

Analyse og design af didaktiske situationer – et farmaceutisk eksempel

Frederik Voetmann Christiansen & Lars Olsen

Institut for Medicinalkemi, Danmarks Farmaceutiske Universitet

En 29-årig mand tog sin allergimedisin to gange dagligt i et år. En dag drak han to glas grapejuice inden han tog medicinen. Manden døde kort efter. Obduktionen viste forhøjet indhold af lægemidlet i kroppen. Med udgangspunkt i denne case skitseres en undervisningslektion der omhandler genkendelse og omdannelse af lægemidler i kroppen. Efterfølgende analyseres lektionen på baggrund af “teorien om didaktiske situationer” – en teori udviklet inden for matematikkens didaktik. Der argumenteres for at teorien har en anvendelighed i analyse og design af undervisningssituationer i mange andre fag end matematik (f.eks. kemi og farmaceutiske områder) på alle niveauer af uddannelsessystemet.

Introduktion

Det er karakteristisk for undervisningen på universiteterne og i gymnasiet at undervisningen er orienteret mod en helt specifik tilsigtet viden. I gymnasiet er denne viden (kompetencemål og kernestof) specificeret i læreplanerne for faget, og det er op til den enkelte faglærer at forvalte dette over et længere forløb. I de teknisk-naturvidenskabelige fag på universitetet, hvor undervisningen ofte forestås af lærergrupper, er den tilsigtede viden typisk specificeret i kursusplaner udarbejdet af de(n) kursusansvarlige (og godkendt af studienævnet). Mange “menige” lærere i teknisk-naturvidenskabelige fag forestår en mindre del af undervisningen på et kursus, men hvor der til gengæld er en helt specifik og fastlagt faglig dagsorden for undervisningen.

Men hvordan kan man tilrettelægge undervisning der både er udfordrende og motiverende for de studerende, og hvor de studerende faktisk lærer det tilsigtede? Det er der selvfølgelig mange mulige svar på, og flere mulige teorier om læring og undervisning kan bidrage til belysningen af dette. I denne artikel vil vi fokusere på en enkelt af disse: teorien om didaktiske situationer (TDS). Vi vil skitsere et eksempel på en lektion omhandlende genkendelse og omdannelse af lægemidler i kroppen, og med udgangspunkt i denne lektion vil vi beskrive nogle grundlæggende principper fra TDS som vi mener er brugbare i forhold til at analysere og tilrettelægge undervisning hvis

målet om udfordrende og motiverende undervisning skal nås. Teorien om didaktiske situationer er udviklet af matematikdidaktikeren Guy Brousseau (Brousseau, 1997, jf. også Winsløw 2006, 2006b). Brousseaus teori er udviklet i relation til studier af matematikundervisning (især på primært og sekundært niveau), men vi vil illustrere at teorien også har anvendelsesmuligheder i mange andre tekniske og naturvidenskabelige fagområder (bl.a. kemi og de farmaceutiske fagområder), og at teorien også har en funktion i forhold til universitetsundervisning.

Vi mener at vi med beskrivelsen og analysen af lektionen giver en konkret illustration af teoriens anvendelighed i forhold til analyse af undervisningssituationer. Teorien er dog ikke alene brugbar i forhold til analyse af undervisningssituationer (som vi fokuserer på her) men er også anvendelig i forhold til design af undervisningssituationer. I mange tilfælde er det f.eks. sådan at allerede eksisterende undervisningsmateriale og -planer skal laves om, og her kan TDS have en rolle at spille. Analyse og design er således som regel to sider af den samme sag, og vi håber at læseren også kan få en fornemmelse af teoriens potentiale i forbindelse med undervisningsdesign på trods af at der her fokuseres på analyse af undervisning.

Beskrivelse af lektionen

Det følgende eksempel er en undervisningslektion omhandlende *genkendelse og omdannelse af lægemiddelstoffer i leveren*.

Lektionen er grundlæggende bygget op med en introduktion til temaet med en overordnet opgave der søges løst. I processen arbejdes der med to mindre opgaver der tilsammen kommer rundt om de centrale elementer i emnet (kriterier for hhv. genkendelse og omdannelse af lægemidler). Undervisningen har været afprøvet i den her beskrevne form i forbindelse med et kursus i "Introduktion til universitetspædagogik" afholdt af Center for Naturfagernes Didaktik og Danmarks Farmaceutiske Universitet i november 2005. En central del af dette kursus bestod i at de enkelte deltagere (som typisk var adjunkter og ph.d.-studerende) tilrettelagde og gennemførte en lektion af ca. 25 minutters varighed. De øvrige deltageres forudsætninger på dette kursus var ret forskellige hvorfor niveauet blev lagt så det ville kunne følges på højniveau i kemi/biologi i gymnasiet eller tidligt i universitetsstudiet. I forbindelse med undervisningen i "Strukturkemi" på 4. år af farmaceutuddannelsen har der været undervist i det samme emne og ud fra de samme principper som her skitseret (men på højere fagligt niveau).

Den tilsigtede viden

Ved indtagelse af et lægemiddel optages det i kroppen og føres hen til det sted i kroppen hvor det virker. Det er dog vigtigt at lægemidlet kommer *ud* af kroppen efter at det har virket. Dette sker typisk ved en række forskellige reaktioner som omdanner

lægemidlet til stoffer der lettere kan udskilles. Omdannelsen af lægemidlerne kan ske ved hjælp af en række enzymer som bl.a. findes i leveren. For at et lægemiddel kan omdannes af leverenzymene, er det afgørende at lægemidlet først *genkendes* af leverenzymene (på samme måde som en nøgle passer i en lås). Genkendelse er dog ikke tilstrækkelig: Enzymer skal også kunne omdanne lægemidlet. Det er et vigtigt karakteristikum ved enzymer at de ud over genkendelsen af et lægemiddel også har en væsentlig funktion i forhold til omsættelsen af lægemidlet. Dette adskiller enzymer fra de øvrige proteiner i vores krop der blot genkender.

