



# Simulationer og Virtual Reality i Naturfagsundervisningen

## – hvordan i praksis?

---

6. sept. 2023

Karen Louise Møller

Centre for Educational Development

Aarhus Universitet



# Agenda

Interlab projektet

De overordnede fund

- Desktop labs
- Virtual Reality

Hvordan i praksis?

- Fem perspektiver + refleksionsspørgsmål
- Pædagogiske formater
- Ressourcer



# Projekt Interaktive laboratorier

## Formål

At udvikle og identificere principper for og eksempler på, hvordan forskellige **interaktive laboratorier** kan anvendes som værktøj og skabe mest mulig værdi i naturfagsundervisningen for forskellige elevgrupper.

## Definition

**Et interaktivt laboratorium** er en computerbaseret simulering, der gennem en digital brugergrænseflade af naturfaglig relevans giver lærere og elever mulighed for at ændre eller definere parametre for derefter at observere konsekvenserne heraf.

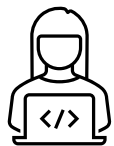
Desktop-labs, VR (Virtual Reality), Do it your-self labs

8 Folkeskoler, 5 Gymnasieskoler, 5 Erhvervsskoler

Aarhus Universitet, Københavns Universitet, Epinion

Spørgeskemaer før/efter (elever), interviews (elever og lærere)

Aktionsplaner, selvevaluering, observation af undervisning (lærere)



## Desktop laboratorier

Simulationer, som eleverne arbejder med på computeren og styrer via mus



- + Typisk gratis
- + Kæmpe udbud (500+ simulationer)
- + Lette at implementere
- + Skærmen kan deles af flere



## Virtual Reality laboratorier

Simulationer, som tilgås via et VR-headset og styres via controllere.



- + kan højne indlevelse og interesse
- færre udbud
- kræver ressourcer
- skærmen kan kun deles via ekstra hardware
- kræver plads til bevægelse i det fysiske rum

# De overordnede fund

- Ekstra digitale redskaber i den didaktiske værktøjskasse
- Gode visuelle læremidler
- Erstatte ikke fysiske forsøg
- Engagerer fagligt udfordrede elever mere i undervisningen
- Anvendelse kræver undervisers omhyggelige didaktisering



# Simulationer er gode visuelle læremidler

”Det store potentiale som læremiddel ligger i deres evne til at visualisere og repræsentere naturfaglige forhold” (rapport, s. 13)

## Elever oplever:

- at de **forstår naturfaglige forhold bedre**, når der kommer tydelige billeder på sammenhænge, abstrakte skalaforhold eller usynlige mekanismer.
- at de **aktiveres på en mere engagerende måde**, når de direkte kan interagere med visualiseringer igennem computeren

## Undervisere oplever:

- at **flere elever har behov for visuel støtte** til deres forståelse af naturvidenskabelige forhold

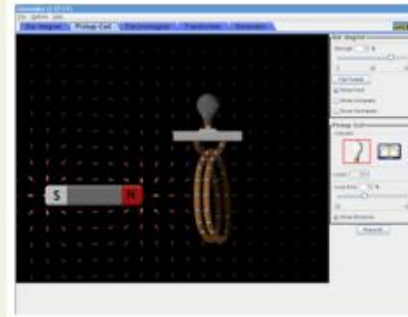
Altså hvis du selv sidder og roder og bevæger det også... Der er et eller andet, der gør at man får en bedre forståelse.  
(Elev)

# Simulationer erstatter ikke fysiske forsøg

” kan ikke løse præcis samme opgave. Tværtimod har de hver især nogle indbyggede karaktertræk som læremidler, der gør dem egnede til forskellige opgaver og aktiviteter”  
(Rapport, s. 20)

Jeg kan godt blive bange for, at man som ledelse kan se simuleringer som en spareøvelse ..(..)..men det de simulerede forsøg kan, er ikke det samme.  
(Underviser)

