

# Online farmakologi

– *i et virtuelt laboratorium*

## Mads R. Dahl

*MSc, PhD, MI*

Center for Medicinsk Uddannelse, Aarhus  
Universitet.



## Elise R. Hedegaard

*Adjunkt*

Institut for Biomedicin – Farmakologi, Aarhus  
Universitet



## Peter Musaeus

*Lektor*

Center for Medicinsk Uddannelse, Aarhus  
Universitet.



## Abstract

The virtual laboratory is a necessary complement to the future of learning bioscience. The virtual lab is a technology-based mock-up compared to the real lab. This virtual lab needs to be available for various purposes e.g. all day for a growing number of students. There are economical and ethical arguments for using the virtual lab. But in order to function as an optimal instructional strategy they need to be rethought technologically and pedagogically. Such a digital supplement requires a focus on implementation and other facilities and capabilities - including continuing education for the trainers and faculty. This paper discusses the virtual lab and reports from a pilot project where pharmacology students and teachers used a virtual lab. We argue that the virtual lab has important implications and represent an economically justifiable alternative. The virtual lab is juxtaposed with the classical lab through the lenses of habitus and hexis. We argue that educators must learn to use virtual laboratories critically and with preparation for implementation. Furthermore the paper discusses the educational potentials and limitations of the virtual lab compared with the classical laboratory as teaching environment.

## Abstract

Et virtuelt laboratorium er et nødvendigt supplement til fremtidens undervisningsmiljø, som skal være tilgængeligt i store dele af døgnet og for et voksende antal studerende. Ud fra økonomiske hensyn til besparelser kan man hertil argumentere for, at dyre laboratoriekurser i biomedicin skal gøres billigere. Men laboratorie-kurser skal ligeledes nytænkes teknologisk og pædagogisk så de på strategisk og velafprøvet vis kan delvist erstattes af virtuelle laboratorier. Men et sådant digitalt supplement kræver fokus på implementering, faciliteter og kompetencer. I denne artikel vil vi diskutere anvendelsen af virtuelle laboratorier og rapporterer fra et pilotprojekt, hvor både farmakologi-studerende og -undervisere oplevede en række fordele ved at bruge et virtuelt laboratorium. Vi argumenterer for at et virtuelt laboratorium har vigtige didaktiske og økonomisk begrundede ressourcer som kan forstås ud fra sociologen Bourdieus begreber om habitus og hexis. Vi konkluderer dog med diverse forbehold herunder, at undervisere skal lære at bruge et virtuelt laboratorium kritisk og med forberedelse før implementering.

## Introduktion

Laboratoriet har i mange år været selve grundstenen i den naturvidenskabelige undervisning. Eksperimentelle og empiriske metoder er blevet praktiseret i laboratoriet og konsensus har været at det klassiske laboratorium skaber et effektivt læringsmiljø (Toohey 1963). Laboratorieundervisning som centralt element i den naturvidenskabelige undervisning har således læringsmæssige styrker og fordele, men svaghederne og omkostningerne er først i de senere år blevet legitime at

debattere (Hodson 2008). Laboratoriet er blevet brugt til at oplære studerende i naturvidenskabelig(e) metode(r) - så som at opstille videnskabelige hypoteser, designe empiriske forsøg samt til at give de studerende praktiske erfaringer med et teoretisk stof. Laboratoriets pædagogiske værdi har været hævet over enhver tvivl og dets styrker og fordele var indtil ca. 1970 for åbenlyse til at diskutere (Ramsey 1969).

Et konkret argument for at anvende laboratoriet er, at det giver de studerende mulighed for at udvikle praktiske færdigheder – også kaldet procedural viden - eksempelvis at pipettere. Ud fra et troværdighedsargument er det blevet argumenteret, at kun laboratoriet – og ikke forelæsninger og eller E-læring eksempelvis - kan bibringe den studerende forståelse for kompleksiteten og diversiteten i empirisk videnskabeligt forskningsarbejde (Millar 2004). Et virtuelt laboratorium vil ifølge autenticitetsargumentet altid have et som-om præg, altså det vil simulere laboratoriet, men det vil altid være en mangelfuld gengivelse af virkeligheden.

Men tre argumenter kan fremføres for at et virtuelt laboratorium er et nødvendigt alternativ til klassisk laboratorie-undervisning. For det første et praktisk argument: Grundet et øget optag af studerende på de videregående uddannelser er der kommet pres på de fysiske rammer for undervisning og forskning herunder laboratoriefærdigheder og eksperimentelle hands-on-kurser. For at tage et eksempel fra Aarhus Universitet: Frem mod år 2028 vil efterspørgslen på lokaler på Aarhus Universitet stige med mellem 200.000 og 480.000 m<sup>2</sup> svarende til en stigning på ca. 25-65 % i forhold til 2012 niveau (Visionsplan 2010-2028). Dertil kommer en forventet reduktion i tilskud til de laboratoriekurser universitetet på nuværende tidspunkt udbyder til studerende i f.eks. molekylærmedicin og medicinal kemi. Det andet argument er ideologisk og kan tilskrives evidensbevægelsen i pædagogik, der blandt andet har medført øget fokus på om laboratoriet overhovedet er det mest velegnede miljø at lære fagligt stof? Der er opsummerende en begyndende diskussion i faglige kredse af, hvordan fremtidens undervisningsmiljøer og lokaler i stigende grad vil kunne anvendes og fungere uden for den almindelige 8-16 arbejdstid for at kunne imødekomme antallet af brugere og det forøgede pædagogiske behov om at fremvise effekt af undervisning og sammenhæng mellem evaluering og læringsmål etc. For det tredje kan premiset for (troværdigheds)argumentet betvivles, idet et virtuelt laboratorium måske netop fordi det er en simuleret virkelighed kan forsimple og forlægge nogle ofte meget komplicerede sammenhænge og dermed være et effektivt læringsmiljø for novicer.

