

# VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratorie-simuleringer i naturfaglig undervisning

## VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning

# Interaktive laboratoriesimuleringer hjælper eleverne med at gøre abstrakte naturvidenskabelige fænomener mere forståelige

Mange naturfaglige laboratorieeksperimenter er så abstrakte og vanskelige, at elever sjældent får mulighed for at prøve at udføre dem i virkeligheden. Med en interaktiv laboratoriesimulering kan elever nu få en læringsoplevelse, hvor de oplever at udføre sådanne laboratorieeksperimenter. En interaktiv laboratoriesimulering kan dermed anvendes som værktøj i undervisningen til at give eleven forståelse og hands on-erfaring med nogle af de abstrakte og vanskelige opgaver, der foregår i det virkelige laboratorium.

Anvendelsen af interaktive laboratoriesimuleringer er et relativt nyt fænomen. I dette vidensnotat præsenterer vi centrale forskningsresultater om, (1) hvad interaktive laboratoriesimuleringer er, (2) hvordan de kan bruges i undervisningen, og (3) hvilke potentialer og barrierer der er i relation til at anvende det som værktøj i naturfaglig undervisning.

## Nye muligheder for interaktive læringsoplevelser i naturfaglig undervisning

Økonomiske, sikkerhedsmæssige og praktiske omstændigheder begrænser ofte den naturfaglige laboratorieundervisning. I takt med den teknologiske udvikling opstår nye muligheder for at præsentere elever for interaktive læringsoplevelser, der kan stimulere elevernes nysgerrighed og give dem hands on-erfaring med naturfaglige fænomener, som kan være vanskelige at opleve i virkeligheden. En interaktiv laboratoriesimulering er et eksempel på et værktøj, der kan give sådanne læringsoplevelser. Det kan fx være en celles indre, eller hvordan havenes økosystem påvirkes af syreforurening. Disse fænomener fremstår ofte abstrakte eller uhåndgribelige, fordi de er for små/store eller foregår for hurtigt/langsomt til, at de kan observeres med det blotte øje. Uoverensstemmelsen mellem naturfaglige læringsaktiviteter og scenarier i den virkelige verden kan på den måde spænde ben for motivation og indlæring.

## Hvad er en interaktiv laboratoriesimulering?

En simulering kan forstås som en aktiv repræsentation af virkeligheden. En sådan aktiv repræsentation af virkeligheden kan være mere eller mindre abstrakt. Af simuleringer anvendt til undervisning findes både eksempler på simple 2D-video-spil og realistiske 3D virtual reality-simuleringer. Med 3D og virtual reality bliver det muligt at få en rumlig oplevelse af at være til stede i et simuleret univers.

En **interaktiv** simulering kræver, at eleven får mulighed for at handle og interagere frem for blot at observere. Denne interaktivitet er vigtig for at fremme læring. Således defineres en **interaktiv simulering** ofte som en simulering, der giver eleven mulighed for at ændre eller definere forskellige parametre i et laboratorie-forsøg for derefter at observere konsekvenserne heraf.

### Godt at vide, når du læser

- Dette vidensnotat er baseret på en vidensopsamling gennemført af forskere på Københavns Universitet, Virtual Learning Lab, i samarbejde med Implement 2018.
- Dette vidensnotat skal bidrage til at give læseren et lettilgængeligt overblik over aktuel forskning i brug af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning. Vidensnotatet kan derfor bruges som afsæt for videre læsning.
- Du kan læse vidensnotatet her uden at blive afbrudt af referencer eller henvisninger. Vil du vide mere, kan du finde forslag til videre læsning bagerst i notatet.

### STEM

- Betegner kompetencer inden for Science, Technology, Engineering og Mathematics. Begrebet STEM anvendes typisk i relation til erhvervsuddannelser, mens begreberne naturfag og naturvidenskabelige fag anvendes i forhold til folkeskole og gymnasiale uddannelser.
- I dette vidensnotat anvendes STEM som begreb på tværs af både folkeskole, gymnasie og erhvervsuddannelser.

## VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning

En **interaktiv laboratoriesimulering** er en interaktiv simulering, der, som navnet antyder, foregår i en virtuel laboratoriekontekst og er udviklet til at give eleven en oplevelse af at udføre eksperimenter i et virkeligt laboratorium. Betegnelsen (som på engelsk er **interactive virtual science laboratory simulations**) er betegnelsen, der dækker over interaktive simuleringer, der finder sted i et virtuelt laboratoriemiljø og omhandler et emne relateret til naturfaglig undervisning.