## Simuleret laboratorieudstyr



- + "Se" ind i udstyrets indre
- + "Se" de usynlige mekanismer/effekter
- + Alle har adgang overalt (onlineundervisning)
- + Manglende evne til forsøgsopstilling er ikke en hindring
- + Mange forsøg med forskellige parametre kan gentages på kort tid
- Indeholder typisk ikke målefejl/fejkilder
- Misrepræsentation af fænomen
- Manglende taktil fornemmelse
- Interface udfordrer samarbejde

## Fysisk udstyr



- + Flere muligheder for at begå fejl/opdage målefejl
- + Træner forsøgskompetence/eksperimentopstilling
- + Arbejde med ægte eller mere præcis data
- + Lære udstyret at kende og dets muligheder
- Eleven kan ikke se ind i udstyret
- Eleven kan kun observere indirekte effekter
- Tager lang tid at stille forsøg op/manglende adgang
- Kræver forsøgskompetence

# Engagerer fagligt udfordrede elever mere

” Konkret har flere undervisere oplevet, at denne gruppe elever igennem aktionerne har stillet spørgsmål til undviserne og gennemført opgaverne, hvilket ikke altid er tilfældet i den normale undervisning” (rapport, s. 14)

*Altså det giver jo et bedre... Altså hvis du selv sidder og roder og sidder selv og bevæger det også... Der er et eller andet der gør, at man får en bedre forståelse, (Elev)*

## Det drejer sig om elever som:

- finder visuelle elementer er særligt vigtige
- foretrækker mere interaktive undersøgelser i den teoretisk/boglige del af undervisningen
- er mere tilbageholdende i gruppearbejde/fysiske forsøg
- mangler forsøgskompetencer

# Anbefalinger, undervisers didaktisering

1. Sæt dig grundigt ind i simulationen
2. Tydeliggør det faglige mål med at anvende simulationen
3. Stilladsér elevernes arbejde med opgaven gennem oplæg, arbejdsark, løbende vejledning og opfølgning
4. Formulér opgaver der er åbne indenfor en ramme

Han kunne have taget det på tavlen først, hvor vi skulle starte. Vi havde bare fået et stykke papir. Det er fint nok. Men der er jo nogen, der ikke forstår det til at starte med eller gør det af sig selv. Det var en lidt tynd introduktion. (Elev)

Man føler sig lidt mere fri. Så tænker man selv lidt mere over det, man laver. Nogle gange forstår man ikke, hvorfor man laver det, når det ikke er frit. (Elev)



# Fund Desktop Laboratorier

# Fund – Desktop laboratorier

- + **Leverer stor fleksibilitet** (hjemmefra, gentagelser, eget tempo)
- + **Medfører øget faglig interesse og selfefficacy**  
hos elever med lav faglig interesse og lav selfefficacy
- + **Medfører ny læring eller forståelse** at se og styre et desktoplab
- + **De mindre desktopsimulationer** der tillader flere frihedsgrader er særligt relevante
- **Mange desktopsimulationer trænger til opdatering**  
(nutidig grafik, flere åbne undersøgelsesmuligheder og indbyggede muligheder for undervisningsdifferentiering)

# Elevens oplevelser med Desktop Labs

Hellere se det end at læse om det. (Elev)

Jeg synes det er fedt når vi selv får lov til at lave eksperimenter og når vi selv skal styre det (Elev)

Jeg kan se mere, ved at det er en simulation. Jeg kan se alt. Fx elektronernes bevægelse. Spoler, elektroner, kinetisk energi. (Elev)

- **Positivt hvis eleven**
    - ønsker **mere praksis** i undervisningen
    - hvis eleven har **præferencer for brug af it/teknologi** i undervisningen
    - hvis eleven finder **visuelle elementer** særligt vigtige
    - mangler motivation for læsning eller længere oplæg fra underviser
  - **Negativt hvis eleven**
    - har brug for **meget hjælp undervejs/uoverskuelig simulation**
    - **ikke selv styrer simulationen**
  - **Positivt eller negativt**
    - At undersøgelserne er mere åbne (afhængigt af eleverne)
- “Det er derfor underviseren, der didaktisk bør vurdere, om en simulation og dens indbyggede stilladseringer hjælper de dygtige elever for meget og derved lukker opgaven, så de keder sig. Eller om den hjælper de mere udfordrede elever i klassen for lidt, så de frustreres og får en mindre god oplevelse.” (Rapport s. 52)

