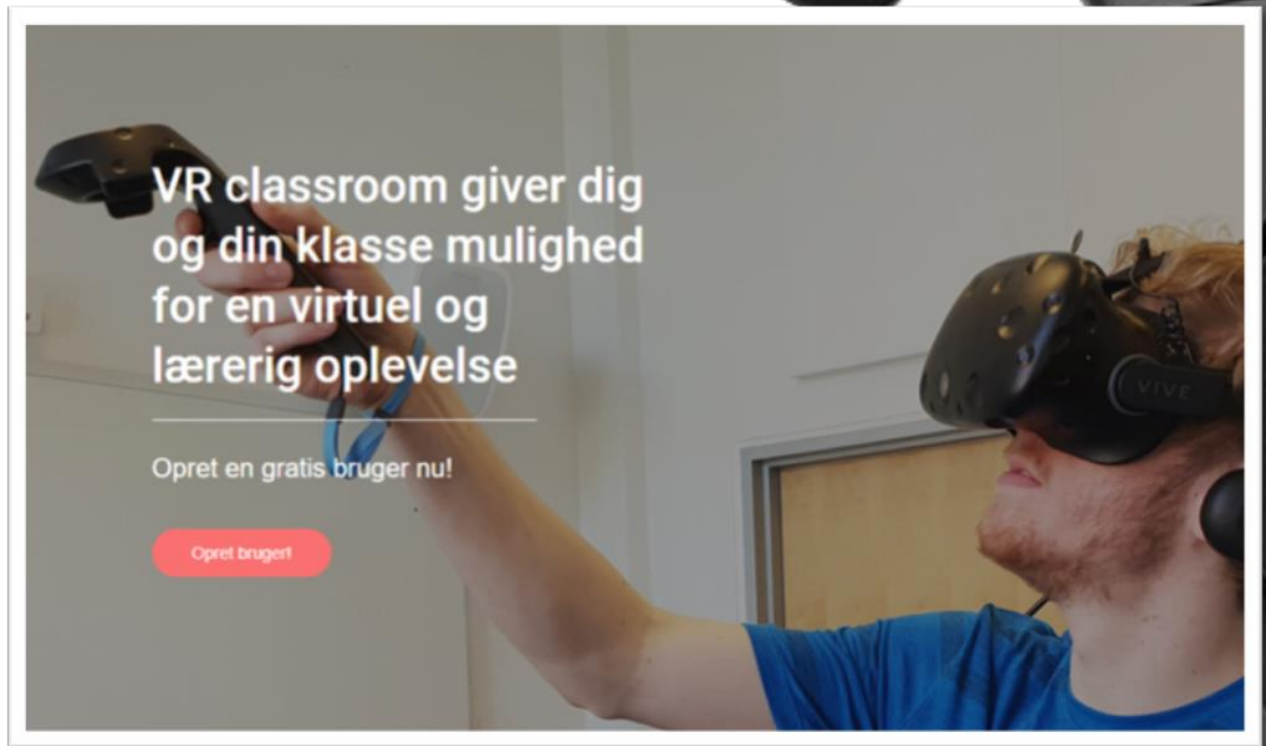


# VR Classroom



## Informationsteknologi B

### *Resume:*

Vores IT-eksamensprojekt handler om onlineundervisning, og dets virkning. Vi vil i vores projekt lave et system, hvori brugere har mulighed for at gå ind på en hjemmeside, tilmelde sig kurser, og ved hjælp af et VR-Headset komme ind i et virtuelt klasselokale og deltage i undervisning i VR. Dette vil give mulighed for at lærere bedre kan kontrollere et forløb, og give mulighed for at kursister kan komme helt tæt på emnet i et kursus. Dette kunne eksempelvis have stor effekt i en historie klasse. Desuden giver det større mulighed for at mødes i en klasse på trods af afstand.