Idet der findes en lang række forskellige teknologiske løsninger til simuleringer, anvendes der i dette notat følgende sondring:

1

### Virtuelle interaktive laboratoriesimuleringer

Kendetegnet ved interaktivitet i særlig grad og med mulighed for at foretage avancerede laboratorieforsøg. Eleven oplever at være fysisk til stede i et laboratorium.

2

### Interaktive laboratoriesimuleringer i særlig grad

Kendetegnet ved interaktivitet i særlig grad og med mulighed for at foretage avancerede laboratorieforsøg. Uden oplevelse af at være fysisk til stede i et laboratorium.

3

### Interaktive laboratoriesimuleringer

Kendetegnet ved mulighed for interaktivitet i forbindelse med simple laboratorieforsøg. Uden oplevelse af at være fysisk til stede i et laboratorium.

4

### Ikke interaktive laboratoriesimuleringer

Kendetegnet ved at være simuleringer eller visualiseringer inden for STEM-fag, men uden mulighed for interaktion, fx video eller simpel VR.

5

### Øvrige produkter

Kendetegnet ved at have simuleringer eller grader af interaktivitet, der ikke er direkte relateret til at understøtte STEM-kompetencer.

## Potentialer for anvendelse

Forskningen peger på en række fordele ved at anvende interaktive laboratoriesimuleringer i undervisningen. Disse fordele vil blive præsenteret i dette afsnit.

### Interaktive laboratoriesimuleringer gør det muligt for elever at afprøve laboratoriearbejde

Interaktive laboratoriesimuleringer anvendes i stigende grad på gymnasier og universiteter som en tilføjelse til eller erstatning for virkeligt laboratoriearbejde. Arizona State University tilbyder fx et online biologikursus, hvor reelt laboratoriearbejde er helt erstattet af en interaktiv laboratoriesimulering. Andre internationale universiteter er i øjeblikket ved at gøre dem kunsten efter. Interaktive laboratoriesimuleringer gør det muligt for flere elever at få konkrete, hands on-erfaringer med laboratoriearbejde. Disse erfaringer kan være både inspirerende og motiverende og kan således danne grund for, at eleverne senere forfølger en naturvidenskabelig karriere.

Forskning peger på, at interaktive laboratoriesimuleringer er lige så effektive som virkelige laboratorieøvelser. Ydermere viser forskningen, at effekten af interaktive laboratoriesimuleringer gælder uanset uddannelsesstrin, lige fra folkeskole til universitetsniveau.

### Det siger forskningen

I USA har National Science Foundation nedsat et udvalg, som undersøger potentialet af at anvende computerspil og simuleringer inden for naturvidenskabelig uddannelse. Resultaterne viser bl.a.:

1. at simuleringer har signifikant potentiale for at øge elevernes motivation til at lære om naturvidenskab, tilegne sig videnskabelige færdigheder og opnå forståelse af videnskabelige begreber.
2. at simuleringer potentielt kan virke som effektive fremmere af konceptuel forståelse.
3. at konteksten, som simuleringerne anvendes i, har stor betydning for deltagernes udbytte.



## VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning



### Synliggør det abstrakte

Interaktive laboratoriesimuleringer giver mulighed for at ændre på parametre, der ikke kan opleves i det virkelige liv, og dermed kan de synliggøre "det usete". Fx kan elever observere, hvad der sker, når fysikkens love ændres, fx ved at bremse/fremskynde tiden eller skalere størrelsen af objekter (fx ved at være inde i en celle eller ude i det ydre rum). En sådan synliggørelse af noget abstrakt kan hjælpe eleverne med at opnå en dybere forståelse for komplekse videnskabelige begreber og processer.

### Gør det muligt at eksperimentere og fejle uden reelle konsekvenser

Interaktive laboratoriesimuleringer muliggør, at elever kan mislykkes (mange gange) og derigennem lære af deres fejl. Fordi øvelserne foregår virtuelt, er der ingen reelle konsekvenser af fejltagelser, hvilket giver eleverne mulighed for at eksperimentere og deducere sig frem til svar. Ligeledes kan elever lære gennem repetition af udfordrende øvelser og derved forbedre deres praktiske færdigheder. Således bruges interaktive laboratoriesimuleringer ikke kun til formidling af viden; de er også med til at udvikle elevers erfaring med konkret anvendelse af videnskabelige metoder.

### Kan reducere omkostninger

Via interaktive laboratoriesimuleringer bliver videnskaben tilgængelig for flere elever, samtidig med at uddannelsesmæssige omkostninger potentielt kan reduceres. Udvikling af ordentligt software kan være dyrt, men til gengæld kan et enkelt program distribueres på tværs af et stort antal devices. Derudover reducerer interaktive laboratoriesimuleringer antallet af undervisningstimer med en lærer og nedsætter derved institutionens omkostninger.

