater, anbefales det at læse artiklen, Inquiry-based science education - Har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det?, i MONA (Østergaard, Sillasen, Hagelskjær, & Bavnghøj, 2010).

	Kvaliteter ved IBSE-metoden
Dominerende læringsteori	Konstruktivisme Læring i praksisfællesskaber
Undervisnings-form	Dialogisk
Klasserums-aktivitet	Elevcentreret
Dominerende arbejdsform	Primært gruppebaseret
Lærerens rolle	Spørgende og til dels vejledende
Lærerens holdning	Autentisk
Elevernes holdning	Reflekterende
Elevdeltagelse	Aktivt udforskende
Anvendelse af arbejdsmetoder (efter Østergaard, 2005, s. 80)	Observerende Undersøgende Registrerende (dataindsamling) Hypotesedannende Forudsigende Eksperimenterende Kommunikerende Konkluderende Konstruerende (herunder design og brug af udstyr og redskaber)
Succeskriterium	Skabe forståelse af overordnede principper/begreber Skabe motivation hos eleverne
Evaluerings	Formativ såvel som summativ (Harlen, et al., 2009)

Figur 1 Liste over fordele og kvaliteter ved IBSE-metoden (Østergaard, Sillasen, Hagelskjær, & Bavnghøj, 2010).

Andet undervisningsmateriale om reaktionshastigheder

Det ønskes yderligere, at eleverne bliver gjort tydeligt opmærksomt på, at det er differentiallyigninger, som de arbejder med i forbindelse med hastighedsudtryk og ikke bare tilfældige formler. Efter at have studeret en del forskellige undervisningsbøger (Parbo & Nyvad,

2010, Mygind, 1996, Kristiansen & Cederberg, 2007, Kristiansen, 2008, Bruun & Jensen, 2002 og Jensen, 2007) og andet materiale (fx EMU - Danmarks undervisningsportal¹), som anvendes i kemifaget, er det blevet tydeliggjort, hvorfor det er svært for eleverne at se, hvor de forskellige udtryk i kemien stammer fra, og hvordan de udledes. Dette ønskes belyst ved, at eleverne selv skal arbejde med hastighedsudtrykkene og udlede dem gennem deres viden om differentiallyigninger. I det følgende afsnit opridses kort, hvordan tilgangene er i udvalgte danske lærebøger.

Et meget anvendt sæt lærebøger i gymnasieskolen er Kend Kemien (Parbo, Nyvad, & Mortensen, 2007, Parbo & Nyvad, 2010). I Kend Kemien 2 (Parbo, Nyvad, & Mortensen, 2007), som er en lærebog til B-niveau kemi, nævnes for første gang i serien noget angående reaktionshastigheder og i afsnittet, som til forfatterens forsvar skal siges, er meget kort, bruges ordet differentiallyigninger på intet tidspunkt. Parbo *et al.* (2007) opskriver et hastighedsudtryk ved brug af formler ud fra et reaktionsskema for citronsyre og hydrogencarbonat, under formelen står der i teksten:

reaktionshastighed kan altså også læses som minus tilvæksten i stofmængdekonzentration af en reaktant pr. medgået tid (Parbo, Nyvad, & Mortensen, Kend Kemien 2, s. 207 nederst, 2007). Den skarpe elev, som både kan kombinere tekst og formler og tilmed behersker matematikken på højt niveau, kan måske indse, at der er en forbindelse mellem kemien og matematikken, og at formelen ikke bare er opstået tilfældigt. Dette betvivles dog meget kraftigt. Til sidst i afsnittet, som sidste bemærkning står der: *Matematisk er øjebliksværdien givet som minus differentialkvotienten til koncentrationen som funktion af tiden*. Efter dette står endnu engang en formel (dog et andet eksempel) for reaktionshastigheden, men løsningen til differentiallyigningen er ikke opskrevet. Hvis underviseren ikke selv meget kraftigt fremhæver matematikken i forhold til denne lærebog og præciserer, hvordan formlerne bliver defineret og udledt, så vil dette drukne i kemien.

I Kend Kemien 3 (Parbo & Nyvad, 2010) er den matematiske tilgang til emnet reaktionshastigheder en smule bedre, og ord som differentiallyigninger og differentialkvotient er hyppigere brugt i dette kapitel. Løsningen til differentiallyigningen for henholdsvis nulte-, første- og andenordenreaktioner er givet i kapitlet men uden en udledning af disse eller eventuelle sammenligninger af dem, hverken kemisk eller matematisk.

Lærebøgerne i Kend Kemien-serien (Parbo, Nyvad, & Mortensen, 2007, Parbo & Nyvad, 2010) skal dog have ros for de mange grafiske afbildninger af de forskellige hastighedsudtryk og differentiallyigninger, og det bliver tydelig gjort, at hældningen svarer til hastighedskonstanten. Dog er der på intet tidspunktet fremhævet, hvordan sammenhængen mellem illustrationerne for målingerne og graferne er for de udledte ligninger.

Serien med undervisningsmateriale til kemifaget fra Aurum – Kemi for gymnasiet (Kristiansen & Cederberg, 2007, Kristiansen, 2008) er stort set tilsvarende serien Kend Kemien. I bogen for B-niveau og første år A-niveau bliver reaktionshastigheder kun meget kort gennemgået i et delkapitel. På de få sider bliver et eksempel med ozon og nitrogenoxid gennemgået med grafer og på disse illustreres nogle tangenter, som der ikke yderligere redegøres for. Til sidst opskrives hastighedsudtrykket for reaktionen, hvilket er alt, hvad der matematisk set er at finde her. Der bliver ikke på noget tidspunkt gjort opmærksomt på, at eleven kan anvende differentiallyigninger til at finde hastighedskonstanten, eller hvordan dette ellers kan gøres.

Til gengæld skal der lyde en stor ros og respekt for udledningen af differentiallyigningerne for de forskellige hastighedsudtryk i Aurum – Kemi for gymnasiet 3 (Kristiansen, 2008), hvor selv stamfunktionerne, som anvendes i udledningen er opskrevet. Dette er en meget grundig gennemgang, og der er ikke kun illustrationer og grafiske afbildninger af konkrete eksempler, men også generelle grafer, hvor der tydeligt står, hvordan grafen skal aflæses, hvordan akser er inddelt,

¹ <http://www.emu.dk/gym/fag/ke/>

og hvordan evt. omregning mellem fx den naturlige logaritme og eksponentialfunktionen finder sted.

I kapitlet er der tilmed et afsnit, som hedder eksperimentielle metoder, som ved hjælp af opgaver på fornuftig vis illustrerer, hvordan samspillet mellem eksperimentielle forsøg og matematikken fungerer. Der er ingen tvivl om, at netop denne bog fra Aurum (Kristiansen, Aurum - Kemi for gymnasiet 3, 2008) er den mest anvendelige, når det kommer til at belyse sammenspillet med kemien og matematikken i forhold til reaktionshastigheder. Der er dog den ulempe, at eleverne ikke selv får lov til at udlede formlerne og derved indse, hvad teorien matematisk set indeholder. Bøgerne i bogserien Kemi 2002 (Mygind, 1995, Mygind, 1996) er næsten tilsvarende Aurum og vil ikke blive gennemgået, da serien er ved at blive redigeret og genoptrykt.

Til sidst gennemgås kemibøgerne fra Isis (Bruun & Jensen, 2002, Jensen, 2007). Isis Kemi B (Bruun & Jensen, 2002) minder så meget om Aurum – Kemi for gymnasiet 2 (Kristiansen & Cederberg, 2007), at der ikke vil blive redegjort yderligere for den her. Isis Kemi A (Jensen, 2007) ligger imellem de to foregående serier, når det kommer til, hvor godt emnet reaktionshastigheder er gennemgået matematisk set. Isis er en lærebog med meget tekst og få illustrationer generelt pr. emne og dette er også gældende for kapitlet om reaktionshastigheder. Forfatteren H. B. Jensen har en god tilgang til emnet ved først at definere reaktionsorden, og da hastighedsudtrykket så skal defineres, benyttes et helt afsnit af kapitlet på at koble disse to ting sammen via differentiaalligninger, hvilket giver eleverne et godt overblik og mulighed for at se sammenhængen mellem matematikken og kemien.