**Lavet Af Noah Johannesen, Lucas Winther og Lasse Eskildsen**

**Aarhus gymnasium 16xB**

**Afleverings dato: 23-04-19**

## Indholdsfortegnelse

Indledning .....	3
Projektbeskrivelse .....	3
Problemformulering .....	3
Løsningsforslag .....	3
Målgruppe .....	4
Projektafgrænsning .....	5
Løsningsmodel.....	6
Det færdige produkt. ....	7
Den færdige hjemmeside.....	7
VR applikationen .....	13
Teoretiske beskrivelser og overvejelser .....	15
Læring er social handling.....	15
Digitale Kommunikations Overvejelser .....	15
Usability (brugervenlighed) .....	15
Don Normans principper og gestaltlovene.....	16
Kemi .....	17
3-lags arkitektur & Microservices .....	18
3-lags arkitektur .....	18
Microservice arkitektur .....	18
Docker.....	18
pm2 og Node.....	19
Struktur resume.....	19
Sikkerhed .....	19
TLS.....	19
Hashing .....	20
SQL-Injections & Cross-Site-Scripting.....	20
Persondataloven & GDPR .....	21
Funktionsbeskrivelse.....	22
Dokumentation.....	23
Hjemmesiden .....	23
Serveren (API'en).....	27
VR applikationen .....	28
GameManager .....	29
Kemi forsøget .....	31

Test af produktet .....	32
Planlægning .....	32
Konklusion af test .....	33
Konklusion .....	33
Perspektivering .....	33
Fremtidige forbedringer .....	34
Bilag.....	37

## Indledning

I moderne dage er viden kommet i fokus, og det gælder om at lære så meget som muligt, om man sidder hjemme og ser guides på YouTube, eller om man sidder på skolebænken og prøver at følge lærerens talestrøm og tankegang. Men på trods af dette bliver det danske skolesystem ved med at møde besparelser. Dette resulterer i mindre tid for undervisere og mere selvstudie for elever. Specielt ses større brug af de såkaldte "virtuelle timer", hvor elever får lektioner uden undervisere.

Den moderne skolegang er meget teoretisk opbygget, hvilket kan være meget svært for elever hvis læringsstil ikke er specielt teoretisk. Desuden kan det for rigtig mange elever være svært at få en god forståelse for komplekse sammenhænge og områder. Især i fag hvor teori fylder meget, såsom fysik, kemi og matematik, kan det være svært at få en forståelse for de svære emner, grundet den meget teoretisk og boglige tunge opbygning som fagene har.

I dette projekt vil vi kigge på hvordan man kan gøre undervisningen i gymnasiet mere moderne, så den kan give plads til flere læringsstile og bedre forståelse af komplekse og svære områder og emner.

## Projektbeskrivelse

### Problemformulering

Er det muligt at forbedre gymnasieelevers læring ved brug af IT, på en måde hvorpå man bedre kan illustrere og eksperimentere med komplekse emner, alt imens man stadig beholder det høje fagligt niveau, men på en måde hvor man også bibeholder det sociale studiemiljø, som den daglige skole giver plads til.

### Løsningsforslag

For at løse dette problem har vi bestemt os for at benytte en nyere teknologi kaldet "Virtual Reality" (VR). Vi vil benytte VR til at skabe et miljø der kan tilpasses til ikke kun den teoretiske læringsstil, men også andre læringsstile. Dette gør vi ved at give mulighed for at prøve sig frem med vanskelige emner, og derved få mere mulighed for at udforske emner "hands-on" i VR. Fra historiske fag, hvor man rent faktisk kan "opleve" de gamle dage, til teknologiske fag, hvor man kunne få et overblik over hvordan komplekse maskiner var sat sammen, til forsøgsprægede og teoretiske fag, hvor man lettere vil kunne opsætte forsøg og se dem ske "i virkeligheden" og i rigtig størrelse (og i 3D!).