Den tilsigtede viden og målet for lektionen er at de studerende får en forståelse af de grundlæggende mekanismer for enzymeres genkendelse og omdannelse af lægemidler i kroppen og bliver i stand til at redegøre for fænomener forbundet med manglende omsættelse af lægemidler.

Lektionen

Lektionen begynder med præsentationen af to cases, beskrevet i tekstboks 1. Målet med lektionen er at de studerende, på baggrund af deres viden om genkendelse og omdannelse af lægemidler i leveren, bliver i stand til at redegøre for hvorfor hhv. den 9-årige dreng der har indtaget antidepressiv medicin, og den 29-årige allergipatient døde.

Tekstboks 1A

En 29-årig mand fra Australien fik allergimedisin og drak jævnligt i perioden et par glas grapejuice ugentligt. Han tog sin medicin to gange dagligt i et år. En dag drak han to glas grapejuice umiddelbart efter at have taget sin medicin. Derefter gik han ud og slog græs. Kort efter fik han det dårligt og faldt om og døde. Obduktion viste en forhøjet koncentration af lægemidlet i manden. (Spence, 1997)

Tekstboks 1B

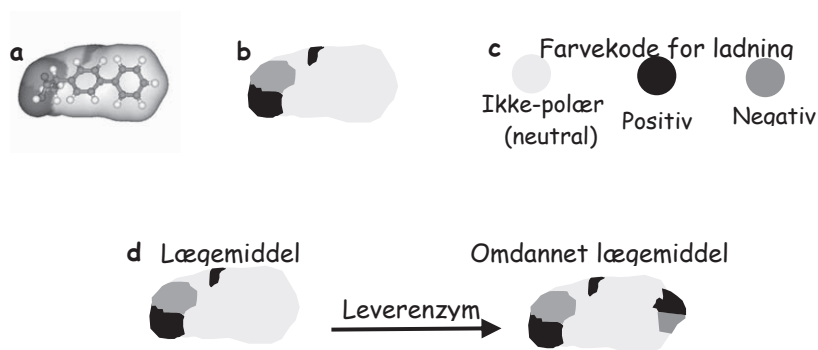
En 9-årig amerikansk dreng med blandt andet Tourettes syndrom (bl.a. ufrivillige bevægelser) og DAMP fik antidepressiv medicin over en 10-måneders periode. I perioden fik drengen det stadig værre, med blandt andet epileptiske anfald og hjerteanfald, og døde efterfølgende. Obduktion viste en forhøjet koncentration af lægemidlet i drengen. (Sallee et al., 2000)

Det er klart at de studerende ikke umiddelbart har nogen mulighed for at redegøre for hvorfor de to patienter døde (det er jo det lektionen sigter mod), men de to cases er ikke desto mindre så spektakulære at de studerendes interesse kan vækkes. Det

skyldes ikke mindst at situationerne langt fra kan opfattes som usandsynlige. Mange studerende tager selv eller kender andre der benytter forskellige former for medicin regelmæssigt, så de to cases knytter umiddelbart an til de studerendes livsverden.

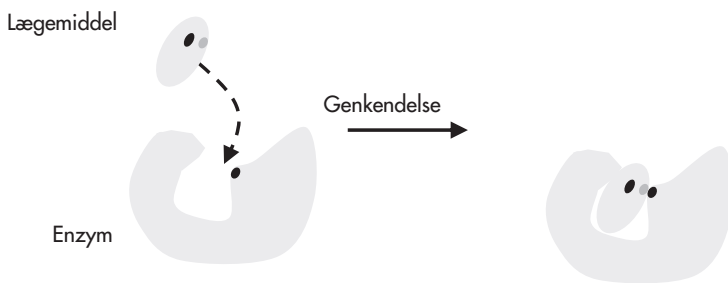
Læreren påbegynder nu introduktionen af en underopgave. Det er vigtigt at de studerende forstår de repræsentationsformer der skal bruges i opgaven, og en del af introduktionen går derfor på at forklare denne.

Figur 1 illustrerer grundprincipperne for omdannelse af lægemidler og introducerer den repræsentationsform der benyttes i lektionen. I figur 1a ses et rumligt molekyle (et lægemiddel) skitseret ved en overflade og en "ball and stick"-model (hver kugle og pind repræsenterer hhv. et atom og en binding mellem to atomer). Det centrale i denne sammenhæng er *overfladen* af molekylet og den elektriske ladning der er i forskellige områder af molekylet. Figur 1a er derfor i lektionen simplificeret som i figur 1b. Farvetonerne (lysegrå, sort, mørkegrå) repræsenterer hhv. neutrale, positive og negative områder af molekylet. Figur 1d beskriver hvad der sker ved omdannelsen af lægemidlet. Efter omdannelsen af lægemidlet er der to nye ladede områder i højre del af lægemidlet. Stoffer med større ladede områder (mere polære stoffer) er lettere for kroppen at udskille via nyrerne.



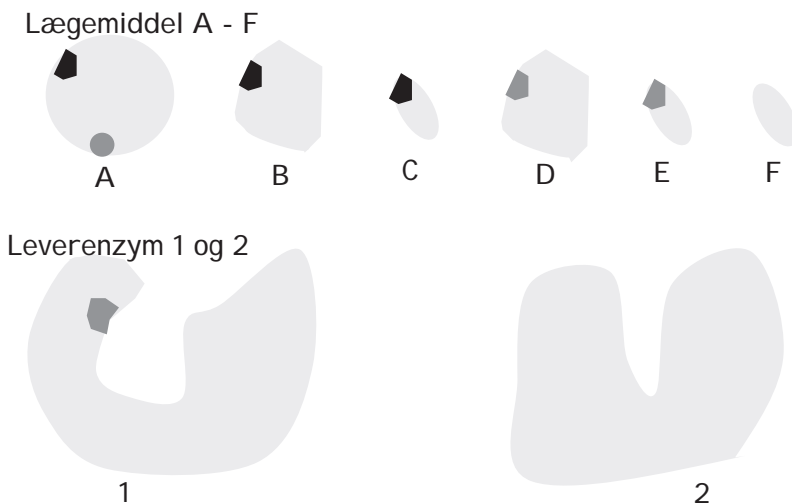
Figur 1. Repræsentationer af lægemiddelmolekylet og princippet for omdannelse. (a) Molekylet ses som "ball and stick"-model, omgivet af molekylets overflade. (b) Skematisk tegning af molekylets overflade. (c) Farvekode for ladning på molekylets overflade. (d) Leverenzymet omdanner lægemiddelstoffet til et andet stof der har flere del-ladninger på overfladen (mere polært) og derfor er lettere at udskille fra kroppen.