# Underviseres oplevelser med Desktop Labs

- Leverer variation i undervisningen
- Aktiverer flere elever i undervisningen
- Engagerer de fagligt udfordrede elever mere
- Giver visse elever selvtillid til at udføre de fysiske forsøg
  - Elever der mangler forsøgskompetencer
  - Elever der er utrygge ved laboratoriearbejde

Hver gang man laver noget, hvor man ikke bare skal sidde og læse, det engagerer dem på en anden måde. **Det er et positivt afbræk.** (Underviser)

Jeg observerede en interesse for "ved at trykke på noget" ...de svage elever kunne trykke på noget, uden at det var farligt (Underviser)

Jeg får flere med. Nogle af de stille og forsigtige. (Underviser)

Stille piger og drenge, som er meget fagligt stærke, men har det bedst med tavleundervisning. **De befinder sig ikke godt i at lave forsøg**, hvor det er lidt håndværkeragtigt og man skal interagere med de andre elever og navigere i det. (Underviser)

"Størstedelen af de undervisere, der inden projektets start ikke havde benyttet desktoplabs i deres undervisning, ..(..), fortæller i interviews, at de klart vil benytte desktoplabs fremadrettet og også introducere kollegaer til simulationer" (Rapport, s. 35)

# Anbefalinger, Undervisers didaktisering

Sæt dig grundigt ind i simulationen

Tydeliggør det faglige formål

Stilladsér gennem oplæg, instruktion, arbejdsark, løbende vejledning og opfølgning

Formulér opgaver der er åbne indenfor en ramme

**Vælg desktoplabs, der visualiserer det abstrakte, utilgængelige eller usynlige**

**Lad eleverne arbejde i mindre grupper, så alle får hænderne på simulationen**

**Gennemgå simulationen med eleverne og gør tydeligt opmærksom på, hvad eleverne skal bruge simulationen til**

”Undervisere, der ”kaster simulationen ud” til fri leg blandt eleverne, uden grundigt at gennemgå simulationen og formålet med deres undersøgelser, risikerer derfor at skabe mere forvirring end gode, faglige refleksioner” (Rapport, s. 53)

# VR labs



# Fund – Virtual Reality

Det var en god oplevelse, men forarbejdet ...  
(Underviser)

**+ har potentiale til at engagere en bred elevgruppe**

” eleverne kommer ind i en virtuel verden, hvor smartphones, klassekammerater mv. forsvinder omkring dem og kun lader de simulerede aktiviteter tilbage”  
(Rapport, s. 64)

**+ er særligt relevante til at skabe oplevelser**

**+ kan med fordel anvendes til modelleringsaktiviteter**

**Værdi af VR-labs begrænses af mangel på relevante VR-labs og høje opstartsomkostninger**

**Skoler, der vil implementere VR-labs, bør overveje en flerfaglig satsning**

**Vigtigt at oplevelsen forberedes og efterbehandles via faglige opgaver**

# VR-labs – Elevers og underviseres oplevelser

- interesseskabende
- oplevelse af usynlige og abstrakte fænomener og skalaforhold
- fællesoplevelse, der kvalificerer den faglige dialog
- vigtigt at oplevelsen forberedes og efterbehandles

Jeg havde forestillet mig, at det var meget mindre og kun lige de vigtigste ting, som vi havde lært om... Der flyver jo alle mulige ting rundt. (Elev - om VR oplevelsen inde i en celle)

Jeg skulle nok have tilpasset opgaverne bedre til selve app'en, så den elev der sad ude, havde noget at skulle spørge om. (Lærer)

Det kunne være ret fedt at prøve sådan nogle i flere emner. Man fik ret meget ud af at være inde i VR og se hvordan det faktisk så ud. (Elev)