I denne artikel vil vi sammenholde erfaringen med et virtuelt laboratorium – en teknologibaseret mock-up med det virkelige og klassiske laboratorium. En sammenligning af vigtige didaktiske og økonomisk begrundede ressourcer peger på nytten af et virtuelt laboratorium, men der eksisterer en fare for at undervisere bruger virtuelle laboratorier ukritisk og uden forberedelse før implementering. Vi beskriver et casestudie hvor et virtuelt laboratorium blev implementeret i farmakologi-undervisning på Aarhus Universitet og vi bruger dette casestudie til at undersøge et virtuelt laboratoriums pædagogiske potentiale.

## Case: Implementering og resultater

I det følgende vil vi beskrive en case/et pilotprojekt hvor vi afprøvede et program til virtuel laboratorium-undervisning. Casen skal illustrere de overvejelser man bør gøre sig ved indkøb og implementering af virtuelle laboratorier.

### Forarbejde

Indledningsvist (i foråret 2012) undersøgte vi markedet hovedsageligt via internettet for tilgængelige E-lærings-programmer, reviews, kommentarer og artikler. Vi var interesseret i programmer, der kunne leve op til det undervisningsbehov de studerende i molekylærmedicin og medicinalkemi har. Vi havde kontakt til en Professor i farmakologi fra Erasmus Medical Centre, Rotterdam, Holland, som brugte et ældre system til virtuelle øvelser. Det fungerede ifølge hans evalueringer godt: De studerende lærte noget og evaluerede programmet positivt, men da systemet ikke kunne køre på nyere Windows-versioner var det ikke aktuelt at implementere for os ved Aarhus Universitet. Inspireret de positive erfaringer med virtuelle øvelser blev internettet i stedet gennemført og der fandtes et par aktuelle programmer, bl.a. Strathclyde Pharmacology Simulations, PharmaCALogy.com og ExPharmPro. De to første havde en utidssvarende og gammeldags udseende grafisk brugerflade, hvilket i vores øjne var et klart minus, da de studerende er vant til flot grafik og derfor hurtigt kunne forkaste et læringsprogram med dårlig grafisk brugerflade. Det mest lovende program var ExPharmPro (Figur 1), der var elegant udformet med god brugervenlighed. Efter adgang til programmet som test-bruger, kunne vi hurtigt se potentialet i at benytte dette program til de studerende også fordi de havde et par gode eksperimenter, som omhandlede det kardiovaskulære område, som var et af vores krav. Ydermere var prisen overkommelig, da licens til et år kostede ca. 5000 kr. Dette gjorde det muligt at afprøve programmet uden at vi af den grund føler os økonomisk tvunget til at bruge dette de næste mange år.



Figur 1. Screenshot fra ExpharmPro

Figur 1 viser et screenshot fra programmet ExpharmPro som vi grundet den økonomiske tilgængelighed, brugen af farver og tegninger og deraf en indbydende og veldesignet grafisk brugergrænseflade, vurderede til at være den bedste mulighed.

### Licens

Kort tid efter blev der købt licens til programmet og det blev testet grundigt i samarbejde med et par studerende, der havde fulgt det traditionelle laboratoriekursus året før. Deres brugertests og kommentarer var meget positive, da de følte at man selv skulle planlægge eksperimentet og tænke grundigt over tingene undervejs. Selvstændigt at lære at designe eksperimenter var et vigtigt læringsmål, dette havde ikke været et mål før, da det ikke er muligt på samme måde i det klassiske laboratorium, så de studerende havde ikke oplevet i samme grad at skulle designe eksperimenter året før. Tidligere var øvelserne blevet planlagt i detaljer af underviserne og de studerendes overvejelser omkring den teoretiske baggrund for øvelserne fandt mest sted i forbindelse med rapportskrivning. Bekymringer om manglen på "rigtig" laboratorie-arbejde kunne de også minimere, for som de sagde, havde de jo ikke haft fingrene i ret meget praktisk året før, da eksperimentet havde inkluderet montering af væv på myografer, hvilket er så vanskeligt at laboranterne bliver nødt til at montere og normalisere arterierne før de studerende kommer i laboratoriet, ellers ville arterierne ikke fungere og øvelsen ville ikke kunne gennemføres.

### Øvelser

Efter afprøvningen af programmet, blev det vedtaget at anvende to af øvelserne til undervisningsbrug. En metode-øvelse, hvor de studerende skulle lave en standardkurve, vha. histamins effekt på ileum fra et marsvin. Denne øvelse var udvalgt baseret på tidligere erfaring om at de studerende har svært ved at forstå hvorledes standardkurver laves ud fra en ren

teoretisk forklaring. Oplevelsen var at øvelsen var meget tidsbesparende i forhold til vanlige øvelser og meget lærerig i forhold til en ren teoretisk tavle-forklaring.