Læreren forklarer at en forudsætning for at et lægemiddel kan nedbrydes i leveren, er at lægemidlet kan genkendes af leverenzymene. Afgørende for genkendelsesprocessen er at lægemidlet har en *form* som passer ind i enzymet, samt at enzymet og lægemidlets *ladninger* passer sammen.



Figur 2. Et leverenzymys genkendelse af et lægemiddel på baggrund af form og ladning. Enzymet er her repræsenteret ved sin overfladestruktur på samme måde som i figur 1.

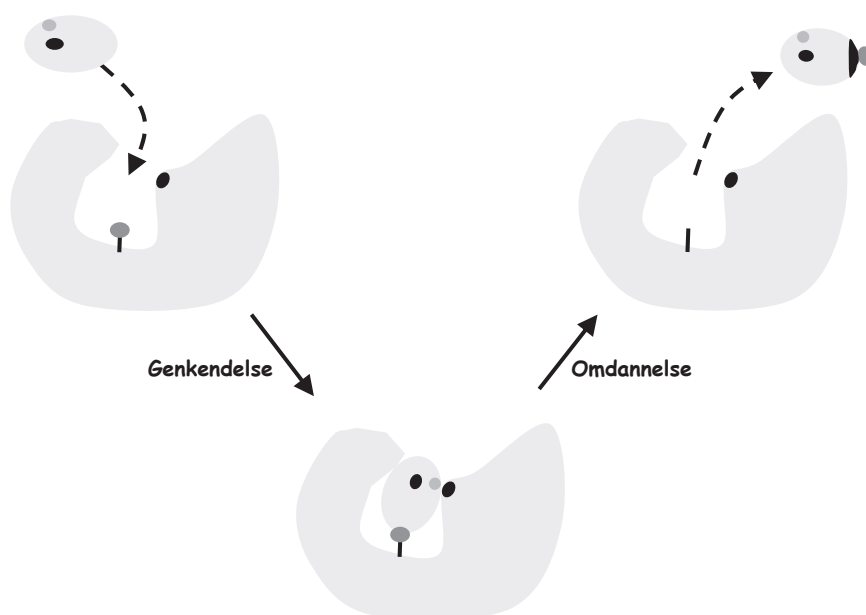
Som det ses af figur 2, passer lægemidlet i dette tilfælde næsten perfekt ind i leverenzymet. Genkendelsen sker fordi store dele af de neutrale områder i lægemidlet mærker tilsvarende neutrale områder i leverenzymet, og de ladede områder mærker modsat ladede områder i enzymet. På baggrund af disse overvejelser igangsættes opgave 1a, beskrevet i figur 3. De studerende får opgaven udleveret på papir, og der udleveres sakse som de studerende kan bruge i arbejdet med opgaven. Opgaveformuleringen og de regler de studerende skal bruge under arbejdet, findes i figurteksten.



Figur 3. Opgave 1a: Afgør på baggrund af følgende regler hvilke af lægemidlerne (A-F) der genkendes af leverenzymerne (1-2). Lysegrå foretrækker lysegrå frem for ingenting. Mørkegrå og sort tiltrækker hinanden. Ensfarvede sorte og mørkegrå frastøder hinanden. Rumligt overlap mellem lægemiddel og enzym er forbudt. Mørkegrå og sort hverken tiltrækkes eller frastødes af lysegrå.

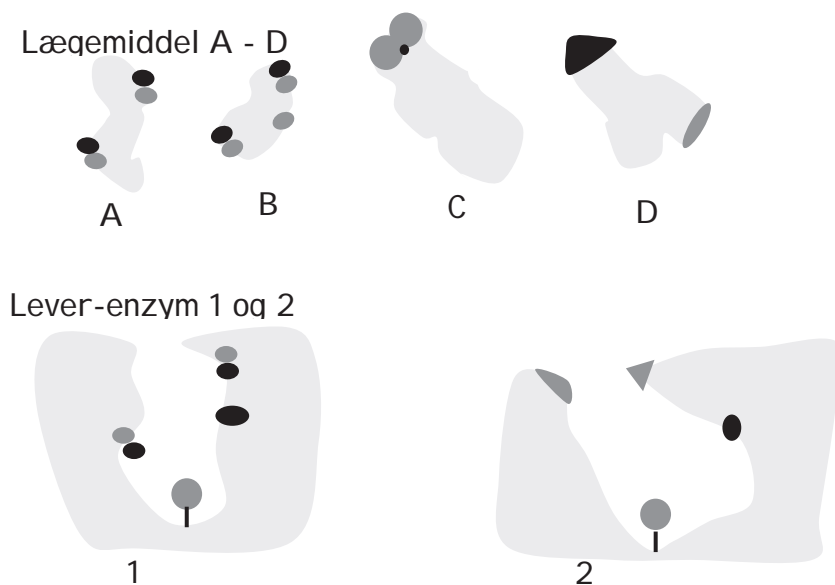
Efter nogle minutters arbejde og dialog i smågrupper samles der op på de studerendes besvarelser i plenum. Arbejdet leder frem til de følgende pointer: For det første at nogle lægemidler passer ekstremt godt – både med form og “farve” (*B* og *C* passer i enzym 1). Endvidere at nogle lægemidler kunne passe ind i begge leverenzymmer (*C*, *E* og *F*) – dog vil der være en præference for det ene leverenzym frem for det andet (*C* passer bedst i 1, *E* passer godt i 2, *F* passer bedst i 2).