” det er vigtigt, at underviserne ikke ser simulationerne som færdige og selvstændige læremidler.. (..).. **Tværtimod skal underviserne ind og igennem egne opgaveformuleringer og kreative bearbejdnings give simulationerne et klart fagligt formål, som forbinder sig til efterfølgende aktiviteter, hvis eleverne skal have mere ud af VR end ”blot” en oplevelse. ”**  
(Rapport, s. 66)

# VR-labs - modelleringsaktiviteter

” Netop fordi VR-labs’ store force er at skabe oplevelser af fænomener, der fx er usynlige eller har abstrakte skalaforhold, er det oplagt at benytte VR-labs til at engagere eleverne i arbejdet med observationer og modellering i de naturvidenskabelige fag” (Rapport, s. 32)



Journey inside a cell

Det første vi gjorde var at finde viden, så når vi skulle bygge cellerne, så vidste vi også hvad vi byggede.  
(Elev – i forløb før de byggede en fysisk model af en celle)

Det jeg synes fungerer ret godt er, at de bruger simuleringen som et led i en større undersøgelse. Så de sætter sig ind i emnet og så forsøger at forstå simulationen og skriver noter til. (Underviser)

# Anbefalinger, VR labs



Sæt dig grundigt ind i simulationen

Tydeliggør det faglige formål

Formulér opgaver der er åbne indenfor en ramme

Stilladsér gennem oplæg, instruktion, arbejdsark, løbende vejledning og opfølgning

**Forbind arbejdet "inde" simulationen med arbejdet "udenfor"**

**Gennemtænk gruppearbejdet - arbejdsdeling**

"udfordrende at holde motivationen oppe, når man arbejder med VR-labs i gruppearbejde, hvis man bliver passiv tilskuer til andres undersøgelser"  
(Rapport, s. 65)

**Indlæg pauser**

"1-3 elever reagerer fysiologisk dårligt på VR-labs. De får typisk lettere kvalme eller lettere hovedpine efter længere tids brug, hvilket kan forringe oplevelsen og den efterfølgende deltagelse i undervisningen" (Rapport, s. 64)

# De 5 perspektiver

Og tilhørende refleksionsspørgsmål

Anvendes til at undersøge en simulation og vurdere, hvorvidt den kan bruges til at understøtte forskellige formål



<https://dpu.au.dk/forskning/projekter/aktuelle-projekter/interaktive-laboratorier/publikationer>

# 1. Klassiske skoleforsøg eller nye undersøgelser?

## Klassiske skoleforsøg

- Mulighed for gentagelser og adgang hjemmefra
- Udstyr til alle
- Se de usynlige fænomener/ind i udstyret

## Nye muligheder

- **Farlige** forsøg
- **Dyre eller urealistiske** forsøg (lang tid, storskala, manipulation af verden)
- **Geografisk utilgængelige** forsøg
- Forsøg med fænomener på **mikroniveau** (som ellers ikke kan sanses)

”Konkret oplever flere undervisere, at **det er oplagt at bruge simulationer af klassiske skoleforsøg til at visualisere eller forberede elevernes arbejde med fysiske forsøg**” (Rapport s. 22)

*Ice-frontiers satellitbaseret opmålingsværktøj kan vise årsagssammenhænge og tendenser ift. isafsmeltning (på specifikke gletsjere i Grønland). (Underviser)*

*Vi har valgt denne simulation, da eleverne her får mulighed for at “opleve” og “se” dele af kroppen (celler) som ellers er udenfor deres sansevne. (Underviser, om Journey inside a cell)*

# 1. Refleksionsspørgsmål (Klassiske skoleforsøg)

- **Er ligheden mellem forsøg og simulation stor nok** til, at eleven kan tage læring med sig videre og applicere denne i et senere fysisk forsøg?
- **Giver de visuelle muligheder "ekstra værdi"** til elevens forståelser af det fysiske forsøgs udstyr og /eller "usynlige" elementer og effekter?
- **Er repræsentationen af udstyr og effekter misvisende** for et reelt fysisk forsøg – og bør dette italesættes?