### Skaber fleksibilitet i tid og rum

En interaktiv laboratoriesimulering optager ikke mere plads end den computer eller device, det vises på. Dette gør det muligt at tilgå laboratoriet fra ethvert sted til enhver tid. Da de fleste skoler og universiteter lider under tids- og pladsmangel i forhold til at give samtlige elever laboratoriekurser, kan interaktive laboratorier afhjælpe disse udfordringer.

### Styrker motivation igennem virtuelle rollemodeller

Interaktive laboratoriesimuleringer giver mulighed for, at producenterne kan justere variabler i det virtuelle miljø, fx hvem der underviser, eller hvordan miljøet ser ud. Denne mulighed for at manipulere med variabler har vist sig at være vigtig for elevernes interesse og viden. Fx viser en ny undersøgelse, at når danske piger (i udskoling) møder en kvindelig virtuel forsker, så kan det forbedre deres motivation. Således giver simuleringer mulighed for at tilpasse specifikke virtuelle rollemodeller, der kan målrettes bestemte grupper af elever.

## Begrænsninger ved anvendelse

Forskning peger på, at interaktive laboratoriesimuleringer ikke bør anvendes som en fuldstændig erstatning for virkelige laboratorier. Skønt de interaktive laboratoriesimuleringer i stigende grad anvendes i undervisningen på folkeskole-, gymnasie- og universitetsniveau, er der enighed om, at de bør tjene et bestemt formål, nemlig at undervise i fænomener og udføre eksperimenter, der er vanskelige at reproducere i et virkeligt laboratorium. Lige så vel som der er fordele ved læring igennem interaktive laboratoriesimuleringer, er der også begrænsninger samt aspekter i undervisningen, som kun er mulige i et virkeligt laboratorium.

## VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning

### Mangel på taktil feedback

En udfordring for anvendelse af interaktive laboratoriesimuleringer er den manglende mulighed for taktil feedback. Det centrale ved den taktile feedback er elevernes mulighed for at benytte sanserne til at røre, føle, se og lugte i forbindelse med laboratorieforsøgene. Forskning peger på, at taktil feedback og fysisk tilstedeværelse af objekter er nødvendige komponenter i tilegnelsen af nye færdigheder. I interaktive laboratoriesimuleringer kan man på nuværende tidspunkt lære alle nødvendige trin i et kemisk forsøg, men man kan ikke **mærke**, hvordan det **føles** at opmåle en specifik volumen med en pipette, ligesom man ikke kan **lugte** det kemiske forsøg. Netop derfor må de interaktive laboratoriesimuleringer ikke stå alene, men anvendes som en integreret del af den almene naturfaglige undervisning.

I takt med at der sker tekniske og pædagogiske fremskridt inden for de interaktive laboratoriesimuleringer, forventes disse mangler på taktil feedback dog at reduceres. Forskningsmæssigt sker der meget på området lige nu. Fx er en gruppe forskere på Virtual Learning Lab på Københavns Universitet i gang med at eksperimentere med brugen af taktil feedback i de interaktive laboratoriesimuleringer. Målet er at forbedre simuleringerne og på den måde nærme sig det, som eleverne kan opleve i et virkeligt laboratorieforsøg, endnu mere.

### Elever tager ikke de interaktive laboratoriesimuleringer lige så alvorligt som de virkelige laboratorieforsøg

Erfaring viser, at elever kan være tilbøjelige til ikke at tage den interaktive laboratoriesimulering lige så alvorligt som det virkelige laboratorieforsøg. Som tidligere nævnt, giver en virtuel laboratoriesimulering eleverne en mulighed for at opleve fænomener, som ikke kan skabes i det virkelige laboratorium, fx fordi de er for farlige. Den virtuelle læringsoplevelse udgør dermed ikke nogen reel fare. Det er på den ene side en fordel, fordi det virtuelle kan muliggøre at gennemføre forsøget alligevel. På den anden side kan det også være problematisk, idet eleverne måske ikke i tilstrækkelig grad undervises i korrekt håndtering af specifikke situationer. Eller de tager det ikke så alvorligt, når der ikke er en reel fare.

### Elever får mindre erfaring med at forstå, hvordan og hvorfor ting går galt

Sammenlignet med virkelige laboratorieforsøg kan en interaktiv laboratoriesimulering give elever mindre erfaring med at forstå, hvordan og hvorfor ting går galt i et laboratorieeksperiment. Det kan bl.a. skyldes, at mange simuleringer på markedet i dag ofte er stilladseret omkring bestemte resultater i forsøgene, hvor forsøg i det virkelige laboratorium nogle gange kan give helt andre udfald end forventet. Det betyder også, at den konstruktive frustration, der kan opstå, når forsøgene mislykkes, udebliver, ganske enkelt fordi fejl sjældent sker i det virtuelle laboratorium.