Den anden øvelse var en mere tidskrævende øvelse i kardiovaskulær farmakologi omhandlende regulering af blodtryk og hjerterefrekvens på baggrund af adrenerg og kolinerg farmakologi. I denne øvelse målte blodtryk og hjerterefrekvens på en bedøvet hund og de studerende besvarede teoretiske spørgsmål ved selv at planlægge og udføre eksperimenter. Dette satte de studerende i gang med at tænke selvstændigt og gav dem en helt anden tilgang og en mere aktiv brug af den bagvedliggende teori og mange syntes, det var spændende selv at planlægge eksperimentet, selvom det indimellem resulterede i at "hunden" døde.

Inden de studerende kom til øvelserne var de blevet bedt om at læse en udleveret øvelsesvejledning, der gav en kort introduktion til eksperimenterne og ydermere at genlæse relevante artikler i deres bog. På øvelsesdagen blev der startet med en introduktion til øvelserne, nogle praktiske informationer omkring brug af programmet og en kort forelæsning om adrenerge og kolinerge stoffer og om den sympatiske og parasympatiske regulering, så det var i frisk erindring til øvelserne. Derefter arbejdede de studerende i tomands-grupper, så de havde en at diskutere fremgangsmåden med, mens der var to undervisere til knap 20 studerende. Undervisernes opgave var at dels hjælpe med praktiske problemer med programmet, men også at komme med små ledetråde, når de studerende var på vej ud af en forkert tangent. De studerende havde fem timer til rådighed i computerrummet og arbejdede alle koncentreret med opgaven stort set uden pauser, som de ellers selv kunne tilrettelægge, hvilket vidnede om at de fandt øvelserne interessante.

De studerende havde tre øvelser. I første øvelse skulle de som tidligere nævnt lave en histamin standard kurve på ileum sat op i wiremyograf og derefter bestemme den ukendte koncentration af en histamin-opløsning.

I anden øvelse skulle de lave forsøg med forskellige adrenerge og kolinerge stoffer og måle deres effekt på hjerterefrekvens og blodtryk i en bedøvet hund. De skulle besvare følgende specifikke spørgsmål:

- Demonstrer beta receptor delen af adrenalin
- Demonstrer den nikotinerge aktion af acetylkolin
- Demonstrer takyfyklaksi
- Vis kompetitiv antagonisme ved hjælp af acetylkolin
- Demonstrer forskellen mellem en alfa blokker og en betablokker

I tredje øvelse fik de "udleveret" 5 forskellige adrenerge eller kolinerge stoffer, som skulle identificeres ud fra deres effekt på hundens blodtryk og hjertefrekvens.

### Evaluering

Alle tre øvelser fungerede meget tilfredsstillende både mht. teknologiens pace og brugerflade i samspil med faget (farmakologi). Øvelserne bidrog på forskellig måde til de studerendes viden om farmakologi og specifikt de adrenergene og koligene stoffer og deres indvirken på hjertefrekvens og blodtryk. Tilbage meldingerne fra de studerende var meget positive og selv de studerende, der kom med en negativ indstilling til computerbaserede øvelser, kom efterfølgende og sagde at det havde været rigtigt interessant og lærerigt. Baseret på deres efterfølgende rapporter kunne man også se at de havde fået en god viden om adrenerg og kolinerg farmakologi, som ellers er nogle meget komplekse emner.

Vi har sidenhen prøvet at implementere øvelserne for medicinstuderende, men på en helt anden måde. Der blev de studerende præsenteret for programmet til en fælles forelæsning (ca. 200 studerende) og fik opgaverne indenfor det adrenerge og kolinerge system tilsendt sammen med login oplysninger på AULA (Learning Management system på AU). Derefter blev de tilbudt en ekstra forelæsningsgang, hvor opgaverne blev gennemgået, men dels mødte kun omkring 25 % op og ud af dem havde højst halvdelen lavet øvelserne. Dette viser noget om hvor vigtig implementeringen af øvelserne er og ydermere udvælgelsen af øvelser til de forskellige studentergrupper. Hvor den umiddelbart ramte godt plet ved de studerende i molekylærmedicin og medicinalkemi, hvor eksamen består af at løse fire komplekse opgaver, så følte de medicinstuderende ikke at øvelserne var nær så eksamensrelevante, måske fordi deres eksamen består af 20 kortsvarsopgaver. I undervisergruppen på farmakologi tror vi stadig at programmet kan være gavnligt for de medicinstuderende ift. indlæring, men vi skal komme op med en ny strategi for hvordan implementeringen skal foregå. Måske mere synergistisk så programmet bruges til gennemgangen af emnerne i bogen. En sammenfatning af de vigtigste fordele og ulemper ved implementeringen af DVL kan ses i tabel 1.

Fordele	Ulemper
Billigere i brug	Vanskeligt at tilpasse forsøgene
Mere avancerede forsøg	Ingen hands-on erfaring
Ingen brug af forsøgsdyr	Kræver tid til implementering
Mulighed for at lave forsøg hjemme	Mindre interaktion med laboratorie-personalet

Frigør laboratoriet til forskerne	Mindre forståelse af fejlslagene forsøg.
Mulighed for at designe sit eget eksperiment	Fungerer dårligt som selvstudie

**Tabel 1: Opsummering af oplevede fordele og ulemper ved mock-up**

## Uddrag fra de studerendes evalueringsudsagn

Følgende to udsagn fra den kvalitative evaluering indfanger de studerendes positive oplevelser:

”Vi synes det har været rigtig gode og lærerige øvelser, som repeterer stoffet rigtig godt.”