## Overvej:

- **Opmærksomhedsrettede opgaver**, hvor eleven eksplicit skal behandle "ekstraværdien" (fx visualiseringen af usynlige elementer og effekter)
- **Elevvejledninger** med billeder af det fysiske og simulerede udstyr
- **Modelleringsopgaver**, hvor det simulerede og fysiske forsøg sammenlignes – fx parametre, muligheder for målefejl, m.m.

## 2. Visualisere abstrakte fænomener og processer?

”den væsentligste styrke ved InterLabs er, at de tilbyder visuel repræsentation af komplekse fænomener og processer” (Rapport, s. 28)

*Det skaber billeder inde i deres hoveder er med til at give dem en større forståelse. Det er nemmere at vise tingene med simulationer i stedet for at tegne dem på tavlen. (Underviser)*

En dreng fra en gruppe råber til en anden gruppe: ”Har I set den store blå sol? (Tager brillerne af)... Den er sådan overdrevent stor. (Til en anden elev) Jeg har fundet en sol, der er så f... stor.” (Observation)

Eksempel:

”I forbindelse med **universet** arbejder man med så **store længder, afstande, masser** og andre parametre, at det ofte er udfordrende for eleverne at danne holdbare mentale konstruktioner som de kan binde deres viden op på.” (Underviser)

**VR simulation: Titans of Space**

## 2. Refleksionsspørgsmål (Visualisere abstrakte fænomener og processer)

- Kan eleven **genkende fænomenerne** i simulationen?
- Giver simulationen eleven en god **forståelse for fænomenets egenart**? (fremhæves de rumlige dimensioner, bevægelsesmønstre, former og farver?)
- Giver simulationen eleven en god **forståelse for fænomenernes sammenhænge**? (hvordan ændringer af en parameter fører til udvikling i en anden parameter?)

### Overvej:

- Gør opmærksom på de abstrakte aspekter igennem de stillede opgaver (lad fx eleverne beskrive det visuelle med egne ord)
- Sæt eleverne til at bearbejde den visuelle information

# 3. Udvikle modelleringskompetence?

”De empiriske data peger på, at **eleverne i meget lav grad stiller spørgsmålstegn ved de modeller, de ser**, hvis de ikke gøres opmærksom på modellens kvaliteter som en del af opgaven”  
(Rapport, s. 26)

”det gør interlabs oplagte til at lære om modeller og modelleringsprocesser ved at **inddrage simulationers misvisninger** i opgaveløsningerne”  
(Rapport, s. 27)

- **Den visuelle udlægning**  
(form, farve, størrelsesforhold, bevægelse...?)
- **Kausalitetsudlægningen**  
(er det for simpelt?, mellemregninger udeladt?)
- **De fraværende parametre**  
(fx ingen vind, gnidningsmodstand tyngdekraft)
- **Urealistiske forsøgsmuligheder**

# 3. Refleksions-spørgsmål (Udvikle modelleringskompetence)

Er der **uoverensstemmelse** mellem virkelighed og repræsentation, som er væsentlige at gøre eleverne opmærksomme på? (former, farver, bevægelse, størrelse)

Har eleverne det **faglige niveau** til selv at opdage uoverensstemmelser?

## Overvej:

- Bring andre modeller der viser samme fænomen i spil og bed eleverne om at sammenligne dem
- Stil opgaver, hvor eleverne skal kritisere simulationens styrker og svagheder ifht. at forklare et fænomen
- Lad eleverne udarbejde egne modeller på baggrund af simulationen

## Eksempel:

”Det er vores erfaring, at en udfordring med emnet **”celler”**, er, at det er et **meget abstrakt emne** for eleverne. Eleverne har tit svært ved at forholde sig til noget, der er så småt, at de ikke umiddelbart selv kan sanse det. Når jeg har arbejdet med emnet, plejer jeg at sætte eleverne til at **bygge modeller** af celler, for at de kan opnå en forståelse for, dels hvordan celler ser ud, men også hvordan de fungerer (i grove træk). Her oplever jeg dog som oftest, at elevernes **modeller ender ud som todimensionelle**, og at de ikke har opfanget, at celler er tredimensionelle. Dette tænker jeg hovedsageligt skyldes, at eleverne kun ser 2D billeder i deres faglitteratur, samt celler i mikroskop også kun ses i 2D.” (Underviser)