Også her udvikles der forskningsmæssigt for tiden. Fx samarbejder forskere fra Virtual Learning Lab på Københavns Universitet med forskere i Zürich om et projekt, der integrerer nogle af disse aspekter. Her arbejder de bl.a. med "productive failure", som netop handler om det konstruktive læringsaspekt ved at fejle i forsøgene. Formålet er at give eleverne mere realistiske laboratorieoplevelser. Således skabes læring dels ved, at eleverne lærer af deres fejl, og dels gennem mere følelsesmæssige processer, hvor de oplever frustration og refleksion forbundet med øvelsen.

### Vidste du, at ...

Virtual reality er et relativt nyt fænomen, der med 3D-briller giver eleverne mulighed for at få en oplevelse af en simuleret virkelighed. Forskningen peger på, at VR kan have en række fordele sammenlignet med simple computersimuleringer. For det første er en VR-oplevelse utrolig "immersive", hvilket fremkalder højere niveauer af interesse, motivation, tilstedeværelse og tro på egne evner (self-efficacy) sammenlignet med computerbaserede simuleringer.

For det andet kan fysiske handlinger rekonstrueres og genopføres i VR-simuleringer. Ved hjælp af specielle kontrolenheder eller handsker kan eleverne arbejde med virtuelt laboratorieudstyr, som giver dem mulighed for at imitere en konkret fysisk bevægelse, hvilket ikke kan efterlignes i arbejdet med mus og tastatur. Således synes VR særligt anvendeligt i forbindelse med virtuelle laboratorier.

## VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning

# Implementering af interaktive laboratoriesimuleringer i naturfaglig undervisning

## Vigtigt med elevernes refleksion under og efter

Det er vigtigt, at eleven får mulighed for at reflektere over sine erfaringer under og efter en interaktiv laboratoriesimulering. Det er lærerens opgave at udvikle en plan for, hvornår og hvordan eleven skal få rum til denne refleksion. Læreren bør også indarbejde et evalueringsforløb (kvalitetssikring) med henblik på at sikre, at alle elever får gavn af de interaktive laboratoriesimuleringer.

Der findes endnu ikke mere konkrete retningslinjer fra forskningen for, hvordan man succesfuldt kan implementere interaktive laboratoriesimuleringer med henblik på at øge indlæring og interesse i naturfaglig undervisning. Men dette vidensnotat indgår som en del af et samlet inspirationsmateriale, der har til hensigt at give vejledninger til, hvordan du kommer i gang.

## Lærere spiller en central rolle for elevers motivation og interesse

En interaktiv laboratoriesimulering bør beskæftige sig med et emne, som den enkelte lærer finder relevant og meningsfuldt. Det er vigtigt, fordi læreren udgør en central rolle i forhold til at motivere og skabe interesse for forløbet blandt eleverne. I øjeblikket arbejdes der på at udvikle og designe nye brugerdefinerede laboratoriesimuleringer. Sådanne simuleringer vil give lærere mulighed for at tilpasse simuleringerne til deres specifikke behov og klasse. Et eksempel på dette er "Lab Builder", som er lanceret af Labster. I Lab Builder kan man bygge sit eget virtuelle laboratorium, der i højere grad understøtter en undersøgelsesbaseret tilgang til naturfaglig undervisning.

Når interaktive laboratoriesimuleringer skal anvendes i fremtiden, bliver det helt essentielt, at lærere har den tekniske ekspertise til at implementere dem i undervisningen. Lærernes ansvar omfatter ikke blot udvælgelsen og udformningen af relevante laboratoriesimuleringer, men også håndtering af de eventuelle problemer, der kan opstå i praksis. Derfor er kendskab til, hvordan man udvikler interaktive laboratoriesimuleringer, og hvordan de integreres hensigtsmæssigt i en eksisterende undervisningsplan, afgørende for, at de får indvirkning på elevernes læring og interesse for naturvidenskab.

## Få mere inspiration ...

Dette vidensnotat er en del af et samlet inspirationsmateriale om, hvordan du kan anvende interaktive simuleringer i undervisningen.

I inspirationsmaterialet finder du en vejledning med anbefalinger til, hvilke overvejelser du bør gøre dig før, under og efter undervisningen med brug af interaktive simuleringer.