[Mandlig farmakologistuderende A]

”Yderligere kan det nævnes at vi var rigtigt glade for øvelsen. Det var rart med en øvelse hvor man skulle forsøge at tænke sig om, undervejs i øvelsen, og hvor der ikke var en opskrift at følge. Det er dog lidt ærgerligt at man mister muligheden for at færdiggøre nogle af øvelserne, hvis hunden dør.”

[Kvindelig farmakologistuderende B]

Vores formelle evaluering og refleksioner omkring de studerendes læringsudbytte baseret på deres mundtlige og skriftlige evalueringer og deres rapporter, hvor de skulle forklare deres eksperimenter og den teoretiske baggrund for hvorfor de lavede de forsøg, de gjorde og hvorfor resultaterne var som de var, peger i retning af, at de studerende får mindst lige så stort fagligt udbytte af virtuelle øvelser, som de gør af de oprindelige/traditionelle laboratorieøvelser. Da øvelserne var en anden type forsøg end vi ellers har brugt er det svært at sammenligne direkte, men baseret på antallet af afviste rapporter og deres engagement i timerne så vi en klar fordel ved at bruge de virtuelle øvelser. Virtuelle øvelser giver ydermere nogle fordele i forhold til hvilken type øvelser vi kan udføre, da det ville være uetisk at inddrage dyreforsøg af denne type i praksis (dissektion af bedøvet hund eksempelvis). I dette tilfælde kunne vi vælge et mere komplekst forsøg end normalt, som også var mere interessant og nemmere at forholde sig til for de studerende. Ressourcemæssigt kræver denne type øvelser dog formentlig lige så mange underviser-timer som praktiske/traditionelle/klassiske laboratorie-øvelser.

En indvending kunne være, at de studerende ikke får praktisk laboratorieerfaring, men vi ved af erfaring, at studerende ikke lærer megen



ny teknik ved at prøve den i laboratoriet en gang, og da hovedformålet med vores øvelser er at styrke de studerendes indlæring og bibringe de studerende en dybere forståelse af farmakologiske problemstillinger og mekanismer, føler vi, at inddragelse af denne type virtuelle eksperimenter har været tilfredsstillende. En anden ulempe ved at bruge programmet er det omfattende tidsforbrug i at sætte sig ind i de forskellige forsøg/programmer og implementere dem i undervisningen.

Tilbage til eksemplet fra Aarhus Universitet: Den nuværende pris for afholdelse af 3 dages laboratorie-øvelser for ca. 60 studerende (hver studerende tilbringer en øvelses-dag i laboratoriet, da de studerende er delt ud på 3 hold) er mellem 30 og 40.000 kr. inkl. lønninger til to laboranter. Prisen for et virtuelt set up er ca. 5.000 kr. om året til indkøb af software. Derudover skal påregnes tid til forberedelse af øvelserne og retning af efterfølgende rapport, men det adskiller sig ikke fra tilfældet med de traditionelle øvelser. Men i opstartsfasen må påregnes brug af ekstra ressourcer til træning og eventuelt overvindelse af modstand fra forskere, der har været vant til at undervise i det traditionelle laboratorium.

Ulempen ved virtuelle øvelser er, at de studerende ikke får praktisk erfaring, de får ikke en pipette, elektronvægt m.m. i hånden. Men man kan modsat også argumentere for at de studerende rent faktisk ikke lærer teknikken ved at afprøve den én dag. Det skyldes, at laboranten, ved de tidligere benyttede (traditionelle) øvelser i farmakologi, sætter vævet op i myografen til de studerende, da dette kræver stor erfaring. Derfor går øvelsen ud på at forstå, hvordan der laves kurver, fortyndinger m.v. og så for de studerende at tilegne sig farmakologiske begreber ved at lave grafer og tilhørende udregninger. Denne semantiske begrebsudvikling (og givetvis også den procedurale færdighedstilegnelse) kan ligeså vel medieres ved hjælp af et egnet computerprogram, der simulerer et laboratoriums praksis.

## Klassisk versus virtuel laboratorie-undervisning

Laboratorieundervisning har længe været et centralt element i alle naturvidenskaber: Fysik, biologi og kemi er prototypiske eksempler, idet (den klassiske) laboratorieundervisning giver de studerende erfaring med grundforskningsprincipper omkring hypoteseafprøvelse etc. Desuden giver laboratoriet unikke muligheder for at studerende opnår erfaringsbaseret viden om det underviste stof, hands-on færdigheder og udstyrskendskab. Men, hvilke videnstyper udvikler det klassiske laboratorium og er det de samme som et virtuelt laboratorium kan forventes at udvikle?

Vi vil argumentere for, at såkaldt deklarativ viden – altså "viden om" – eksempelvis viden om det periodiske system - og procedural viden – altså kunne eller "viden hvordan" eksempelvis færdigheder så som at titrere,

opvarme, afmåle, afveje, aflæse etc.) er tæt forbundne vidensformer i laboratoriet. Det kan ses derved, at deklarativ viden udvikles ved at udføre eksperimenter og procedurer i laboratoriet. Den studerendes viden om et stof afprøves og udforskes således gennem praktisk omgang med stoffet, men også i forhold til kompetencekrav: At lære at begå sig i et laboratorium kræver både teoretiske og praktiske færdigheder, hvilket også kan motivere studerende til at arbejde hårdt med begge dele.