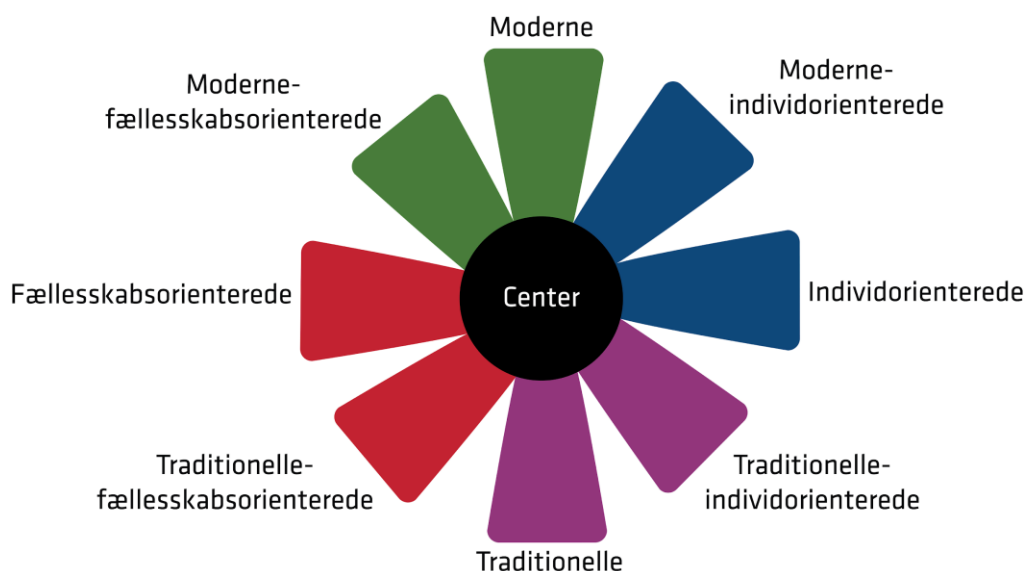
## Målgruppe

Vores produkt er målrettet til alle der har lyst til at undervise eller lære på en anden måde, end den normale tavle undervisning. I det store løb er meningen at produktet skal kunne tilfredsstille alle former og faglige niveauer for læring. Om man er universitetsprofessor, gymnasielærer, præst i søndagsskolen eller en gruppe elever der bare gerne vil mødes i et virtuelt lokale og studere sammen, skal man kunne bruge produktet. Det vil sige at produktet skal kunne bruges af **alle**.

Med en meget bred målgruppe, kræver det også et produkt der skal kunne tilfredsstille alle indenfor den brede målgruppe. Dette vil dog tage meget lang tid, derfor har vi i dette projekt afgrænset målgruppen så projektet ikke bliver for stort.

Vi har valgt at fokusere på unge der er i gang med en videregående uddannelse, specifikt HTX fordi denne uddannelse er specielt teoretisk præget, da fag som fysik, kemi og matematik er påkrævet.

Fordi unge generelt tilpasser sig nye teknologier hurtigere og er klar på at prøve og benytte nye teknologier. Alderen på vores målgruppen ligger derfor mellem 16-21 år. Set på Gallups kompasset (se Figur 1), passer målgruppen bedst under "det moderne segment". I dette segment hører den yngre del af befolkningen til. For det meste er de igang med at opbygge deres karriere (Kantar Gallup u.d.).



Figur 1 - Her ses Gallups kompasset

Med det moderne segment som målgruppe behøver vi ikke at være helt så bange for at vores bruger ikke kan finde ud af computere og nyere teknologi. Vi skal dog være forsigtige med ikke at gøre prisen på vores produkt for dyrt, da de fleste unge der er i gang med at opbygge deres karriere, er på SU, derfor er deres økonomi ikke for god. Vi vil dog i dette projekt ikke fokusere så meget på prisen som det funktionelle aspekter af vores applikation.