Efter gennemgangen af disse lærebøger ses det, at i forhold til at illustrere sammenspillet mellem kemi og matematik for eleverne er det nødvendigt, at underviseren gør en kæmpe indsats udover det allerede eksisterende undervisningsmateriale for at inddrage eleverne og for at få bearbejdet formler og udledninger grundigt nok til, at det ikke føles som tryk foran elevernes øjne. Tilmed mangler der ikke kun en teoretisk gennemgang af (som endda kun findes i Aurum – Kemi for gymnasiet 3 (Kristiansen, 2008)), hvordan man kan koble formlerne med eksperimenter, men også en vejledning til, hvordan underviseren kan give eleverne denne erfaring i praksis.

Hermed er det sidste formål med dette undervisningsmateriale for det tværfaglige undervisningsforløb *Differentiaalligninger og reaktionshastigheder* ridset op.

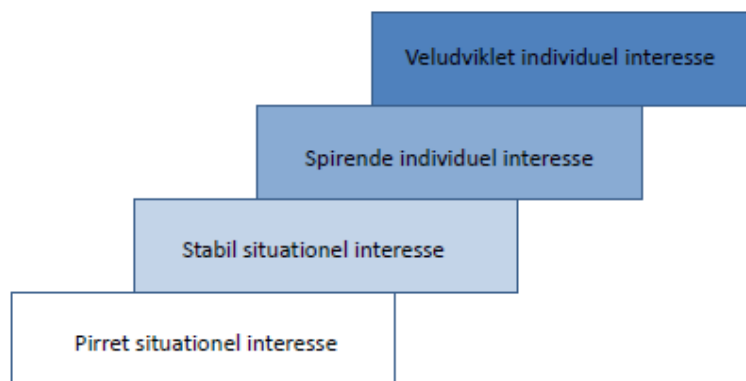
2. Interesse

Interesse er noget af det allervigtigste indenfor undervisning og læring. Hvis eleverne ikke har interesse for faget eller det ikke lykkes underviseren at skabe interesse, så vil der ske en ringe eller ingen læring hos eleverne. Med interesse som grundlag i dette tværfaglige undervisningsforløb er der mulighed for læring hos den enkelte elev.

Gennem dette tværfaglige undervisningsforløb vil eleverne opdage, at der er en sammenhæng mellem matematik og kemi, men også at fagene har relevans for deres hverdag, hvilket kan være med til at skabe interesse for fagene (Michelsen & Iversen, 2009), og på den måde opnå relaterbarhed og dermed interesse for forløbet. På den måde ser eleverne, hvad det de lærer i skolen kan bruges til, og hvordan det hænger sammen med andre fag, hvilket gør, at eleverne bliver bedre til at tænke på tværs af traditionelle faggrænser (Ulrichsen, 2001).

Det er muligt at skabe en ”pirret situationel interesse” gennem undervisningsforløbet ved at åbne elevernes øjne for matematikken og kemien. En ”pirret situationel interesse” er første trin i Hidi og Renningers (2006) firefase-interessemodel, og det er det trin, hvor eleven får interesse for forløbet, og det hele startes. I det efterfølgende trin ”stabil situationel interesse” skabes forståelsen for, hvad eleven kan bruge undervisningsforløbet til, og interessen for emnet er lidt større. Herefter bliver eleven selv opsøgende og oplever, at stoffet er spændende og noget, der ønskes mere viden om. Denne fase kaldes den ”spirende situationelle interesse”. Det sidste trin er den ”veludviklede

situationelle interesse”, og når eleven er i denne fase, så er interessen for emnet og forløbet så stor, at eleven ikke kan skræmmes væk. Som underviser skal man bemærke, at eleven ikke kan tvinges igennem faserne, og at eleven skal igennem alle faserne, samt at selvom eleven er nået til den ”veludviklede situationelle interesse”, altså den sidste fase, så skal interessen stadig holdes ved lige, da den ellers forsvinder igen (Hidi & Renninger, 2006).



Figur 2 Firefase-interessemodellen om udvikling af interesse (efter Hidi & Renninger, 2006)

Det er vigtigt, at underviseren har for øje, at eleverne er forskellige og derfor alle har forskellige udgangspunkt for dannelsen og udviklingen af interesse, og at nogle elever slet ikke vil få interesse for faget uanset tiltaget. Aikenhead (2009) har et bud på, hvordan eleverne i en klasse kan inddeles (se Figur 3). Eleverne kan godt tilhøre flere grupper alt efter fag og emne.

De elever (potentielle videnskabsfolk og ’Jeg-ønsker-viden’-elever), som allerede interesserer sig for matematik og kemi er naturligvis nemme ”at fange” fra starten af et undervisningsforløb og befinder sig allerede i tredje eller fjerde fase af Hidi og Rennigers firefase-model for interesse (Figur 2). Elever hvis interesse potentielt kan aktiveres og udvikles, er typisk de elever, som er kvikke, men ikke vedkender sig kulturen. Det er disse elever, som man kan få fat i, hvis det lykkes at skabe interesse for emnet og faget.

Elevgruppe	Beskrivelse
Potentielle videnskabsfolk	Kender kulturen i forvejen og har gjort den til en del af sig selv
’Jeg-ønsker-viden’ elever	Kender ikke kulturen i forvejen, men vil gerne være en del af den
Andre kvikke unger	Vedkender sig ikke kulturen, men opnår gode resultater alligevel
’Det-ved-jeg-ikke’ elever	Mangler kulturkendskab og dækker over dette med en overfladiskhed
Outsidere	Kender ikke kulturen og modarbejder den, da den strider mod deres egne opfattelser
Insider-outsidere	Kan godt forliges med naturfagskulturen men ikke med skolekulturen

Figur 3 Inddeling af forskellige elevgrupper i en klasse (Aikenhead, 2009).

3. Kompetencer

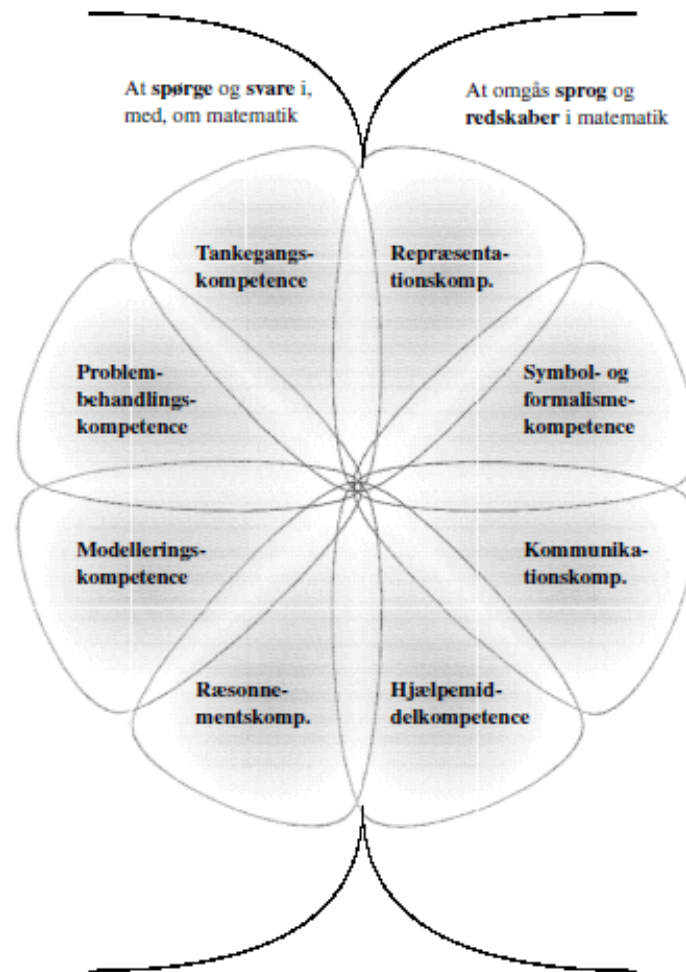
Kompetence vil i dette tværfaglige undervisningsforløb blive defineret, som det at have viden om, forstå, udøve, anvende og kunne tage stilling til et fag (her matematik eller kemi) og fagets påvirkning i forskellige sammenhænge og situationer (Niss & Jensen, 2002). Så begrebet kompetence skal her forstås som ekspertise.