Undervisningsformen i laboratoriet adskiller sig således markant fra mere traditionelle universitetsundervisningsformer eksempelvis forelæsning og holdundervisning, derved at laboratoriet lader den studerende arbejde med det faglige stof/indhold i et didaktisk gunstigt miljø. Det betragtes som et gunstigt miljø for det første fordi laboratoriet kan karakteriseres både som et specielt læringsmiljø med eksempelvis sterile omgivelser hvor nye vaner skal tillæres. I det klassiske laboratorium vil der være mange nye måder at gebærde sig på som skal tillæres, men idet det anerkendes som et adelsmærke ved empirisk naturvidenskab er laboratoriet en hjørnesten i de biomedicinske videnskaber. Troværdighedsargumentet vi nævnte indledningsvist vil altså fremføre, at fordi farmakologi praktiseres i laboratoriet bør studerende tilbringe så lang tid i laboratoriet som muligt for at opnå dybtgående kendskab til selve livsnerven i at etablere empirisk biovidenskabelig viden. Hvilke implikationer har dette perspektiv på læring? I et klassisk syn på laboratoriet som læringsrum er der ikke mock-ups eller øvelser via eksempelvis gruppeøvelser inden laboratoriet; i laboratoriet er der primært arbejde – enkeltvis eller i grupper – omkring procedurer og isolerede emner. Laboratoriekurser adskiller sig på flere områder men i større omfang specielt på planlægning, logistik og udgifts siden i forhold til de fleste andre kursusformer.

Den klassiske laboratorie-undervisning kan pædagogisk beskrives som studenter centreret læring/undervisning (Rogers 1983). Øvelserne vil ofte være beskrevet på forhånd med detaljeret beskrivelse af fremgangsmåde og brug af udstyret. Dette har vi også set i vores tidligere laboratorie-undervisning, hvorimod det virtuelle laboratorium gav os mulighed for at de studerende selv fik lov til at designe eksperimenterne. Denne undervisningsform har traditionelt været inspireret af en række praksisbaserede undervisningsformer så som forankret undervisning ("Anchored instruction", Bransford, 1990) samt case based learning (CBL) og problem based learning (PBL). I det følgende vil vi forsøge at tolke disse undervisningsformer i en situeret teoretisk ramme af praksisfællesskaber og sociale rum.

## Laboratoriet anskuet som praksisfællesskab indlejret i social praksis

Et laboratorium kan forstås som et praksisfællesskab hvilket ifølge Wenger (1998, s. 72-73) er defineret ved følgende tre strukturer: Gensidigt engagement (hvor laboranter, studerende og videnskabsfolk etablerer fælles normer og gensidige forpligtelser), fælles entrepriser (hvorved deltagerne skaber fælles forståelse af betydningen af deres aktivitet) og fælles repertoire (tegn og symboler der giver mening til laboratoriets praksis).

Den studerende skal socialiseres til normer, håndlag, – videnskabsfolkens viden, samtale, arbejdsdeling, redskaber/arbejdsmetoder etc.- ensemblet af sociale relationer eller den sociale praksis i laboratoriet. En sådan socialisering er nødvendig for at den studerende lærer at deltage først som legitim perifer deltager og siden som fulgyldigt medlem af et fag, vedkommende har altså lært at begå sig i faget. At begå sig, at mestre et fag vil blandt andet sige at kunne begå sig håndværksmæssigt og begrebsligt i et laboratorium. Denne introduktion vil for de fleste studerende være en udfordring på samarbejdskompetencerne og praktiske færdigheder mere end det teoretiske forståelsesmæssige indhold i øvelserne. Undervisningen er krævende for den studerende som ikke har et naturligt forhold eller forståelse for den struktur og de faste arbejdsgange, der er essentiel for en konkret øvelse.

Men for at forstå hvordan de studerende og andre sociale aktører lærer at begå sig i et laboratorium – at kropsliggøre og tilegne sig normer og smagsdomme etc. – vil vi anvende begrebet "habitus" som Pierre Bourdieu (2009) definerede som forholdet mellem en makro-struktur - det sociale rum, eksempelvis den sociale praksis der udspilles og orkestreres i et videnskabeligt laboratorium og en subjektiv forholden sig hertil medieret af individets kognitive skema, mentale disposition etc. som regulerer hvad Bourdieu (1994) kalder doxa nemlig det som tages for givet. Habitus fungerer som ramme for den måde, hvorpå den studerende oplever, tænker og handler og doxa begrebsætter hvordan noget er selvindlysende for fagets praktikere – ting der ikke behøver forklaring ja slet ikke bliver problematiseret. Eksempelvis sådan som det klassiske laboratorium ikke blev problematiseret indtil relativt sent i den pædagogiske historie som nævnt indledningsvist.

Man kan altså anskue laboratoriet som rammen for de mentale, sociale og praktiske forandringer som denne praksis opretholder, mens laboratoriet anvendt i undervisning er en undervisningspraksis. Den enkelte studerendes oplevelse og bidrag til udførelsen af de planlagte øvelser udvikler sig, hvilket i sig selv har stor potentiel læringsværdi. Mens habitus for Bourdieu betegner sådanne praksisser som har at gøre med indre/

psykiske relationer så som smag, holdning, men også tænkning om og vurdering af noget etc. så betegner hexis kropslige forhold altså en kropslig habitus. Hexis vil eksempelvis kunne iagttages i fagpersonens - laborantens/den studerendes/forskerens - håndelag, kropsholdning etc. hvor erfarne fagfolk ikke bare er hurtige og mere økonomiske i deres bevægelser, men gebærder sig på en egen hjemmevant og sejrssikker måde i laboratoriet. Umiddelbart kunne det se ud som om, at ingen virtuel undervisning vil kunne skabe en praksis med mulighed for at kultivere den fornødne laboratorie-doxa. Men den traditionelle laboratorie-undervisning er dog langt fra en sådan autentisk praksis hvor uanede ressourcer står til rådighed for de studerende, såsom forskere de kan lære af etc.