**VR Simulation: Journey inside a cell**

# 4. Understøtte åbne undersøgelsesprocesser?

”Flere undervisere har i projektet givet udtryk for, at de foretrækker simulationer, som i højere grad kan bruges til at understøtte deres idealer om undersøgelsesbaserede processer”

(Rapport, s. 23)

*den undersøgende måde at arbejde på kan nogle gange også være svær, og især for dem der ikke er så fagligt stærke. Der bliver man nødt til at finde en balance som lærer, og nogle gange har vi jo nogle, som bare ikke kan det. (Underviser)*

Tabel 7: Hvor åbent er et InterLab for undersøgende pædagogik?

Aspekt af praktisk arbejde	Defineret af simulationen	Defineres af undervisere og/eller elever
Hvilket spørgsmål skal besvares	Lukket	Åbent
Hvilket udstyr, der skal anvendes	Lukket	Åbent
Hvilke procedurer, der skal følges	Lukket	Åbent
Hvilke metoder, de indsamlede data skal behandles efter	Lukket	Åbent
Fortolkning af resultaterne	Lukket	Åbent

(Rapport, s. 30, tabel fra: Millar, R., Le Maréchal, J. F., & Tiberghien, A. (1999).

Mapping'the domain: Varieties of practical work. Practical work in science education, (pp. 33-59))

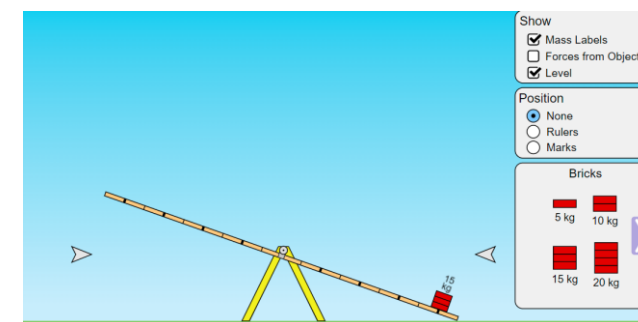
# 4. Refleksionsspørgsmål (Understøtte åbne undersøgelsesprocesser)

Leverer simulationen samlet set **muligheder for, at du og eleverne kan præge undersøgelserne?**

Hvordan kan du **stille åbne opgaver**, som kan løses med simulationen?

## Overvej:

- Forløb, hvor eleverne selv skal **finde og vælge en simulation**, de kan bruge til at undersøge eller formidle en selvvalgt problemstilling
- Stil opgaver, hvor eleverne skal **undersøge selvvalgte aspekter af simulationen** - fx. undersøge om modellen er i overensstemmelse med kendt teori



<https://phet.colorado.edu/en/simulations/balancing-act>

# 5. Elevernes sprog-, it- og faglige overblik?

”Væsentlige mismatches mellem elevers kunnen og en konkret simulations krav til it-, sprog- og/eller faglige kompetencer kan blive en barriere for deres motivation”

(Rapport, s. 32)

Så er der nogle af simuleringerne, som man godt kan se, er lavet til **det engelske curriculum**, fordi niveauet enten er for højt eller lavt. Så jeg kan ikke finde det til alle mine emner. (Underviser)

Der var en del **sproglige udfordringer**, da Viten.no er på norsk. En del af det kunne oversættes vha. Google Translate. (Underviser)

**Kendskab til computere** generelt har en meget stor betydning, og hvis du ikke er en haj i forvejen, så kræver det igen mere overskud og mod at begive sig i lag med simulationerne. (Underviser)

# 5. Refleksionsspørgsmål (Elevernes sprog-, it- og faglige overblik)

## Fagligt

Kan muligheder i simulationen forekomme for overvældende?

Kan man tilgå det væsentlige, og måske springe andet over?