Så vidt *genkendelsen* af lægemidler af leverenzymmerne, men leverenzymmerne skal ikke blot genkende lægemidlerne men også være i stand til at *omdanne* dem. Dette er illustreret på figur 4, hvor enzymet i omdannelsesprocessen sætter noget negativ ladning på et neutralt (lysegråt) område af lægemidlet. Der er altså *et yderligere krav* for at omdannelsen kan ske i forhold til genkendelsen.



Figur 4. Genkendelse og omdannelse af et lægemiddel. “Den grå bold på stilken” som enzymet sætter på lægemidlet, er et oxygenatom. Fordi det er negativt ladet, bidrager det til at øge polariteten af lægemidlet.

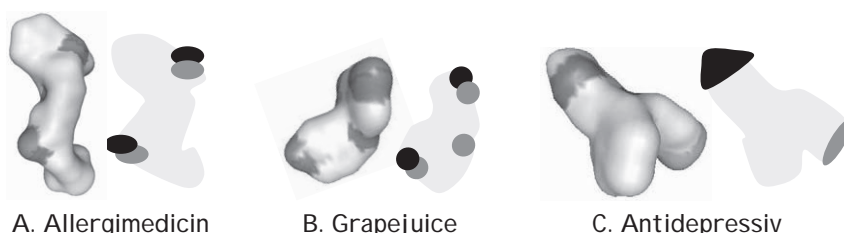
Efter at dette er gjort klart for de studerende, introduceres opgave 1b hvor de studerende skal afgøre hvilke af de præsenterede lægemidler der kan genkendes, og om de kan omsættes af leverenzymmerne (jf. figur 5).



Figur 5. Opgave 1b: Hvilke leverenzymmer genkender og omsætter lægemidlerne? Regler for at leverenzym genkender og omdanner lægemiddel: Genkendelsesreglerne fra opgave 1 (jf. figur 3). Endvidere gælder for omdannelsen at "den grå bold på stilken" (oxygenatomet der findes i leverenzymet) sættes på et lysegråt område af lægemidlet.

Opgavens form er den samme som i opgave 1a, og der samles op fælles på samme måde som før. Men denne gang er de faglige pointer nogle andre: Lægemidlet A genkendes og omsættes af 1, B genkendes af 1 men omsættes ikke, C genkendes hverken af 1 eller 2, D genkendes og omsættes af 2. Den faglige indsigt er altså her at mens nogle lægemidler både kan genkendes og omdannes, findes der også lægemidler der genkendes men ikke kan omdannes.

De studerende har nu stiftet bekendtskab med nogle af de grundlæggende principper for leverenzymers genkendelse og omdannelse af lægemidler, med udgangspunkt i deres eget arbejde med opgaverne og gennem den fælles diskussion af dette arbejde. Nu vender læreren tilbage til de to cases der var udgangspunktet for lektionen. I figur 6 vises en afbildning af de stoffer der indgår i casene – hhv. allergimedien, grapejuice og antidepressiv medicin. De studerende bliver nu bedt om at overveje hvorfor den 29-årige australske astmapatient og den 9-årige amerikanske dreng døde.



Figur 6. Opgave 1: Hvorfor døde den 29-årige australske mand og den 9-årige amerikanske dreng? Bemærk ligheden med stofferne der blev arbejdet med i opgave 1b (figur 5).

En af ingredienserne i grapejuice blokerer det leverenzym der omdanner allergimedicinen til et andet stof der lettere udskilles. Derfor ophobes allergimedicinen i den 29-årige australske mand. Det kunne have været den samme hæmning af omdannelsesprocessen der var årsagen til at den antidepressive medicin ophobes inde i den 9-årige drengs krop. Det er imidlertid ikke tilfældet. Det forklares at drengen på grund af en gendefekt slet ikke har dette enzym, og derfor omdannes og udskilles stoffet ikke (ca. 10 % af alle kaukasiere har denne gendefekt). En metode til at undgå disse problemer er at designe lægemidler der omdannes af mere end ét leverenzym, således at et andet enzym kan overtage omdannelsesprocessen og dermed sikre at lægemidlet udskilles fra kroppen. Molekylerne C, E og F i opgave 1a kunne være kandidater på sådanne stoffer (forudsat at de kan omdannes!).

Analyse af lektionen ud fra TDS

I de følgende afsnit vil vi introducere det lærings- og erkendelsesteoretiske grundlag for teorien om didaktiske situationer (TDS) og herefter analysere den beskrevne lektion med udgangspunkt i TDS-rammens beskrivelse af faser i de såkaldte “didaktiske spil”.

Den epistemologiske hypotese, læring som adaptation og didaktiske miljøer

Et fags centrale begreber, metoder og principper er historisk udviklet i relation til bestemte typer af situationer og problemer. Den beskrevne lektion omhandler generelt forholdet omkring genkendelse og omdannelse af lægemidler i kroppen. I lærebøger er dette beskrevet forholdsvist abstrakt og kan ofte være vanskeligt tilgængeligt for de studerende.

Den abstrakte form i hvilken den tilsigtede viden er fremstillet i lærebøgerne, er selvfølgelig resultatet af en videnskabelig proces – oprindelig er den relevante viden

udviklet i tilknytning til nogle specifikke situationer eller problemer. Ofte vil disse "oprindelige situationer" eller problemer ikke optræde i lærebøgerne. Den viden som i udgangspunktet var knyttet til nogle helt bestemte situationer, er blevet løsrevet fra situationerne og generaliseret til en form der er velegnet til beskrivelse ikke bare af den oprindelige situation men af et væld af andre situationer. Vi refererer til "genkendelse og omdannelse af lægemidler" som et objektivt vidensområde uden samtidig at hen-vise til specifikke typer af situationer som metoderne kan benyttes i forhold til. Denne generaliseringsproces og "dekontekstualisering" af viden er selvfølgelig et vigtigt produkt af den videnskabelige proces, men den indebærer samtidig et dilemma i forhold til undervisningen. Det hænger sammen med at mennesker lærer ved at forholde sig til konkrete situationer. Men hvis viden etableres historisk (bl.a. gennem den videnskabelige proces) og dannes på baggrund af specifikke problemholdige situationer, er det jo nærliggende at mene at der til al etableret viden knytter sig bestemte typer af situationer. Man kan også forestille sig at denne viden kan (gen)skabes af personer i tilsvarende situationer og med tilsvarende forudsætninger. Ud fra denne hypotese er viden altså "svar" på spørgsmål betinget af konkrete situationer. Denne hypotese kaldes "den epistemologiske hypotese i fagdidaktik" (Winsløw, 2006, afsnit 1.4).