Man kan have den hypotese, at forskeren/ vil medbringe sine dispositioner – habitus er defineret som dispositioner, med sig fra det klassiske laboratorium ind i et virtuelt laboratorium – det som man plejer at gøre og måder at tale om tingene vil man måske forsøge at overføre til den nye situation. Habitus kan forstås som internaliserede dispositioner, der kan udvikles i det klassiske laboratorium og hexis kan forstås som kropsliggjort laboratorie-gebærden sig, hvor individet lærer at imitere andre. Laboratoriets fysiske indretning fordrer, at individet lærer at undgå overflødige bevægelser samt lærer at bevæge sig i overensstemmelse med krav til sterile arbejdsgange etc. Men det kan give anledning til, at doxa, forstået som laboratorie-habitus, skubbes i forgrunden, når uventede arbejdsgange og muligheder afsløres, sådan som de måske vil blive afdækket, når underviseren skal simulere et eksperiment i et virtuelt laboratorium. Så et virtuelt laboratorium kan være et eksempel på en divergerende eller konkurrerende praksis. Noget tilsvarende referer Bourdieu (2009) til, når han diskuterer muligheden af at doxa indtræder og derved sætter individet i stand til at indtræde i den spørgende habitus som doxa muliggør.

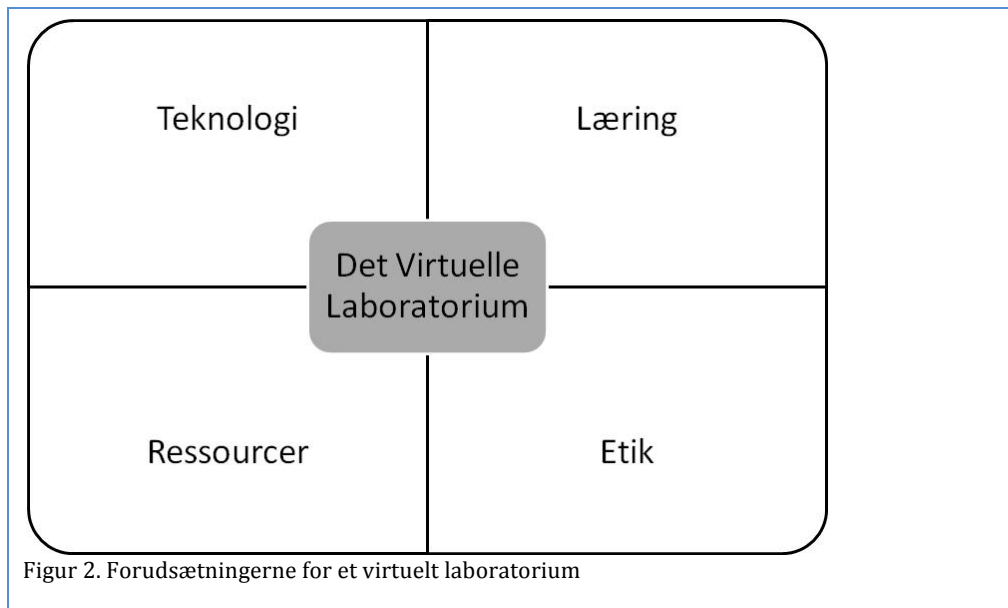
Vores erfaringer er, at klassisk laboratorieundervisning, såsom farmakologi på Aarhus Universitet foregår i de samme lokaler, hvor der kontinuerligt udføres forskning af ansatte, Ph.d. studerende og gæste forskere. Deres rutiner og planer må i disse undervisningsuger indstille sig og justeres til og for de studerende. Mange af forskerne, laboranterne, sekretærerne og Ph.d. studerende er også arrangører og nøglepersoner i undervisningsforløbet. De studerende vil derfor uundgåeligt være til hinder for den normale arbejdsgang og pladsanvendelse. Ydermere anvendes kemikalier, udstyr, biologiske materialer, antistoffer, medikamenter etc. af høj kvalitet og pris. Opsummerende kan disse indvendinger og omkostninger umuliggøre de praktiske (klassiske laboratorie-) øvelser og derfor er der siden midt-1990'erne blevet forsket i at afholde virtuelle laboratorium-øvelser (Schutte 1997, Ma 2006).

En yderligere fordel ved virtuelle øvelser er det etiske aspekt, da der ellers er blevet lavet klassiske laboratorium-forsøg, hvor der indgår dyrevæv eller forsøgsdyr som del af øvelserne. Brugen af forsøgsdyr til undervisning og forskning kan ses som en parallel del af den naturvidenskabelige vidensudvikling fra Aristotles og Hippokrates' arbejde med blandt andet anatomi og bevægelses-funktion. I det 17. århundrede var holdningen hos flere fremtrædende naturvidenskabsfolk, bl.a. filosofen og matematikeren René Descartes, at eftersom dyr ikke havde årvågenhed, følelser og forstand skulle ingen særlige hensyn tages til dyr ved dissektion (Van Zutphen 2001). En konkret dyreetisk forståelse og accept blev introduceret i 1959 med de såkaldte 3-R-guide: "Replacement" (erstatning), "Reduction" (begrænsning) & "Refinement" (videreudvikling) (Russell og Burch 1959).