## Sprog

Er der for meget tekst på engelsk?  
(naturvidenskabelig begreber, og evt. unødvendige engelske ord)

## It

Adgang og navigation på egen hånd?

### Overvej:

- **Gruppesammensætning:**  
Elev med gode engelskkundskaber + gamer-elev i hver gruppe
- **Udarbejd oversættelser:**  
Med billeder af fænomener og parametre
- **Test simulationen** på hardwaretyper og i browsere.  
Udarbejd vejledning til browservalg, indstillinger, tilladelser

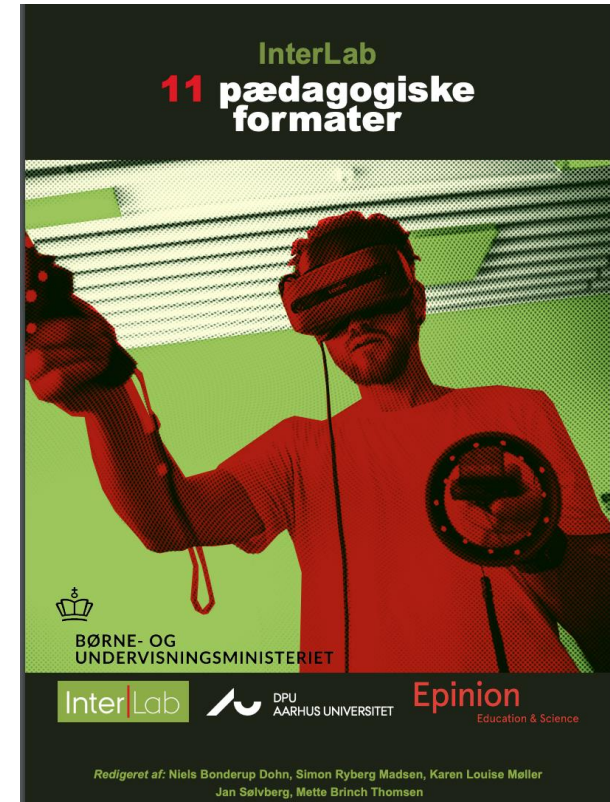
# Pædagogiske formater, eksempler

## Med Desktop Labs

- Lav hypoteser
- Skab forforståelse før fysiske forsøg
- Undersøg naturvidenskabeligt fænomen
- Undersøg utilgængelige fænomener
- Producér evalueringsprodukter
- Sæt fokus på modelvalg og modelkvaliteter

## Med VR-labs

- Engager elever i opstart af forløb
- Modellér egne præsentationsmodeller
- Lav casebaserede/narrativ forløb som opstart til et forløb, hvor eleverne besøger utilgængelige steder



**Resultater af projektets afprøvede eksperimenter**

**Generel karakter og ikke bundet til et fag**

# Ressourcer fra projektet

## Interaktive Laboratorier, hovedrapport

Fund, oplevelser, eksempler og didaktiske overvejelser i grundskolen, på erhvervsuddannelser og i gymnasieskolen



## 5 perspektiver på InterLab-designs

Inspirationsmateriale, hvor fund i projektet omsættes til konkrete bud på, hvordan undervisere kan undersøge en simulation og vurdere, om den kan anvendes til at understøtte forskellige formål



## VR-headset – vigtige overvejelser med didaktiske implikationer

Inspirationsmateriale, hvor fund i projektet omsættes til en guide til indkøb og implementering af VR-udsty



## 11 pædagogiske formater

Inspirationsmateriale, hvor fund i projektet omsættes til konkrete bud på, hvordan man som underviser kan understøtte forskellige formål og aktiviteter i undervisning med interaktive laboratorie



## Ti samlinger af interaktive laboratorier

Inspirationsmateriale, hvor forskellige og ofte gratis samlinger af desktopplabs, der dækker en bred vifte af naturfag og fagniveauer, gennemgås



<https://dpu.au.dk/forskning/projekter/aktuelle-projekter/interaktive-laboratorier/publikationer>



**Tak for opmærksomheden**