Opfattelsen af viden som "svar på spørgsmål" peger på et centralt problem i undervisningen. Det vi gerne vil lære de studerende, er selvfølgelig *svarene* (den tilsigtede viden) – men svar giver jo sjældent mening uden at man kender og forstår de spørgsmål som besvares. Det er altså nødvendigt med en "rekontekstualisering" af undervisningsfagets "dekontekstualiserede" elementer for at det skal give mening for de studerende. I den beskrevne lektion er de tre opgaver eksempler på sådanne "rekontekstualiseringer" af generelle principper for enzymeres genkendelse og omdannelse af stoffer.

Både forskeren og den studerende tilegner sig viden gennem arbejdet med konkrete situationer (typisk i et samspil med andre). Skal studenten i sin læring "genopdage" den viden forskeren er nået frem til, kræver det at der etableres situationer hvor denne (gen)opdagelse kan finde sted. Det er klart at videnskabens historie byder på mange sådanne situationer der kan danne udgangspunkt for lærerens tilrettelæggelse af undervisningssituationer (i tidsskriftet *Science and Education* kan findes mange gode eksempler på dette). Lige så klart er det dog at de studerendes forudsætninger (historiske, kulturelle, faglige, sociale, evt. kognitive) som regel er nogle ganske andre end forskerens, og at videnskabshistorien derfor nok sjældent er det bedste sted at finde sin inspiration til design af undervisningssituationer. Dette peger på det centrale forhold at den "rekontekstualiserede" situation må opleves som relevant i relation til den studerende og dennes viden – ellers kan man ikke forvente at der faktisk læres. Vigtigheden af den personligt oplevede relevans er oplagt i lyset af opfattelsen af læring som "tilpasning til et miljø".

Det er vigtigt at der finder en sådan “personliggørelse” sted – at de studerende kan opleve undervisningen som meningsfuld og relevant. I denne lektion udgør beskrivelsen af de to personer der er døde af overmedicinering (opgave 1), et vigtigt element i denne personliggørelse. Her anslås en relation til noget de studerende kan genkende fra deres eget liv, og hvorigennem de ansføres til at søge svaret på opgaven. Gennem arbejdet med de to underopgaver bliver de studerende faktisk i stand til at løse opgaven (i hvert fald opgaven med allergipatienten). Farmaceutområdet er meget rigt på sådanne situationer der kan knytte an til de studerendes livsverden eller til deres forestillinger om fremtidige professionelle opgaver – og det skal man selvfølgelig udnytte i undervisningen.

Behovet for personligt oplevet relevans og den epistemologiske hypotese afspejler nogle gængse pædagogiske indsigter og i dag vel for de fleste nogle ukontroversielle læringsopfattelser. Mere specifikt afspejler de et grundlæggende *induktivt orienteret konstruktivistisk* læringssyn. Jean Piaget, der ofte udlægges som konstruktivismens fader, beskrev læring som en personlig konstruktionsproces i samspil med et miljø (jf. Winsløw, 2006, kapitel 4), og Piagets grundlæggende metafor om læring som “adaptation til et miljø” er ligeledes et vigtigt udgangspunkt for teorien om didaktiske situationer (jf. Winsløw, 2006b). Adaptation kan selvfølgelig kun forekomme hvor forudsætningerne for en tilpasning er til stede, og dette begrundet kravet om personliggørelse af stoffet. I tillæg til en “rekontekstualisering” af den abstrakte viden er der altså også behov for en “personliggørelse” af stoffet ved at de studerendes egne forudsætninger inddrages som et element i undervisningen.

Det dobbelte krav om personliggørelse og rekontekstualisering af den abstrakte viden gør, som vi var inde på, at de videnskabshistoriske situationer i hvilke den abstrakte viden blev etableret, sjældent udgør egnede undervisningssituationer. I stedet kan læreren skabe “kunstige miljøer” med det formål at den studerende kan tilegne sig en bestemt tilsigtet viden. Sådanne “designede miljøer” der er tilrettelagt med henblik på at studerende tilegner sig en bestemt faglig viden, benævnes *didaktiske miljøer* i TDS, og samspillet mellem de studerende og det didaktiske miljø kaldes *det didaktiske spil*. Vi vender tilbage til de didaktiske spil i lektionen nedenfor. Det er centralt i designet af didaktiske miljøer at de studerende oplever spillet som reelt udfordrende og ansprende for læring – og at arbejdet med situationerne peger hen mod undervisningsfagets svar. De tre opgaver der er beskrevet i lektionen, udgør efter vores opfattelse gode eksempler på sådanne didaktiske miljøer der tilsammen leder til at de studerende lærer det tilsigtede (for uddybning af begrebet didaktisk miljø henvises til Winsløw, 2006b). Idéen om didaktiske miljøer der er tilrettelagt specielt med henblik på at de studerende skal lære tilegne sig en bestemt viden, er en central udvidelse i forhold til Piagets beskrivelse af læring i “naturlige” miljøer. Også på andre punkter adskiller Brousseaus “miljøer” sig fra Piagets – f.eks. betoner Brousseau stærkt

(i lighed med andre) de sociale relationer i miljøet og deres betydning for læringen. Det som Brousseau *deler* med Piaget, er pointeringen af at individuel viden konstrueres i bestemte situationer og på baggrund af situationen og personens allerede eksisterende viden. Analogien med læring som “adaptation til et miljø”, der benyttes af såvel Piaget som Brousseau, markerer dette fælles konstruktivistiske udgangspunkt.