Et virtuelt laboratorium skal forstås bredt som undervisning i f.eks. metoder, færdigheder, teori og eksperimenter i digital form som tidligere kun kunne læres i laboratoriets fysiske rammer.

Et virtuelt laboratorium er en gren indenfor eller et konkret eksempel på naturvidenskabelig E-læringsteknologi og er som sådan under rivende udvikling – en udvikling der er forstærket af at det biomedicinske laboratorium i dette århundrede i forvejen er under hastig forandring, hvorfor et virtuelt laboratorium også må undergå en hastig udvikling for ikke bare at holde trit, men didaktisk overhale det traditionelle laboratorium. Igennem de sidste 20 år har flere og flere delelementer fundet plads i E-lærings undervisningsform bl.a. ved brug af Learning management systemer, hjemmesider, introduktioner og dokumenter i digital form (Schutte 1997). På nuværende tidspunkt afholdes der ved Aarhus Universitet ikke laboratorium-øvelser for medicin og tandlægestuderende, ud fra en tanke om, at disse studerende ikke har behov for den praktiske laboratorium-øvelse. Læringsmål for de to fag og studier nævner ikke de procedurale laboratorium-teknikker, måske fordi de tandlæge- og lægestuderendes fremtidige arbejde på hospitaler og tandlægeklinikker ikke traditionelt set har fordret disse. Man kan hypotetisere om ikke brugen af et virtuelt laboratorium vil give de studerende mulighed for at arbejde med det teoretiske stof i et gunstigt læringsmiljø, der tager højde for biomedicinens hastige teknologiske udvikling, hvor genetik etc. vinder indpas fra laboratoriet og videre til tandlægen og lægen?

En måde at anskue og argumentere for Et virtuelt Laboratorium (DVL) kunne være med brug af de fire parametre som vist i figur 2.



1) Teknologien er i dag så udbredt, stabil og billig, at teknologiens udviklingsstadium taler for et skifte mod øget anvendelse af DVL. 2) Læring: De fleste studerende har endvidere både kompetencerne, vanerne og motivation samt motiver – dvs. relativt langsigtede motivationsstrukturer der guider deres handlinger - til anvendelse af moderne informations og kommunikations teknologier i undervisningen. Dog fungerer løsningen væsentligt bedre når den understøttes af fagpersoner, som i ord og handling legitimerer øvelserne - eksempelvis ved at perspektivere dem til det virkelige laboratorie-liv.

3) Ressourcer: Men selvom de studerende synes rede til at anvende en i flere tilfælde ganske veludviklet virtuel laboratorieteknologi sætter materielle ressourcer en begrænsning. Således kan en virtuel laboratorie undervisning næppe afvikles i ældre undervisningslokaler. Dermed bliver materielle og symbolske (it-know-how for eksempel hos de involverede undervisere) ressourcer en relevant begrænsende faktor. For at overvinde denne begrænsning bør universitet/udviklingsenheder stille krav til enten dedikeret it laboratorier med godt udstyr, digital infrastruktur, internet og indeklimate kontrol eller lokaler med let tilgængeligt trådløs internet forbindelse, strømstik, plads til den enkelte og gruppearbejde. 4) Etik bliver ofte først synlig og diskuteret efter en begivenhed eller i lyset af et hændelsesforløb, men etikken kan med fordel tages med som en nødvendighed og forudsætning for et projekt. De dyreetiske aspekter ved implementering af DVL er oplagte for langt de fleste uddannelsesforløb. I mange tilfælde kunne det specialiserede uddannelsesarbejde med dyreforsøg gennemføres med efteruddannelse eller certificeret kursusforløb. En række etiske aspekter knytter sig til det sociale rum og de praksisfællesskaber som gennemleves i et laboratoriekursus. Det kan være

misforståelser eller mistolkninger fra de studerendes side om f.eks. en laborants håndtering af dyr eller sammenligning af en genetisk deficient rottemodel med kloakrotter. Anvendelsen af forsøgsdyr bør altid være nøje afstemt formål og effekt samt det forhold at der med det virtuelle laboratorium kan findes et brugbart alternativ.

Den økonomiske besparelse skal konverteres delvist til it support, it medhjælper før under og efter kurset, samt digital feedback til den enkelte deltager. Ved en digitalisering af undervisningen bliver arbejdsgange, resultater, opfyldelse af læringsmål og forløb dokumenteret og synligt på nye måder. Den nye viden kan og bør tænkes ind i den samlede it pædagogiske erfaring og deles med andre undervisere. Herigennem vil en sikring af videreudvikling og vidensdeling kunne realiseres.

Med udviklingen af et virtuelt laboratorium kan der samlet set defineres en målsætning om en bedre digital integrering med studenter centreret læring, blended læringsforløb med online ressourcer og understøttelse af et virtuelt lærings miljø (VLE) på uddannelsesstedet.