Nogle kompetencer vil automatisk blive mere anvendt i tværfaglige undervisningsforløb end andre. Disse kompetencer kalder Michelsen og Iversen (2009) for fagoverskridende kompetencer. Her vil de tre kompetencer kun kort blive nævnt. En yderligere gennemgang af dem fra henholdsvis et matematisk og et kemisk synspunkt kan findes i appendix 3 a *De matematiske kompetencer* og 3 b *De kemiske kompetencer*.

I dette tværfaglige undervisningsforløb mellem matematik og kemi kan det diskuteres, hvorvidt kommunikationskompetencen også er fagoverskridende, da temaet netop lægger op til, at eleverne skal se sammenhængen mellem matematikken og kemien. Derfor skal eleven kunne anvende fagterminerne og stille spørgsmål i, om og med det ene fag i det andet fags miljø og derved bliver det nødvendigt med en kommunikationskompetence fra den enkelte elev, som spænder over begge fag.

De matematiske kompetencer blev i år 2002 grundigt defineret af Niss og Jensen i den såkaldte KOM-rapport (Niss & Jensen, 2002). Der vil i dette appendix kun kort blive skitseret, hvad de otte forskellige matematiske kompetencer bygger på, for yderligere uddybning kan det anbefales at læse KOM-rapporten. Ydermere vil det blive gennemgået, hvilke tre former for overblik og dømmekraft vedrørende matematik Niss og Jensen har defineret.

Som det ses på Figur 4, så bliver de otte matematiske kompetencer delt ind i to grupper, hvor den ene er at spørge og svare i, med og om matematik og den anden er at omgå sprog og redskaber i matematik.



Figur 4 Repræsentation af de otte matematiske kompetencer (Niss & Jensen, 2002)

Første gruppe af kompetencer (spørge og svare i, med, om) kan udtrykkes som de kompetencer, hvor der er fokus på, at eleven kan stille spørgsmål og have blik for typen af svar (tankegangskompetencen), selv kan svare på sådanne spørgsmål både i og med matematik (dækker både problembehandlingskompetencen og modelleringskompetencen) og sidst, men ikke mindst, at kunne forstå, bedømme og frembringe argumenter for svar på matematiske spørgsmål (ræsonnementskompetencen).

Gruppen af kompetencer, som omhandler sprog og redskaber i matematik, dækker over elevens evne til at kunne anvende og skifte mellem forskellige typer af repræsentationer af matematiske sagsforhold (repræsentationskompetencen), at kunne håndtere de forskellige typer af repræsentationer af symboler og formalisme (symbol- og formalismekompetencen), at kunne kommunikere i, med og om matematik (kommunikationskompetencen) og at kunne anvende forskellige typer af matematiske hjælpemidler (hjælpemiddelkompetencen).

De enkelte kompetencer og kompetencegrupper kan ikke stå alene, da det i alle matematiske problemer vil være nødvendigt med en god blanding af alle otte kompetencer for at kunne forstå problematikken, diskutere den og løse den. Det er dog muligt at udvikle forløb og opgaver, hvor der vælges et specielt fokus på enkelte af de matematiske kompetencer.

Udover de otte matematiske kompetencer, så er der i KOM-rapporten (Niss & Jensen, 2002) også derfineret tre former for overblik og dømmekraft, som vedrører matematik som fagområde. Disse kaldes også af nogle for anden ordens-kompetencer, ekstrakompetencer eller tillægskompetencer. De er inddelt i:

- (i) *Matematikkens faktiske anvendelse i andre fag- og praksisområder.*
Hvilket vil sige, at eleven skal kunne se, hvem der anvender matematik til hvad.
- (ii) *Matematikkens historiske udvikling, såvel internt som i samfundsmæssig belysning.*
Altså at matematikken har udviklet sig i tid og rum, i kultur og samfund. Her skal man dog være opmærksom på, at man ikke forveksler dette med matematikhistorie.
- (iii) *Matematikkens karakter som fagområde.* Elevens bevidsthed om, at matematikken som fagområde har sin egen karakteristika og hvordan denne er i forhold til andre fagområder.

b. De kemiske kompetencer

Det er ikke helt så let at definere de kemiske kompetencer, for der er ingen forslag til netop de kemiske kompetencer i litteraturen, men der er lavet nogle forslag til, hvilke kompetencer, som dækker naturfagene og ud fra disse og specielt det eksempel, som Dolin *et al.* (2003) har udviklet for fysik, vil der i denne lærervejledning blive givet et bud på, hvordan de kemiske kompetencer kan defineres.

Som udgangspunkt defineres syv kompetencer, som er fire specielt for kemifaget (problem- og modelkompetencen, eksperimentkompetencen, repræsentationskompetencen, perspektiveringskompetencen) og tre mere generelle for alle (natur)fag (tankegangskompetencen, ræsonnementskompetencen og kommunikationskompetencen).

For de tre generelle kompetencer bruges definitionerne næsten, som Dolin *et al.* (2003) har lavet dem. Dermed dækker tankegangskompetencen over, at eleven skal have et funktionelt kendskab til kulturen indenfor kemien og evnen til at kunne begå sig i denne kultur kaldes ræsonnementkompetencen. Hvis eleven kan kommunikere med og om faget og kulturen, så beherskes kommunikationskompetencen.

De fire kompetencer, som er mere specifikke for netop kemi (og naturfagene), dækker over forskellige evner og måder at opnå disse kompetencer på alt efter hvilket naturfag, de skal defineres for. Derfor er definitionerne herunder kun for kemi.

Problem- og modelkompetencen er til forskel fra KOM-rapporten (Niss & Jensen, 2002) her slået sammen til én kompetence, da disse to egenskaber i kemifaget anses for altid sammenhængende i større eller mindre grad. Problem- og modelkompetencen bygger på, at eleven skal kunne, formulere et problem indenfor kemien og herefter gøre det muligt at undersøge problemet eksperimentelt.

Eleven skal kunne opstille betingelserne for variableerne i problemet/modellen (og på denne baggrund kunne opstille en matematisk model, hvis det er muligt) og herefter behandle og fortolke resultaterne.

Jacobsen (2008) har defineret den eksperimentelle problemløsningskompetence, som evnen til at danne eksperimentelle strategier og løse problemer eksperimentelt. Dette dækker over det, at kunne planlægge, udføre, beskrive og evaluere et eksperiment, hvilket kræver, at eleven skal have forståelse for sammenhængen mellem teori og eksperiment og dermed have viden om fejlkilder og usikkerheder. I forhold til KOM-rapporten (Niss & Jensen, 2002), kan man sige, at denne kompetence i kemi også dækker over hjælpemiddelskompetencen, da det forventes, at eleven kan anvende forskellige former for udstyr.