En væsentlig opgave for læreren er således at designe undervisningssituationer i hvilke de studerende “kan leve og inden for hvilke [den tilsigtede] viden vil fremstå som den optimale og opdagelige løsning på det stillede problem” (Brousseau, 1997, s. 22). I den beskrevne lektion er det da også arbejdet med at udvikle opgaverne (1, 1a, 1b) der har været langt den mest tidskrævende del af arbejdet. I arbejdet med opgaverne er det helt afgørende at de studerende inden for rammerne af opgaverne (miljøet) får lejlighed til at formulere sig og agere på egen hånd eller i samspil med andre, og at opgaverne faktisk sætter dem i stand til at lære det tilsigtede. Det er gennem arbejdet i miljøet at den viden der skal til for at løse opgaverne, “personliggøres”, og den tilsigtede viden (gen)opdages på baggrund af den studerendes egen konstruktion:

Den moderne opfattelse af undervisning [...] forudsætter at læreren kan fremprovokere den forventede adaptation i sine studenter, ved et nøje udvalg af “problemer” som hun fremsætter for de studerende. Disse problemer der skal være udvalgt på en sådan måde at de studerende kan acceptere dem, må få de studerende til at handle, tænke og udvikle sig i kraft af deres egen vilje. [...] Den studerende ved udmærket at det valgte problem var udvalgt med henblik på at hjælpe hende med at tilegne sig noget ny viden. Men hun må også vide at denne viden er helt igennem begrundet af den indre logik i situationen, og at hun kan konstruere den uden appel til didaktisk ræsonneren. Ikke alene *kan* hun gøre det, hun *skal* gøre det, for hun har først rigtigt tilegnet sig denne viden når hun er i stand til at gøre brug af den i situationer uden for læringskonteksten og i fravær af en bevidst styring. En sådan situation kaldes en *adidaktisk situation*. Ethvert konkret “stykke viden” kan karakteriseres ved en eller flere adidaktiske situation(er) der fastholder betydningen af denne viden. (Brousseau, 1997, s. 30, forfatterens oversættelse)

Faserne i didaktiske spil

Et vigtigt element i teorien om didaktiske situationer er beskrivelsen af de forskellige faser i det didaktiske spil. Det didaktiske spil refererer som nævnt til det samspil der er mellem den studerende og det didaktiske miljø. Selv om det som begreberne beskriver, kan virke nærmest selvindlysende – eller måske netop derfor – er begreberne ikke desto mindre overraskende nyttige i forbindelse med såvel analyse som design af undervisningssituationer. Det skyldes ikke mindst at det er et begrebsapparat der

er uafhængigt af de specifikke undervisningsformer der benyttes. Faserne drejer sig helt generelt sig om agenternes forhold til den tilsigtede viden og de situationer som denne viden er "svar" på. Derfor har begrebsapparatet en stor generalitet og kan bruges som en "første iteration" i forbindelse med planlægningen af undervisningen eller, som her, til analyse af eksisterende undervisning. De fem faser i det didaktiske spil er gengivet nedenfor, og i tabel 1 er forløbet af den beskrevne undervisningslektion beskrevet med udgangspunkt i disse faser.

- **Devolution:** Læreren overgiver "et didaktisk miljø" til de studerende.
- **Handling:** De studerende arbejder i miljøet.
- **Formulering:** De studerende formulerer sig og danner hypoteser om opgavens løsning, enten selvstændigt eller i grupper.
- **Validering:** De studerende afprøver deres hypoteser over for hinanden eller i samtale med læreren.
- **Institutionalisering:** Læreren relaterer arbejdet i miljøet til det generelle i faget – typisk i samtale med de studerende.

Punktlisten skal ikke forstås sådan at faserne følger hinanden i en klippefast rækkefølge. Men der er alligevel nogle bestemte relationer mellem de forskellige faser – og det er ikke mindst disse relationer der gør begreberne nyttige. Devolution lægger op til handlings- og formuleringsfaser, og valideringsfaser samler op på og "værdi-sætter" formuleringer og handlinger. Institutionaliseringsfaser formulerer resultaterne af de studerendes arbejde i miljøet i en "officiel" faglig form, som dermed kan relateres til en viden der er "fælles" – og dermed brugbar – i en videre forstand end den konkrete undervisningssituation.

Tabel 1 beskriver lektionen som bestående af et grundforløb med introduktionen til den overordnede opgave (de to patienter der døde af overmedicinering) og et indlejret forløb med de to underopgaver (genkendelse og omdannelse af lægemidler). For hver fase er det angivet om situationen er didaktisk eller adidaktisk.

Nedenfor vil vi, med udgangspunkt i den skitserede lektion, analysere de forskellige faser i undervisningen og pege på nogle generelle forhold af interesse.

Devolution

Devolutionen er lærerens overgivelse af et didaktisk miljø til de studerende. Der er tre devolutioner i lektionen: Den overordnede introduktion til lektionen med beskrivelsen af de to patienter der døde af overmedicinering. Endvidere en introduktion til opgave 1a der handler om leverenzymers genkendelse af lægemidler, og endelig en introduktion til opgave 1b der handler om omdannelsen af lægemidler. Typisk er devolutionen en lærerstyret aktivitet hvor de studerende instrueres i hvad de skal

Tabel 1. Skitse af lektion med fokus på undervisningens faser.