## Konklusion

Vores konklusion på dette første forsøg med virtuel laboratorium til farmakologi er, at det kan blive en pædagogisk succes at inddrage disse øvelser. Både som i dette tilfælde til erstatning for vanlige laboratorieøvelser, men muligvis også senere i vores almindelige farmakologi-undervisning, hvor både medicin og tandlæge-studerende forhåbentligt vil kunne drage nytte af disse øvelser/tilbud til at øge forståelsen og gøre indlæringen af farmakologi mere spændende. Der skal dog arbejdes mere med implementeringen og introduktion, da vores første forsøg på at implementere det ikke var en succes. Vi kan ikke anvende konceptet til medicin og tandlægestuderende det på samme måde som for molekylærmedicinere og medicinalkemi studerende, da vi ikke har ressourcerne til at afholde hvad der ville svare til ca. 10 laboratorie-dage med 20-25 elever per dag med efterfølgende rapport-gennemgang hvert semester. Derfor vil vi arbejde videre med hvordan man kan bruge øvelserne på en anden måde, hvor de studerende introduceres til dem i forelæsningen og siden hen skal arbejde med dem asynkront hjemme, inden de bliver gennemgået synkront til holdundervisningen. Det kan konkluderes at det virtuelle laboratorium anvendt til disse kurser ikke kan stå alene som blended learning med en kort introduktion. For at de studerende ser læringspotentiallet og investere den nødvendige tid skal øvelserne have en ordentlig didaktisk ramme fra fag miljøet.

Der findes andre lignende programmer på markedet, men baseret på vores søgning i foråret 2012, var ExpharmPro det mest lovende læringsmæssigt og økonomisk set tilgængeligt. Firmaet som har udviklet disse programmer er undervejs med en ny version med ca. 50 forskellige eksperimenter som

ville kunne bruges til at understøtte undervisningen i forskellige sundhedsvidenskabelige fag og derved gøre undervisningen mere spændende og engagerende for alle studerende på sundhedsvidenskabelige uddannelser, det være sig medicinere, tandlæger, medicinalkemikere eller molekylærmedicinere. Meget afhænger af den teknologiske og pædagogiske brugervenlighed af software, noget der også gør sig gældende for andre naturvidenskabelige områder.

Den didaktiske implementering er en tids og ressourcekrævende proces, der ligger ud over den vanlige undervisningsbyrde for videnskabeligt personale på universitetet og derfor vil et virtuelt laboratorium kræve ekstra ressourcer ikke kun til program indkøb, licenser og administration men også rent mandskabsmæssigt og i forhold til efter/videreuddannelse, feedback til studerende og kvalitetsudvikling af supplerende undervisningsmateriale. Såfremt ressourcerne er til stede, er det dog vores konklusion baseret på vores erfaringer og evalueringer fra disse studerende, at inddragelse af denne type E-læring på sigt kan styrke de studerendes læring og forståelse af stoffet og dermed løfte farmakologiundervisningen til ikke bare et virtuelt, men et højere niveau.



## Referencer

- Davies, C. (2008). "Learning and Teaching in Laboratories: An Engineering Subject Centre Guide," LTSN Eng., [set Oktober 2013 ]  
<http://www.engsc.ac.uk/downloads/scholarart/laboratories.pdf>.
- Rogers, C.R. (1983), Freedom to learn for the 80's. Charles E. Merrill Publishing Company, A Bell & Howell Company.
- Hodson, D. (2008). Towards research-based practice in the teaching laboratory. *Studies in Science Education*, 41,1,167-177.
- Ramsey, G.A., & Howe, R.W. (1969). An analysis of research on instructional procedures in secondary school science: Part II. *The Science Teacher*, 36 (4), 72-81.
- Lave, L., Wenger, E. (2003). *Situeret læring og andre tekster*. Hans Reitzels Forlag.
- Ma, J., Nickerson, J.V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Comput. Surv.* 38,3-7.
- Bransford, J.D. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Eds.), *Cognition, education and multimedia*. Hillsdale (NJ): Erlbaum.
- Toohy, J.V. (1963). *The Comparative Effects of Laboratory and Lecture Methods of Instruction in Earth Science and General Science Classes* (Doctoral dissertation, Arizona State University).
- Van Zutphen, L.F.M. (2001). History of animal use. In: Van Zutphen LFM, Baumans V, Beynen AC (eds). *Principles of Laboratory Animal Science*. Elsevier: Amsterdam, pp 2-5.
- Schutte, J.G. (1997). Virtual Teaching in Higher Education: the new intellectual superhighway or just another traffic jam?  
<http://www.csun.edu/sociology/virexp.htm>. [set Oktober 2013]
- Bourdieu, P. (2009). *Af praktiske grunde: omkring teorien om menneskelig handlen* Hans Reitzel, 5. oplag
- Millar, R.(2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper prepared for the Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision. Available at:  
<http://www.scribd.com/doc/11195279/The-role-of-practical-work-in-the-teaching-and-learning-of-science> [set Oktober 2013].
- V. Baumans (2004). "Use of animals in experimental research: an ethical dilemma?." *Gene Therapy* 11,64-66
- Visionsplan 2010-2028 for den fysiske udbygning (18. juni 2010).  
<http://www.e-pages.dk/aarhusuniversitet/91/> [set Oktober 2013].

W.M.S. Russell, W.M.S., Burch, R.L. (1959). The Principles of Humane Experimental Technique. Methuen: London, Reprinted by UFAW, 1992: 8 Hamilton Close, South Mimms, Potters Bar, Herts EN6 3QD England.