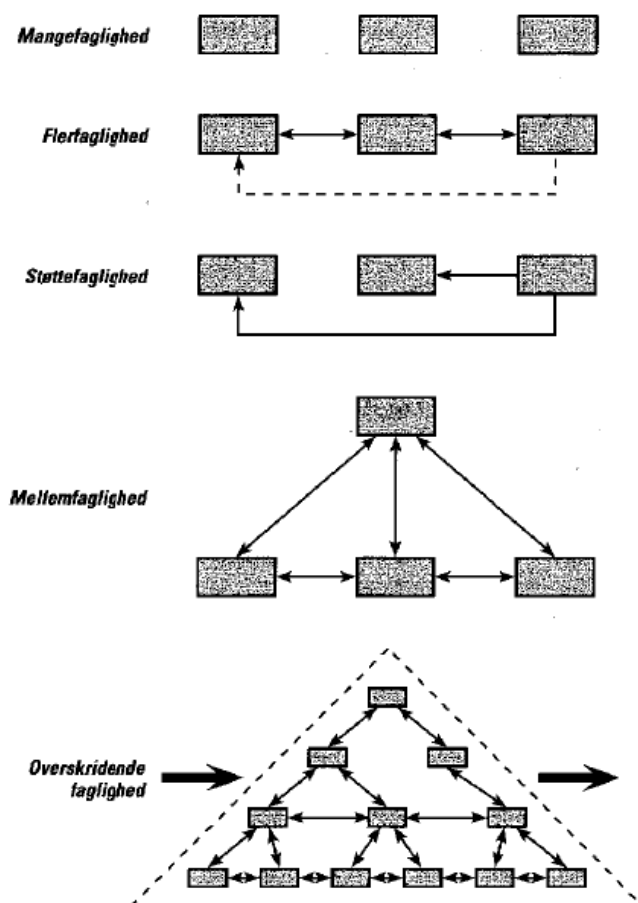
Repræsentationskompetencen indenfor kemi betegner det, at en elev kan arbejde med forskellige repræsentationer af kemiske fænomener og skifte mellem disse alt efter formål og situation.

Ydermere skal eleven kende til styrker og svagheder ved forskellige repræsentationer. Denne kompetence dækker også over forståelsen af kemiske symboler og anvendelsen af disse i forskellige sammenhænge.

Endeligt er der perspektiveringskompetencen, som er den evne en elev besidder, hvis han eller hun kan perspektivere kemien i forhold til faget selv, andre fag, erkendelsesforhold, historiske udvikling og eleven selv. Denne kompetence er meget stor og på et vist niveau, kan man sige, at en elev aldrig igennem sin gymnasietid vil kunne nå at opfylde denne til fulde, men formålet med denne kompetence er, at eleven evner at forholde sig kritisk til (herunder også etisk), hvad kemien kan og ikke kan bruges til.

4. Tværfaglighed

Der findes mange forskellige former for tværfaglighed og der findes en mængde forskellige definitioner på forskellige former for tværfaglighed (fx (Beckmann, 2009), (Ulrichsen, 2001)). I dette tværfaglige projekt er målet at opnå det, som Eric Jantsch (Ulrichsen, 2001) kalder mellemfaglighed og/eller til dels støttefaglighed fra kemi til matematik. Et mellemfagligt undervisningsforløb er, hvor fagenes grænser stadig eksisterer, så man kan skelne dem fra hinanden, men hvor der er stærkt samarbejde mellem underviserne og en god koordinering af timerne. Ulrichsen arbejder med fem forskellige måder, hvorpå fag kan relatere til hinanden, disse er illustreret på Figur 5.



Figur 5 Illustration af de fem forskellige relationer, der er imellem fagene ifølge Eric Jantsch (Ulrichsen, 2001).

Mangefaglighed er den almindelige gymnasieundervisning, hvor hvert fag "lever deres eget liv". Flerfaglighed, Støttefaglighed og mellemfaglighed vil underviseren generelt kalde for tværfaglighed trods det, at der er en væsentlig forskel på de tre. I flerfaglighed er der et samarbejde mellem de fag, som indgår, men der er ingen former for koordinering af fagene til hinanden eller til noget fælles i fagene. Støttefaglighed ses, når der sker en tilpasning af fagene, men den kun går den ene vej (Ulrichsen, 2001). Det er ofte en af de to foregående former for tværfaglighed, som opnås, når matematik er et af de fag, som indgår i et tværfagligt forløb også selvom dette ikke er hensigten, så er det i hvert fald tit det, som eleverne opfatter; altså at matematik kun bliver brugt som et værktøj til andre fag (Michelsen & Iversen, 2009).

Til sidst ses det, som Eric Jantsch kalder, overskridende faglighed, som er der, hvor alle fagene er blandet sådan, at eleverne ikke kan se det enkelte fag men også, at der arbejdes sammen med andre uddannelser og flere af deres forskellige fag. Dette ses sjældent i uddannelsessystemet, men er ofte den form for tværfaglighed, der arbejdes med indenfor forskning (Ulrichsen, 2001). Faget matematik udgør tit en vigtig del i den overskridende faglighed, fordi det anvendes i mange og ofte skjulte sammenhænge i mange forskellige projekter (Michelsen & Iversen, 2009). Men da det i dette tværfaglige projekt netop er målet, at eleverne skal indse, hvad matematik er og kan bruges til, så er dette ikke denne form for tværfaglig, som ønskes opnået her.

5. Arbejdsformer

I dette afsnit gennemgås de typer af arbejdsformer, som benyttes i undervisningsforløbet.

a. Gruppearbejde

Gruppearbejde er et rigtig godt værktøj til både handlingssituationen, formuleringsfasen og i nogen grad til valideringsfasen (Winsløw, 2009) alt efter, hvordan det enkelte undervisningsforløb er bygget op. I dette tværfaglige undervisningsforløb forventes det, at eleverne har læst indledningen i elevmaterialet (EM, s. 1) inden timen, og at de også har valgt en makker til at udføre forsøget med. På den måde har underviseren skubbet devolutionen ud af undervisningen. Der vil selvfølgelig være rig mulighed for, at hver enkelt elev kan stille spørgsmål til elevmaterialet og forløbet før, under og efter forsøget udføres.

Alt gruppearbejde foregår i par i dette undervisningsforløb. Dette er for at sikre, at flest mulige elever får det højest mulige faglige udbytte. Ved at nøjes med at danne grupper med to elever, så undgås der i vid udstrækning, at der er elever, som ikke deltager aktivt i undervisningen, for det er på den måde ikke muligt for den enkelte at "gemme sig". I undervisningsmaterialet er der lagt op til forskellig brug af pararbejde, som kort vil blive gennemgået herunder. Fælles for dem alle er dog, at de er med til at styrke kommunikationskompetencen og evnen til at samarbejde med andre i forskellige situationer.

Valgfrie grupper – Denne form for grupper har den fordel, at eleverne selv har valgt deres samarbejdspartner, hvilket må bidrage til (må man som underviser antage), at gruppen er velfungerende og eleverne kan samarbejde, hvilket er vigtigt specielt i forbindelse med udførslen af forsøg. Det er dog ikke altid disse typer af grupper, som giver det største faglige udbytte. For en del af eleverne risikerer underviseren, at arbejdet ender med en snak om ting, som ikke er relevant for undervisningen. Udover dette, så giver valgfrie grupper kun i ringe grad udvikling af kommunikationskompetencen, da elever, som kender hinanden særdeles godt, kan have en meget indforstået form for kommunikation, som ikke sætter store krav til elevens anvendelse af fagsproget. Fagligt er det således meget varierende, hvad de

enkelte grupper/par vil få ud af selv at vælge deres samarbejdspartnere, men en klar fordel i forhold til undervisningsforløbet kan være, at når eleven er i trygge rammer, er der mulighed for at udvikle interessen og nysgerrigheden for emnet, da eleverne vil føle sig mere frie i disse grupper til at stille alle de spørgsmål, som måtte dukke op i forbindelse med forsøg, opgaver osv.

Niveauinddelte grupper – Formålene med denne form for grupper kan være mange, da der er mange fordele, men det kræver som udgangspunkt, at underviseren kender eleverne godt for at kunne danne frugtbare grupper. Igen er det en fordel, at der i dette undervisningsforløb kun arbejdes i par, for så kan det være nemmere at finde elever til grupperne, som har samme niveau.