## Projektafgrænsning

Til vores projekt er der afsat et givent antal timer, og dette bevirker at projektet skal afgrænses. Vi vil i dette projekt derfor ikke gå efter at lave et produkt, hvor der er mange klasselokaler til mange forskellige fag med mange forskellige muligheder, men i stedet lave et “proof-of-concept” (POC) til ideen om virtuel læring gennem VR. Dette er både på grund af manglen på kommercielle forbruger VR-headsets til elever (prisen af headsets), men også på grund af generel tidsmangel i projektet. Vi vurderer, at vores POC skal indeholde:

En hjemmeside med et gennemtænkt layout, der besidder følgende funktioner:

- En bruger kan registrere sig, og logge ind på hjemmesiden.
- En bruger kan se en oversigt over igangværende kurser.
- En bruger kan oprette et nyt kursus

En applikation der besidder følgende funktioner:

- En bruger kan bruge et VR-Headset til at navigere og bruge applikationen
- En bruger skal kunne befinde sig i et kemi-lokale med nok apparatur til at kunne gennemføre et forsøg.
- Det skal være muligt for flere brugere at befinde sig i det samme lokale (multiplayer)

En eller flere server, der besidder følgende funktioner:

- Mulighed for skabelsen af nye multiplayer servere til applikationen
- En API der giver hjemmesiden mulighed for at få de informationer den har brug for
- Mulighed for registrering af brugere.
- Mulighed for interaktion med en database til at holde informationer omkring brugere.

En eller flere databaser der kan gemme relevant data fra serveren såsom:

- Kursusdata
- Brugerdata

Vi vil vurdere at vores POC er færdigt når følgende scenarie virker:

*2 brugere vil gerne mødes i VR. En af dem er en lærer/mentor og en anden er en elev/mentee. Begge personer skal kunne gå ind på hjemmesiden og registrere sig. Læreren skal kunne oprette et nyt kursus, og eleven skal kunne se det er der. De skal kunne downloade VR-applikationen fra hjemmesiden, og mødes inde på den samme server. I dette tilfælde vil det være et kemi-baseret kursus i et laboratorium. Der skal være nok apparatur og kemikalier til at kunne gennemføre et simpelt kemiforsøg.*

## Løsningsmodel

Vores ide var originalt baseret på formålet at kunne bruges som en online skole, så man kunne slippe for at transportere sig selv til og fra skole for at få undervisning. Eksempelvis ses det, at i Australien er folk spredt vidt omkring, og transport kan tage op til 4 timer til og fra skole (ABS 2018). Derfor kunne det være smart hvis man kunne have denne samme følelse af at være i en klasse, uden at være der rent fysisk. Med mulighederne i det digitale medium, som ikke er i den fysiske verden, udvidede vores projekt sig. Fx har man, i en virtuel verden, mulighed for at kunne kopiere/skabe dyre og farlige apparater, kemikalier, materialer, mm. uden det koster noget for skolen eller beskadiger naturen. Derfra udvidede vores ide sig til også at kunne lave eksperimenter uden store omkostninger og fare, og på den måde give et mere skånsomt læringsmiljø end et normalt laboratorium har.

Vi har dog også nogle problemer vi skal tage højde for. Manglende socialt samvær og andre sociale kommunikationsformer, såsom kropssprog, er f.eks. problematisk at formidle digitalt. Latenstid kan også være problematisk og "in-person" fornemmelsen kan også blive svær at opretholde. Et andet problem er, at nogle fysiske objekter og fænomener er svære at simulere realistisk, uden brug af store mængder computerkraft.

I udviklingen af dette projekt har vi taget en del inspiration af blandt andet de interaktive udstillinger på Moesgaard Museum, læringsbaserede VR spil som [Sharecare VR](#) (biologi), [MEL Chesmitry VR](#) (kemi) og andre apps. Vi har også taget inspiration fra mere generelle VR baserede multiplayer environment-spil som [VR Chat](#) og [Rec Room](#).