Grundforløb	Underforløb	Situation
Devolution: Opgave 1		Didaktisk
	Devolution af opgave 1a: Regler for genkendelse	Didaktisk
	Handling/formulering/validering	Adidaktisk
	Fælles validering opgave 1a	?
	Institutionalisering opgave 1a	Didaktisk
	Devolution af opgave 1b: Regler for genk. og omdannelse	Didaktisk
	Handling/formulering/validering	Adidaktisk
	Fælles validering af opgave 1b	?
	Institutionalisering af opgave 1b	Didaktisk
	Devolution: opgave 1	Didaktisk
	Formulering/validering opgave 1	Adidaktisk
Fælles validering af opgave 1		?
Institutionalisering		Didaktisk

gøre efterfølgende. Det er vigtigt at de studerende i løbet af devolutionen får det rigtige billede af hvad det er der skal foregå, og derfor skal de også have lejlighed til at afklare de spørgsmål der måtte være. Typisk finder der i devolutionen en (mere eller mindre eksplicit) afklaring sted af hvad det er der skal foregå i lektionen, og hvilke roller lærer og studerende har i situationen. I denne lektion gælder det selvfølgelig særligt i forbindelse med den indledende devolution hvor lektionens overordnede forløb også skitseres: "Her er et mystisk fænomen! Gennem jeres arbejde med to små opgaver vil I blive i stand til at forklare det."

En anden ting der er værd at bemærke, er relationen mellem de to underopgaver (1a og 1b) og den endelige løsning af opgaven. De didaktiske miljøer de studerende skal arbejde i, er ikke uafhængige af hinanden. Nærmere bestemt indgår formuleringen til opgave 1 i miljøet for opgave 1a, sammen med "puslespilsbrikker", sakse og de regler der gælder for genkendelse af lægemidler. Tilsammen udgør disse elementer

det (objektive) didaktiske miljø. I forbindelse med løsningen af opgave 1b indgår det tidligere arbejde med opgave 1a som en del af miljøet – f.eks. er det de samme regler der gælder for genkendelse af lægemidler, som i opgave 1a og i bevidstheden om at man kan løse sådanne “puslespilsopgaver” ud fra givne regler. Komplexiteten kan på denne måde gradvist øges gennem lektionen, i takt med at de studerende tilegner sig den relevante viden.

Handling, formulering og (adidaktisk) validering

I denne lektion – og som det ofte er tilfældet – er handlings- og formuleringsfaserne knyttet tæt til hinanden, ikke mindst i opgave 1a og 1b. De studerende arbejder i smågrupper – indledningsvist med at få klippet “puslespilsbrikkerne” ud, efterfølgende med at placere dem på “leverenzymene” og diskutere hver enkelt brik i forhold til de overordnede regler der er specificeret i opgaven. Mens de studerende prøver sig frem med brikkerne og selvstændigt formulerer sig om emnet, er det vigtigt at læreren holder sig i baggrunden. Det kan være en temmelig vanskelig situation for en lærer – for man vil jo gerne følge med i diskussionerne (og det bør man også gøre), men man må alligevel klart signalere at der her forventes at de studerende arbejder selv uden lærerens indblanding. Der bør kun interveneres for så vidt at der er nogle der ikke kommer i gang med opgaven.

Efterhånden som arbejdet skrider frem, danner de enkelte forskellige hypoteser omkring hvilke brikker der passer i hvilke leverenzym, hvilke der genkendes, hvilke der omsættes osv. Dette diskuteres selvfølgelig i smågrupperne, og i de enkelte grupper diskuteres begrundelserne for de dannede hypoteser – hvorfor stofferne hhv. genkendes og omsættes. Dette er valideringssituationer, men en validering der foretages af de studerende uden lærerens indblanding – en adidaktisk validering. Ofte vil sådanne adidaktiske valideringssituationer give anledning til nye handlinger og formuleringer: “Nej, den passer ikke her fordi så har du to positive ladninger op mod hinanden. Men hvad nu hvis man drejer den sådan her ...?” Det er ikke svært at skelne mellem handling, formulering og validering, men ofte er der tale om meget hurtige skift mellem faserne. De adidaktiske valideringer er efter vores opfattelse meget væsentlige fordi de studerende her får lejlighed til at begrunde deres (selvformulerede) hypoteser, og begrundelserne er afgørende i forhold til læringen. Da valideringen sker på baggrund af handlinger og formuleringer i miljøet, er det vigtigt at der er afsat nok tid til opgaven til at man når længere end til handlings- og formuleringsfaserne.

Validering og institutionalisering

Efter at de studerende har arbejdet med opgaverne selvstændigt og i fællesskab fundet frem til svar, samles der op i plenum. Dette er også en valideringssituation, men i modsætning til den validering der har fundet sted i grupperne, spiller læreren en

væsentlig rolle i denne sammenhæng. Læreren sidder jo inde med de “rigtige” svar på opgaven og er derfor i stand til at “værdi-sætte” og supplere de begrundelser de studerende kommer med, på en måde som de studerende typisk ikke er. Men arbejdet er jo udført af de studerede selv, og ofte er lærerens rolle i denne situation at koordinere og styre diskussionen, så de grupper der evt. ikke er nået frem til de rigtige svar, lærer af de øvrige studerendes besvarelser. Undervejs kommenterer de studerende måske på hinandens besvarelser, eller det viser sig måske at de studerende har haft vanskeligheder med en bestemt del af opgaven der ikke var forudset på forhånd. Selvom valideringen er “lærerstyret”, er den derfor i høj grad præget af de studerendes faktiske arbejde i miljøet, og det kan nogle gange være vanskeligt på forhånd at sige præcis hvordan opsamlingen kommer til at forløbe (derfor spørgsmålstegnene i tabel 1). Hvis opgaven er god, vil det dog som regel være muligt for læreren at nå frem til netop de pointer der sigtes mod med opgaven.