Niveauinddelte grupper er en mulig måde at inddrage Vygotskys (socialkonstruktivisme) (Winsløw, 2009) ide om ”zonen for nærmeste udvikling”. Da fordelene ved niveauinddelte grupper netop er, at alle elever uanset niveau får mere ud af undervisningen, når de arbejder sammen med ligemænd. For på denne måde vil de blive udfordret på det niveau, hvor de selv befinder sig, hvilket bevirker, at ingen keder sig, og de vil nemmere kunne hjælpe hinanden med at løse forskellige former for opgaver, da de skal bruge cirka samme tid på at sætte sig ind i de forskellige ting. Ydermere vil det højne deres kommunikationskompetence yderligere, da eleverne i sådanne par bliver tvunget til at formulere sig i et præcist sprog, og man må forvente, at de ikke begge kan nøjagtigt de samme fagtermer, så dette vil også have en positiv betydning på elevernes læring.

Matrixgrupper – dækker over det, at grupperne blandes på nye strukturerede måder undervejs i undervisningsforløbet. Et eksempel på større matrixgrupper ses i skemaet herunder:

Grupper	A	B	C
1	Søren	Anne	Mette
2	Lise	Chris	Ole
3	Thomas	Tilde	Ditte

Som det ses af skemaet indgår alle elever i to grupper, så først kan man behandle en opgave med sin ”bogstavsgruppe” og herefter diskutere resultatet med sin ”talgruppe”.

I undervisningsmaterialet er der lagt op til, at eleverne skal udføre et forsøg og behandle dette med samme makker for herefter at diskutere forsøget med en ny makker, som har udført det andet forsøg (matrixgrupper). Denne fremgangsmåde har den fordel, at alle eleverne får kendskab til begge forsøg, samtidigt er de nødsaget til at være meget grundigt inde i deres eget forsøg og efterbehandlingen af det for at kunne formidle dette videre til en anden. Her vil ræsonnementskompetencen blive sat meget i fokus, da eleverne i de nye grupper skal kunne følge sin nye makkers forklaringer og redegørelser og ikke mindst forholde sig kritisk til denne.

b. Eksperimentelt arbejde

I dette tværfaglige undervisningsforløb om differentialligninger og reaktionshastigheder er der inkluderet tre forskellige forsøg, hvoraf hver elev får lov at udføre to af forsøgene.

Når et forsøg udvælges til eksperimentelt arbejde, er det vigtigt, at underviseren overvejer, hvad eleverne skal have ud af forsøget. Erfaring viser, at ofte så vælges forsøg, som er så teknisk svære at udføre pga. brugen af mange forskellige instrumenter, at dette fuldstændig flytter fokus fra, hvad

målet læringsmæssigt var til læringen af en ny metode i stedet. Det kan selvfølgelig være målet for forsøget, at eleverne skal lære nye metoder og redskaber at kende, men hvis dette ikke er tilfældet, skal man som underviser have for øje, at udførslen skal være så simpel så mulig, så dette ikke flytter fokus (Winsløw, 2009). For at undgå dette er forsøgene, som bruges i undervisningsforløbet alle tre meget enkle i udførslen, så fokus bliver på resultaterne, og hvordan disse opnås i forhold til teorien og ikke på laboratoriefærdigheder.

Ligeledes skal man være særdeles opmærksom på, hvordan rollefordelingen er i gruppen, når forsøget udføres. Eleven, som kun tager notater, udvikler ikke så stor naturfaglig metodesans, som den elev, der står med forsøget i hænderne (Hodson, 2008). Dette har ligeledes været medvirkende årsag til, at grupperne kun består af to elever, for på den måde bliver alle i gruppen nødt til at være aktive for at kunne udføre forsøget.

Hodson (2008) opfordrer kraftigt til, at eleverne selv skal have lov at finde ud af, hvordan de skal udføre forsøgene, da dette gør eksperimentelt arbejde mere interessant og giver eleverne større ejerforhold over forsøget. I undervisningsforløbet er der et forsøg, som udføres efter kogeboogsmetoden, hvor eleverne simpelthen følger en opskrift og nedskriver deres iagttagelser. Dette forsøg er udvalgt til at illustrere reaktionshastigheder og indhente data til videre behandling samt til at lære eleverne de basale laboratoriefærdigheder, hvilket i sig selv kan være et betydningsfuldt læringsmål (Winsløw, 2009). Disse færdigheder er nødvendige for, at de selv kan udvikle tilsvarende forsøg i anden forsøgsrunde.

Igennem det eksperimentelle arbejde vil specielt eksperimentkompetencen (se afsnit: De kemiske kompetencer) udvikles. Den vil dog udvikles på forskellig vis alt efter, om der arbejdes med kogeboogsøvelsen eller det frie eksperiment, da fx planlægningen af et eksperiment kun er en del af det frie forsøg. Derudover vil specielt behandlingen af forsøgene være med til at udvikle repræsentations- og problembehandlingskompetencen.

c. Klasseundervisning

I dette tværfaglige undervisningsforløb er der kun anvendt klasseundervisning (lærestyret undervisning) for at lave opsamlinger af henholdsvis matematikdelen og kemidelen, da forløbet ellers er bygget op omkring gruppe/pararbejde. Derudover er der en meget kort introduktion til emnet reaktionshastigheder i første time for at lade de studerende tænke over, hvad de mener, at reaktionshastigheder er og for at skabe grundlaget for interesse, men der vil *ikke* være nogen diskussion af hastighedsudtryk osv.. Grunden til dette er, at meningen med forløbet netop er, at eleverne selv, i fællesskab med en partner, skal finde løsningen til problemet, og at de skal tage udgangspunkt i en undersøgende naturfaglig nysgerrighed, som ikke nødvendigvis i første omgang fører til det, som underviseren vil kalde den rigtige løsning, men i stedet vil føre til interesse for emnet gennem forsøget og ikke ved, at en underviser står i klassen og siger: ”Prøv at se, hvor spændende det her er!”.

Fordelen ved tavleundervisning og almindelig klasseundervisning er, at det er en rigtig god måde at institutionalisere (Winsløw, 2009). På den måde sikrer man sig som underviser, at eleverne alle har opnået de samme værktøjer, og hvis eleven ikke kan nikke genkendende til det, som der bliver repeteret, så er det muligt for den enkelte at stille spørgsmål. Ulempen ved klasseundervisning er, at der ikke bliver udviklet nogen interesse for emnet og/eller faget, hvis eleverne ikke har den i forvejen. Derfor er håbet, at eleverne i løbet af det tværfaglige undervisningsforløb danner sig en interesse før institutionaliseringen, hvilket er grunden til, at klasseundervisningen kun bliver brugt til opsamling.

I klasseundervisningen er det vigtigt at bruge den triadiske dialog (Winsløw, 2009), hvilket vil sige, at underviseren stiller et spørgsmål, som besvares af en elev, herefter evalueres svaret af underviseren. Dette kan ske gentagne gange. Den triadiske dialog anvendes for at aktivere og

motivere eleverne mest muligt og derved vise dem, at forløbet ikke har været forgæves, og at de har indhentet stor viden om emnet. På denne måde er der også rig mulighed for underviseren til at fremhæve de vigtigste elementer fra undervisningsforløbet og tilmed få eleverne til at lave en god perspektivering.

Klasseundervisningen er med til at udvikle elevernes kommunikationskompetencer ved, at eleverne lytter til læreren og besvarer lærerens spørgsmål. Eleverne vil også udvikle repræsentationskompetencen (og symbol- og formalismekompetencen) ved, at der på tavlen anvendes symboler og forskellige grafiske afbildninger m.m. Desuden trænes tankegangskompetencen, da eleven bliver klar over, hvilke spørgsmål der kan stilles i matematikken og kemien (se afsnit: Kompetencer).