I inspirationsmaterialet finder du også eksempler på undervisningsforløb med brug af interaktive laboratoriesimuleringer, der kan hjælpe dig med at komme i gang.

Vidensnotatet er udarbejdet i samarbejde med lektor Guido Makransky i samarbejde med Gordon Lucas, Sara Klingenberg og Oliver Meyer fra Virtual Learning Lab, Institut for Psykologi, Københavns Universitet



## VIDENSNOTAT

Brug af interaktive laboratoriesimuleringer  
i naturfaglig undervisning

### Hvis du vil vide mere

1. **Bonde MT, Makransky G, Wandall J, et al.** Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nat Biotechnol.* 2014;32(7):694-697. doi:10.1038/nbt.2955
2. **Bailenson J.** Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do. WW Norton & Company; 2018.
3. **Thisgaard M, Makransky G.** Virtual Learning Simulations in High School: Effects on Cognitive and Non-cognitive Outcomes and Implications on the Development of STEM Academic and Career Choice. *Front Psychol.* 2017;8. doi:10.3389/fpsyg.2017.00805
4. **Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE.** Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learn Instr.* 2017. doi:10.1016/j.learninstruc.2017.12.007
5. **Croottall D, Oxford R, Saunders D.** Towards a reconceptualization of simulation: From representation to reality. *Simulation/Games Learn.* 1987;17(4):147-171.
6. **Jones N.** The Virtual Lab: Can a simulated laboratory experience provide the same benefits for students as access to a real-world lab? *Nature.* 2018;562:S5-S7.
7. **Galvão JR, Martins PG, Gomes MR.** Modeling reality with simulation games for a cooperative learning. In: *Simulation Conference, 2000. Proceedings. IEEE;* 2000:1692-1698.
8. **Vogel JJ, Vogel DS, Cannon-Bowers J, Bowers C a., Muse K, Wright M.** Computer Gaming and Interactive Simulations for Learning: a Meta-Analysis. *J Educ Comput Res.* 2006;34(3):229-243. doi:10.2190/FLHV-K4WA-WPVQ-H0YM
9. **Potkonjak V, Gardner M, Callaghan V, et al.** Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Comput Educ.* 2016;95:309-327. doi:10.1016/j.compedu.2016.02.002
10. **de Jong T, Linn MC, Zacharia ZC.** Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science (80-).* 2013;340(6130):305-308. doi:10.1126/science.1230579
11. **Makransky G, Wismer P, Mayer RE.** A Gender Matching Effect in Learning with Pedagogical Agents in an Immersive Virtual Reality Science Simulation. *J Comput Assist Learn.* 2018.
12. **Makransky G, Thisgaard MW, Gadegaard H.** Virtual simulations as preparation for lab exercises: Assessing learning of key laboratory skills in microbiology and improvement of essential non-cognitive skills. *PLoS One.* 2016. doi:10.1371/journal.pone.0155895
13. **Makransky G, Lilleholt L.** A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educ Technol Res Dev.* 2018. doi:10.1007/s11423-018-9581-2
14. **Smetana LK, Bell RL.** Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *Int J Sci Educ.* 2012;34(9):1337-1370. doi:10.1080/09500693.2011.605182
15. **Gegenfurtner A, Quesada-Pallarès C, Knogler M.** Digital simulation-based training: A meta-analysis. *Br J Educ Technol.* 2014;45(6):1097-1114. doi:10.1111/bjet.12188
16. **Makransky, G., Bonde, M. T., Wulff, J. S. G., Wandall, J., Hood, M., Creed, P. A., Bache, I., Silaharoglu, A., Nørremølle, A..** Simulation based Virtual Learning Environment in Medical Genetics Counseling: An example of Bridging the Gap between Theory and Practice in Medical Education. *BMC Medical Education.* 2016;16: 98. doi: 10.1186/s12909-016-0620-6
17. **Merchant Z, Goetz ET, Cifuentes L, Keeney-Kennicutt W, Davis TJ.** Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Comput Educ.* 2014;70:29-40. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.033
18. **Hixon E, Buckenmeyer J.** Revisiting technology integration in Schools: Implications for professional development. *Comput Sch.* 2009;26(2):130-146. doi:10.1080/07380560902906070
19. **Dyrberg NR, Treusch AH, Wiegand C.** Virtual laboratories in science education: students' motivation and experiences in two tertiary biology courses. *J Biol Educ.* 2017;51(4):358-374. doi:10.1080/00219266.2016.1257498
20. **Mottelson A, Hornbæk K.** Virtual reality studies outside the laboratory. In: *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '17.* Gothenburg, Sweden: ACM Press; 2017:1-10. doi:10.1145/3139131.3139141