Hvor designet af opgaverne og de studerendes arbejde med dem sigtede mod en “rekontekstualisering” og “personliggørelse” af den tilsigtede viden, er målet med valideringen en “fællesgørelse” af den viden de studerende har fået gennem arbejdet i miljøet. Imidlertid er denne viden jo fortsat knyttet til den specifikke opgave som arbejdet har omhandlet. Der er derfor behov for en institutionalisering hvor læreren – med udgangspunkt i valideringen – beskriver hvordan den specifikke situation forholder sig til det generelle i faget og den tilsigtede viden:

Lærerens arbejde er i en vis udstrækning det modsatte af forskerens; hun må forestå en *rekontekstualisering* og en *repersonliggørelse* af [den tilsigtede] viden. Det skal gøres til studentens viden; det vil sige en rimelig naturlig respons på forholdsvis specifikke omstændigheder – omstændigheder der er afgørende for at den tilsigtede viden giver mening for studenten. Enhver tilegnelse af viden tager udspring i adaptation til en specifik situation. [...] Men læreren må også skabe rum for opdagelse af den kulturelt forankrede og kommunikérbare viden som hun gerne vil lære dem, inden for den historie som de studerende genskaber. De studerende må efterfølgende *redekontekstualisere* og *redepersonalisere* deres viden på en sådan måde at de kan afgøre hvilke dele af det de har lært, der ligger inden for normal brug inden for det videnskabelige og kulturelle fællesskab. (Brousseau, 1997, s. 23, forfatterens oversættelse)

I den afsluttende institutionalisering i denne lektion drøfter læreren hvad de typiske årsager er til at et lægemiddel ikke omsættes (at de relevante leverenzymene er “fyldt ud” af andre stoffer som i den første historie, eller gendefekter som i den anden historie), bestræbelsen på at udvikle lægemidler der kan omsættes af flere forskellige leverenzym, og endelig gives et eksempel på hvordan det der her er repræsenteret ved meget simple puslespil, ser ud i et “rigtigt” enzym der er væsentligt sværere at

overskue. På denne måde lægges vægten på de generelle mekanismer for genkendelse og omdannelse der er på spil i situationerne, og i mindre grad på de specifikke repræsentationer (som de studerende næppe vil støde på igen).

I forbindelse med opgave 1 er det værd at bemærke at de studerende faktisk ikke *alene* ved hjælp af arbejdet i miljøet bliver i stand til at svare på hvorfor drengen med gendefekten døde. Dette markerer måske en forskel på brugen af teorien om didaktiske situationer i matematik og i naturvidenskabelige fag. I matematik er der ikke på den måde “undtagelser” fra de regler der gælder i de didaktiske spil. I de naturvidenskabelige fag er det meget ofte tilfældet at de regler der benyttes, ikke er universelt gyldige. I lektionen ledes de studerende til antagelsen om at leverenzymet er “optaget” af et andet stof. Dette er også den typiske situation, men altså ikke rigtigt i dette tilfælde. Men de studerende kender på dette tidspunkt grundreglerne for genkendelse og omdannelse og kan umiddelbart forstå forklaringen. Man kunne også let have udvidet opgaven med endnu en lille opgave hvor de studerende skulle forklare hvilke af de i opgave 1 benyttede regler der var problemer med, når man nu ved at det ikke skyldes at et andet stof har “optaget pladsen”. På den måde kunne man uden tvivl få de studerende selv til at forklare årsagen til at drengen døde.

Brug af TDS

Teorien om didaktiske situationer er, som nævnt, udviklet inden for matematikkens didaktik og har fundet stor anvendelse i dette felt. Brousseau og hans kolleger har med stor opfindsomhed udviklet og undersøgt et hav af didaktiske situationer i matematikundervisning på (især) primært og sekundært niveau. Det er klart at disse situationer er knyttet nært til matematikfaget. I den forstand er der ikke tvivl om at teorien om didaktiske situationer altovervejende er en matematikdidaktisk teori.

Imidlertid rummer teorien et generaliserbart begrebsapparat, herunder en læringsopfattelse og en grundlæggende beskrivelse af undervisningssituationer som ikke blot har relevans i matematikdidaktikken, men som også kan bringes i anvendelse i øvrige fags didaktik – i hvert fald i naturvidenskabernes og de tekniske professionsfags didaktik(er). Her tænker vi især på den epistemologiske hypotese, begreberne didaktisk miljø, didaktisk spil og faserne i det didaktiske spil. Disse begreber er yderst anvendelige i analyse af undervisningssituationer, som vi har illustreret med lektionen om genkendelse og omsættelse af lægemidler i leveren, og begrebsapparatet er også brugbart i forbindelse med design af undervisning.

Det bør tilføjes at også andre centrale begreber fra TDS som vi af pladsmæssige årsager ikke har beskrevet her, kan benyttes i øvrige tekniske og naturvidenskabelige fag – f.eks. begreberne “didaktisk kontrakt” og “epistemologiske og didaktiske forhindringer”. Der findes anvendelser af TDS i andre fag end matematik, f.eks. i fysik (Thibergien, 2000) og idræt (Armada-Escot, 2005), men potentialet er efter vo-

res opfattelse større end disse forholdsvist sporadiske studier peger på. Endelig vil vi fremhæve at teorien ikke indskrænker sig til brug i undervisningstilrettelæggelse på primært og sekundært niveau, men også kan bidrage med en frugtbar måde at anskue universitetsundervisning og -læring.

Referencer

- Armada-Escot, C. (2005). *Milieu, Dévolution, Contrat Regard de l'éducation physique*. I: M.-H. Salin, P. Clanché, B. Sarrazy (red.), *Sur la théorie des situations didactiques*. Grenoble: Le Pensée Sauvage, editions.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. Oversat og redigeret af: N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland & V. Warfield. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Nersessian, N. (1989). Conceptual Change in Science and in Science Education. *Synthese* 80, s. 163-183.
- Sallee, F.R., DeVane, C.L. & Ferrell, R.E. (2000). Fluoxetine-related death in a child with cytochrome P-450 2D6 genetic deficiency. *J. Child. Adolesc. Psychopharmacol.* 10(1), s. 27-34.
- Spence, J.D. (1997). Drug interactions with grapefruit: Whose responsibility is it to warn the public? *Clinical Pharmacology and Therapeutics* 61(4), s. 395-400.
- Tiberghien, A. (2000). *Designing teaching situations in secondary school*. I: R. Millar, J. Leach & J. Osborne (red.), *Improving Science Education – the contribution of research* (s. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer: en indføring i matematikkens og naturfagernes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.
- Winsløw, C. (2006b). Didaktiske miljøer for lighedannethed. *MONA*, 2006(2).