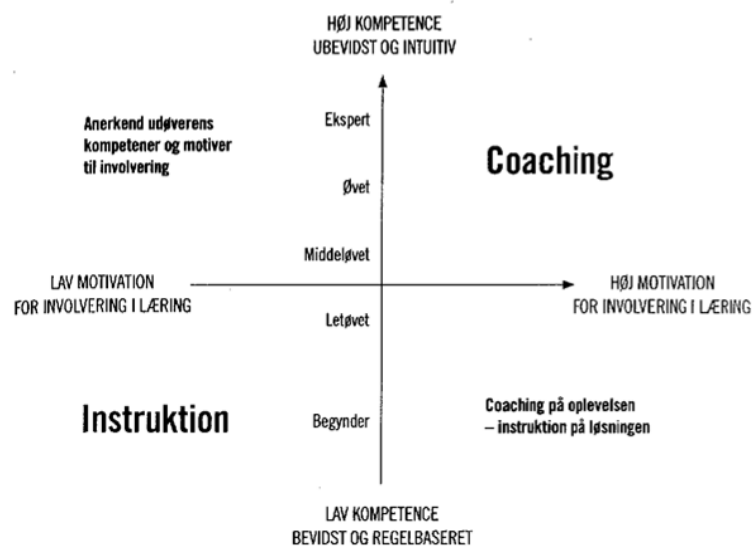
6. Lærers rolle i undervisningsforløbet

Lærers rolle i et tværfagligt (mellemfagligt/støttefagligt se afsnittet om tværfaglighed) undervisningsforløb er stor og varierende gennem forløbet.

Fra starten skal hver enkelt underviser være klar til at fralægge sig, hvad der kan kaldes, de traditionelle forståelser for viden indenfor det enkelte fag, da et eller måske flere fag vil blive tvunget til at opløse eller underordne sig (Ulrichsen, 2001) i løbet af det tværfaglige undervisningsforløb. Man skal som underviser passe på, at der i koordineringen og fordelingen ikke opstår et magtspil mellem fagene for at opnå fagligheden i det enkelte fag (Ulrichsen, 2001). Underviseren skal huske på, at der i stedet for *fagfaglighed* kan opnås store resultater indenfor perspektivering og nye problemstillinger gennem tværfaglighed, da forløbet ikke nødvendigvis følger samme systematik, som eleverne normalt ser i de enkelte fag. Samtidigt kan de enkelte elever også opnå stor personlig udvikling i et tværfagligt forløb specielt, hvis gruppearbejde indgår i forløbet, som er tilfældet i dette forløb.

Underviseren skal under forløbet og specielt i gruppearbejdet være meget opmærksom på eleverne og deres eventuelle udfordringer, så de kan få den hjælp, som de har brug for på det niveau, hvor den enkelte elev befinder sig. Ellers vil eleven opleve stor frustration, hvilket kan starte en negativ indstilling hos den enkelte overfor projektet, som hurtigt vil spredes til hele gruppen og i værste tilfælde til hele klassen.

En mulig måde at vejlede elever, som er gået i stå i undervisningsforløbet enten på grund af svære spørgsmål eller mistet overblik eller noget helt tredje, kan være at anvende modellen (Hansen & Henriksen, 2009) på **Fejl! Henvissningskilde ikke fundet.** herunder. Modellen er udviklet til således, at man ud fra elevens kompetencer indenfor faget, og hvor høj motivation eleven har, kan vurdere hvorvidt det vil være hensigtsmæssigt at instruere altså komme med ideer til, hvordan opgaven kan løses, eller om man bør coache eleven ved at stille spørgsmål, som kan hjælpe med at lede hen til svaret.



Figur 6 Model, der kan anvendes til vejledningen af elever (Hansen & Henriksen, 2009).

Ud fra Figur 6 ses, at hvis eleven har høj motivation og veludviklede kompetencer indenfor området, så bør underviseren coache for at skabe større motivation, og for at eleven lærer mest muligt. At stille coaching-spørgsmål skal dog overvejes nøje. Nogle gange bliver hjælpen ikke konkret nok og derfor mere vildledende end vejledende. Hvis eleven har et lavt kompetenceniveau og ingen motivation for faget, så bør underviseren instruere eleven, for ikke at skabe mere forvirring og flere problemer for eleven.

Efter ethvert tværfagligt forløb er det ønskeligt, at alle underviserne fra de involverede fag evaluerer undervisningsforløbet. Dette skal gøres både i forhold til; hvad eleverne fik ud af forløbet? Opnåede de de ønskede mål og kompetencer? Hvordan gik samarbejdet mellem fagene/underviserne? Og ikke mindst, hvordan gik vejledningen af eleverne? Underviserne skal tage kritisk stilling til disse punkter for selv at kunne udvikle sig og sine kompetencer samt erhverve nye erfaringer.

Bibliografi

Aikenhead, G. (2009). Kulturelle grænser –oplevet af de fleste elever, men usynlige for mange naturfagslærere. *MONA* (1), 56-79.

Andersen, N., Busch, H., Horst, S., & Troelsen, R. (2003). *Andersen, N.O., Busch, H., Horst, Fremtidens naturfaglige uddannelser –Naturfag for alle –vision og oplæg til strategi*. København: Undervisningsministeriet.

Beckmann, A. (2009). A Conceptual Framework for Cross-Curricular Teaching. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 1-58.

Bruun, K., & Jensen, H. B. (2002). *Isis - Kemi B*. Århus: Systime.

Csikszentmihályi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.

Damholt, E., & Linderøth, U. H. (2010). Hentede 15. Januar 2012 fra Naturfagscenteret: <http://www.naturfagscenteret.no/binfil/download.php?did=6652>

Dolin, J., Krogh, L. B., & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I H. Busch, S. Horst, & R. Troelsen, *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser - En anatologi* (s. 59-134). København: Undervisningsministeriet.

Hansen, J., & Henriksen, K. (2009). *Træneren som coach - en praktisk guide til coaching i dansk sport*. København: Dansk Psykologisk Forlag.

Hidi, S., & Renninger, A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 111-127.

Hodson, D. (3 2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, s. 7-20.

Jacobsen, L. B. (2008). Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen. *MONA*, 22-41.

Jensen, H. B. (2007). *Isis - Kemi A*. Århus: Systime.

Kristiansen, K. R. (2008). *Aurum - Kemi for gymnasiet 3*. København: L&R Uddannelse.

Kristiansen, K. R., & Cederberg, G. (2007). *Aurum - Kemi for gymnasiet 2*. København: Forlag Malling Beck A/S.

Michelsen, C., & Iversen, S. M. (2009). Sammenspillet mellem matematik og de andre fag i gymnasieskolen. *MONA*, 21-36.

Mygind, H. (1995). *Kemi 2000 A-niveau 1*. Holstebro: P. Haase & Søns Forlag.

Mygind, H. (1996). *Kemi 2000 A-niveau 2*. Holstebro: P. Haase & Søns Forlag.

Mygind, H. (1995). *Kemi 2000 B-niveau*. Holstebro: P. Haase & Søns Forlag.

Niss, M., & Jensen, T. H. (2002). *Kompetencer og matematiklæring - Ideer og inspiration til udviklingen af matematikundervisningen i Danmark*. København: Undervisningsministeriet.

Parbo, H., & Nyvad, A. (2010). *Kend Kemien 3*. Århus: Gyldendal.

Parbo, H., Nyvad, A., & Mortensen, K. K. (2007). *Kend Kemien 2*. København: Gyldendal.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (No. 1. Vol. 55 2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, s. 68-78.

Ulrichsen, L. (2001). Tværfaglighed. I F. Held, & F. Olsen, *Introduktion til pædagogik* (s. 267-277). København: Frydenlund.

Undervisningsministeriet. (2010). *STX-bekendtgørelsen*. København: Ministeriet for børn og undervisning.

Winsløw, C. (2009). *Didaktiske elementer - En indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*. København: Forlaget biofolia.

Østergaard, L. D., Sillasen, M., Hagelskjær, J., & Bavnthøj, H. (2010). Inquiry-based science education - Har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA*, 25-44.

Differentialligninger og reaktionshastigheder

*Et tværfagligt undervisningsforløb
mellem matematik og kemi*

Udarbejdet af
Charlotte B. G. Rasmussen
SDU Odense, 2012

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	3
Reaktionshastigheder	4
Forsøg I: Reaktion mellem natriumthiosulfat og saltsyre	4
Evaluering af forsøget og resultaterne	7
Forberedelse af forsøg II.....	7
Spørgsmål til at lave forsøgsvejledningen	7
Forsøg A.....	8
Forsøg B	8
Efterbehandling af forsøget og forsøgsvejledningen	9

Indledning

Matematik kan opfattes som et sprog, og i matematikkens sprog er differentialligninger en måde at beskrive naturen og beskrive naturens udvikling, hvad enten det gælder tilvæksten i en bakteriebestand, dødsraten under fx et udbrud af pest eller andre dynamiske sammenhænge. I dette hæfte skal vi se på, hvordan matematikken under anvendelse af differentialligninger kan udtrykke sig om kemien i vores hverdag. Det er her vigtigt at gøre opmærksom på, at vi vil benytte kemien som redskab til at udvikle en forståelse af brugen af differentialligninger.

Længe før matematikere benyttede differentialligninger, vidste kemikere, at reaktioner forløber med vidt forskellig hastighed. Fx vidste de, at et stykke træ kan brænde meget længe sammenlignet med krudt eller fyrværkeri, som eksploderer så snart, det antændes.



Dengang fik kemikerne ikke altid det højest mulige udbytte af en reaktion, da de ikke kunne forudsige, hvor lang tid det ville tage før, reaktionen var forløbet fuldstændigt. De var nødt til at lave de forskellige reaktioner mange gange for at kunne gætte sig til, hvornår en reaktion måske var forløbet. I dag kan nutidens kemikere ved hjælp af ganske simple forsøg finde ud af, hvilken reaktionsorden en reaktion har og derefter udnytte den viden, som vi har om differentialligninger til at forudsige, hvor lang tid en reaktion vil være om at forløbe.

Umiddelbart er det måske ikke vigtigt for den enkelte, hvor hurtigt en reaktion forløber i dagligdagen, men reaktionshastigheder er fx med til at afgøre, hvor lang levetid forskellige materialer har. Prøv at tænke på, hvor stor forskel der er på, hvor hurtigt malingen på et hus skaller af, eller hvor hurtigt forskellige søm ruster. Andre små eksempler på reaktionshastigheder i din dagligdag kan være, hvor kort tid der går, før en brusetablet bliver opløst i et glas vand, eller hvor længe dejen skal hæve, for at bagepulveret kan nå at reagere.

Måske er det ikke vigtigt for dig, om det tager 10 sekunder eller 15 sekunder før, at brusetabletten er opløst, men prøv at forestille dig et stort firma fx et medicinalfirma, som måske har fundet to måder at lave den samme slags medicin, for dem er det vigtigt, hvilken reaktion, der er hurtigst, da de på den måde kan producere mere medicin og måske endda tilmed spare en del penge.

Kan du komme i tanke om flere steder, hvor reaktionshastigheder har indflydelse på din hverdag? Og hvad ville der ske, hvis de forskellige reaktionshastigheder ændres? Prøv evt. at tænke på motoren i en bil.

Reaktionshastigheder

Hver gang en kemisk reaktion forløber vil det ske med en bestemt hastighed afhængig af:

1. Reaktanternes koncentration
2. En reaktants overfladeareal
3. Temperaturen
4. Tilsætning af katalysatorer

I dette forløb vil der kun blive lagt vægt på reaktionshastigheder i forhold til koncentrationen af reaktanterne, og derfor vil de følgende reaktioner blive udført ved konstant temperatur (stuetemperatur). Senere vil der blive mulighed for at diskutere, hvad der vil ske med hastighedsudtrykket, hvis temperaturen ændres, eller hvilken påvirkning en katalysator kan have for den kemiske reaktion.

Det er vigtigt at bemærke, at man ikke kan gætte sig til et hastighedsudtryk for en reaktion ud fra et reaktionsskema. Reaktionsskemaet angiver kun forholdet mellem de stofmængder, som omsættes i den kemiske reaktion, og *ikke* hvordan reaktionen forløber. Den eneste måde, hvorpå hastighedsudtrykket kan findes, er ved forsøg, og derfor starter vi dette forløb om differentialligninger og kemiske reaktionshastigheder med et forsøg, hvor reaktionshastigheden mellem natriumthiosulfat og saltsyre studeres.

Forsøg I: Reaktion mellem natriumthiosulfat og saltsyre

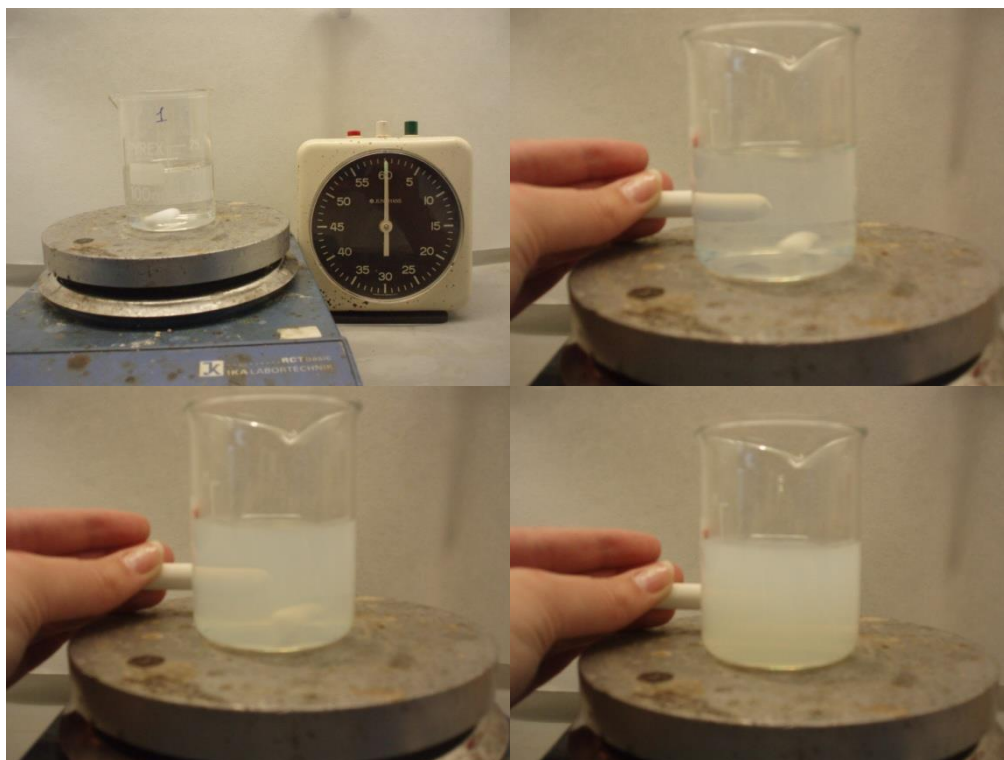
Apparatur: Bægerglas (5 x 100 mL), måleglas (5 mL, 25 mL, 50 mL), spatler (magnetomrøre kan med fordel anvendes), stopur, evt. hvid eller sort baggrund.

Kemikalier: 0,1 M natriumthiosulfat, 4 M saltsyre.

Udførsel: Der udføres 5 forsøg.

1. 50 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hældes i glas **1**.
2. Under kraftig omrøring tilsættes 2,5 mL HCl. Samtidig startes stopuret.
3. Når væsken bliver uigennemsigtig stoppes uret og t_{reak} aflæses og skrives i skemaet herunder.

Tip: Hold et stykke kridt op bag bægerglasset, når stopuret startes, når kridtet ikke kan ses længere, stoppes tiden og t_{reak} kan aflæses.



4. 25 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ og 25 mL vand blandes i glas **2**, og der forsættes som i pkt. 2 og 3
5. 50 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hældes i glas **3** og der tilsættes 1,25 mL HCl, og der forsættes som i pkt. 2 og 3.
6. 15 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ og 35 mL vand hældes i glas **4**, og der forsættes som i pkt. 2 og 3.
7. 10 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ og 40 mL vand hældes i glas **5**, og der forsættes som i pkt. 2 og 3.

Forsøg	$[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]_0$	$[\text{H}_3\text{O}^+]_0$	t_{reak}
1			
2			
3			
4			
5			

Risici & sikkerhed: Saltsyre irriterer øjnene og huden brug derfor sikkerhedsbriller og handsker.

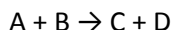
Spørgsmål: Spørgsmålene herunder besvares skriftligt sammen med din makker. Alle svar skal begrundes.

1. Hvordan vil I forvente, at et generelt udtryk for reaktionshastigheden (v) kunne se ud, når der kun skal tages højde for koncentrationerne af reaktanterne og hastighedskonstanten (k) for en vilkårlig reaktion?
2. Nu studeres reaktionen mellem thiosulfationen og syre.
 - a. Opskriv reaktionsskemaet for reaktionen.
 - b. Opskriv det generelle hastighedsudtryk for reaktionen.
3. Kig nu på reaktionerne i glas **1** og glas **3**, hvad fortæller disse reaktioner jer om hastighedsudtrykket? Opskriv det korrigerede udtryk reaktionshastigheden.
4. Kig på reaktionshastigheden (v).
 - a. Opstil differentialligningen for reaktionshastigheden.
 - b. Lad $[S_2O_3^{-2}]_0$ betegne start koncentrationen og løs nu differentialligningen.
 - c. Find nu hastighedskonstanten (k) i udtrykket.
 - d. Lav en grafisk afbildning af hastighedsudtrykket.
5. Find nu ud fra det fundne hastighedsudtryk halveringstiden, dvs. den tid, som det tager at halvere koncentrationen af thiosulfationen.
 - a. Hvad gælder for halveringstiden ($T_{1/2}$)?

Evaluering af forsøget og resultaterne

Alle tildeles en ny makker og det nye par besvarer i fællesskab skriftligt spørgsmålene herunder.

1. Redegør kort for hver jeres fundne differentialligning og diskuter hvorvidt disse giver mening i forhold til kemien.
2. Den fundne differentialligning definerer det, som kaldes en første ordens-reaktion indenfor kemien. Kan I forestille jer, hvad det vil sige, hvis en reaktion er nulte orden? Eller anden orden? (begrund med ord)
3. Opskriv ligningerne for en nulte ordens-reaktion og en anden ordens-reaktion vha. det generelle reaktionsskema herunder:



4. Løs differentialligningerne for hhv. nulte og anden ordens reaktionerne.

Forberedelse af forsøg II

I dette afsnit er der nogle forsøgsinformationer omkring, hvilke kemikalier hver enkelt gruppe får udleveret, og der er noteret, hvis der er noget, som I skal være specielt opmærksomme på ved brugen af disse. Men, som I ser, er der ellers ikke en almindelig forsøgsvejledning til jeres rådighed. Grunden til dette er, at I selv skal lave jeres forsøgsvejledning, inden I udfører forsøget. Derfor skal I besvare spørgsmålene herunder og ud fra dem skrive jeres egen forsøgsvejledning i et kort og præcist sprog.

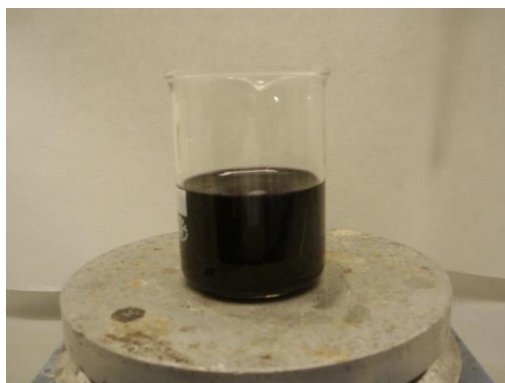
Husk at forsøgsvejledningen skal godkendes, inden at I udfører forsøget.

Spørgsmål til at lave forsøgsvejledningen

I ved hver især, hvilket forsøg I skal udføre, og inden I besvarer spørgsmålene herunder, er det vigtigt, at I har opskrevet reaktionsskemaet og det generelle hastighedsudtryk for reaktionen, som I skal undersøge. I kan finde hjælp hertil i teoriafsnittene. I teoriafsnittene kan I også se, hvilken eller hvilke reaktanter reaktionsordenen ønskes bestemt for i jeres forsøg.

1. Hvordan vil I finde ud af, hvilken orden jeres reaktion har?
 - a. Overvej, hvad der sker, hvis alle koncentrationer er væsentligt højere end en af reaktanterne i forsøget?
2. Hvor mange gange vil I udføre forsøget for at have måleresultater nok?
3. Hvordan skal jeres tabel til målingerne se ud?
4. Hvor store mængder af opløsningerne er nødvendig at arbejde med for at kunne se farveskiftet?

TÆNK PÅ MILJØET OG BRUG SÅ SMÅ MÆNGDER SÅ MULIGT!!



Både forsøg A og B har et pludseligt omslag til blåsort (se billedet). Dette skyldes at begge reaktioner indeholder stivelse og iod, men bemærk reaktionerne er forskellige!!!

Forsøg A

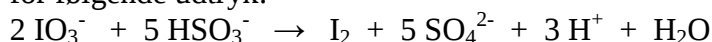
Apparatur: Bægerglas, måleglas, spatler (magnetomrøre kan med fordel anvendes), stopur, evt. hvid baggrund.

Kemikalier: 0,1 M kaliumiodat (21,4 g KIO_3 opløses i vand og fortyndes til 1 L), 0,1 M natriumhydrogensulfit (5,2 g NaHSO_3 opløses i vand og fortyndes til 500 mL; fremstilles umiddelbart før brug), stivelse (1 % opløsning).

Risici &

sikkerhed: Brug sikkerhedsbriller og handsker.

Teori: I dette forsøg ønskes det at finde den samlede reaktionsorden og hastighedskonstanten for følgende udtryk:



Forsøg B

Apparatur: Bægerglas, måleglas, spatler (magnetomrøre kan med fordel anvendes), stopur, evt. hvid baggrund.

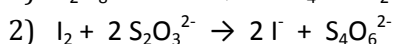
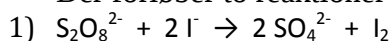
Kemikalier: 0,1 M kaliumperoxodisulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), 0,05 M natriumthiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 0,5 M kaliumiodid, KI i 1 % stivelseopløsning (må ikke opbevares i stærkt sollys), ”vand” (her 0,5 M KNO_3 -opløsning).

Risici &

sikkerhed: Brug sikkerhedsbriller og handsker.

Teori: I dette forsøg ønskes det kun at bestemme reaktionsordenen og hastighedskonstanten mht. iodid, I^- i reaktion 1), så derfor er det kun ændringer af koncentrationen af I^- på reaktionshastigheden, som undersøges.

Der forløber to reaktioner i denne opløsning og de ser således ud:



Umiddelbart ser det måske en smule kompliceret ud, men reaktion 2) er så hurtig, at den ikke er hastighedsbestemmende og derfor tager vi ikke højde for den i dette forsøg. Derfor skal koncentrationen af $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ fastholdes under forsøget, så det kun er ændringen i iod, I_2 ,

som har indflydelse på mængden af iodid, I^- , som bruges i reaktion 1), og som skal bruges til beregningerne af hastighedskonstanten.

Bemærk, når I skal udregne koncentrationerne til hastighedsudtrykket, at forholdet mellem iod, I_2 og iodid I^- er 1:2!!!

Efterbehandling af forsøget og forsøgsvejledningen

Du og din makker skal nu kort besvare spørgsmålene herunder.

1. Hvordan gik forsøget?
2. Reaktionsorden
 - a. Hvilken reaktionsorden fandt I?
 - b. Og hvordan?
 - c. Opskriv hastighedsudtrykket for reaktionen.
3. Hastighedskonstanten (k)
 - a. Hvad fandt I hastighedskonstanten til?
 - b. Og hvordan?
 - c. Lav en grafisk afbildning af måleresultaterne.

Efter I har besvaret ovenstående spørgsmål, vil I komme i en ny gruppe med personer, som har udført det andet forsøg, og I skal overfor dem forklare, hvad I har gjort, og hvad I har fundet frem til. Derfor er det en god ide at besvare spørgsmålene grundigt.