Vi vil i dette projekt benytte følgende teknologier:

- Unity3D for at lave selve simulationen der også virker med VR. Unity er generelt kendt for at være et "lettere" værktøj at bruge. Unity er desuden "field testet" inden for IT verdenen, og bliver brugt mange steder som eksempelvis på RADAR og CAVI, og vores gruppe har også tidligere erfaring med sproget C#, som Unity opererer i.
- HTML, CSS og JavaScript til hjemmesiden. Dette er det sprog som internettet opererer i, derfor er det klart at hvis vi vil have en hjemmeside skal vi lave den i disse sprog.
- NodeJS som server, på grund af gode biblioteker til web såsom Express og Request, samt den mere teknologiske baggrund node er bygget op på, der giver lettere mulighed for både concurrency og redundancy

## Det færdige produkt.

Hjemmesiden og VR applikationen kan findes / downloades eller på følgende link:

<https://lucaswinther.info/vr-classroom/>.

Sourcekoden til hjemmesiden samt API'en kan findes på følgende GitHub link:

<https://github.com/StereotypicalCat/vr-classroom-website-api>

Source koden til VR applikationen, hjemmesiden og API'en kan findes vedhæftet som bilag eller i følgende drev mappe:

<https://drive.google.com/open?id=1I3kamwFimosIUfSIhwzWFNQ7qp04-ShL>

Desuden kan en video af os der viser hjemmesiden og VR-applikationens funktion ses på hjemmesiden, eller på følgende link:

[https://www.youtube.com/watch?v=sV9yc5q\\_ARE&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=sV9yc5q_ARE&feature=youtu.be)

## Den færdige hjemmeside

I dette afsnit vil vi kort forklare hvad man kan på vores færdige hjemmeside og vise den frem med billeder.

Det første man ser når man går ind på hjemmesiden, er vores side der hedder "Hjem".



Det er her vi reklamerer for vores program. "Hjem" indeholder en liste over alle de funktioner og muligheder vores program giver. Men for at det ikke bliver for kedeligt har vi valgt også at præsentere disse emner visuelt. Se nedenstående.

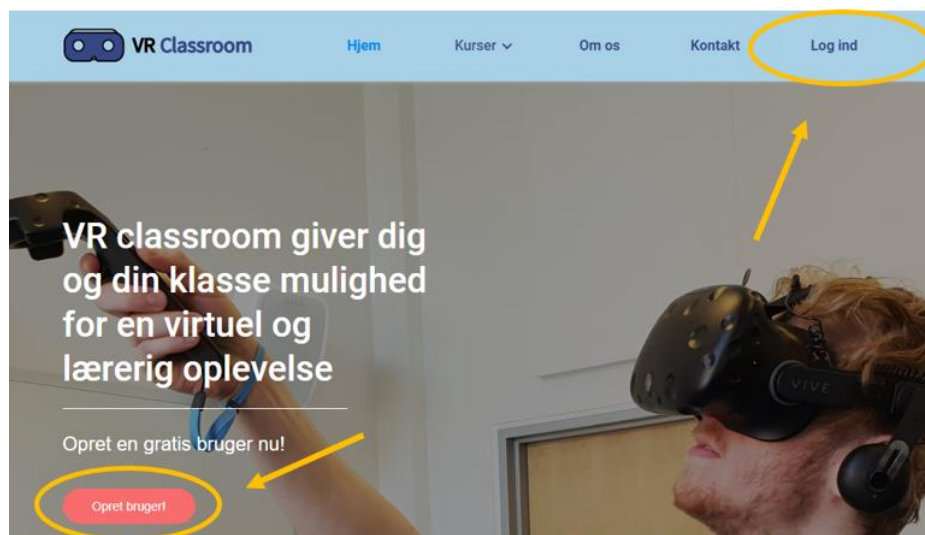




For at komme til de andre sider på hjemmesiden skal man bruge vores navbar<sup>1</sup>. Navbaren er brugerens følgesvend. Den er på alle sider og den giver mulighed for at komme hjem igen til forsiden, samt navigere rundt mellem de forskellige funktioner. Navbaren har funktionen at den altid følger med brugeren når der bliver scrollet ned gennem siderne. Se nedenfor.

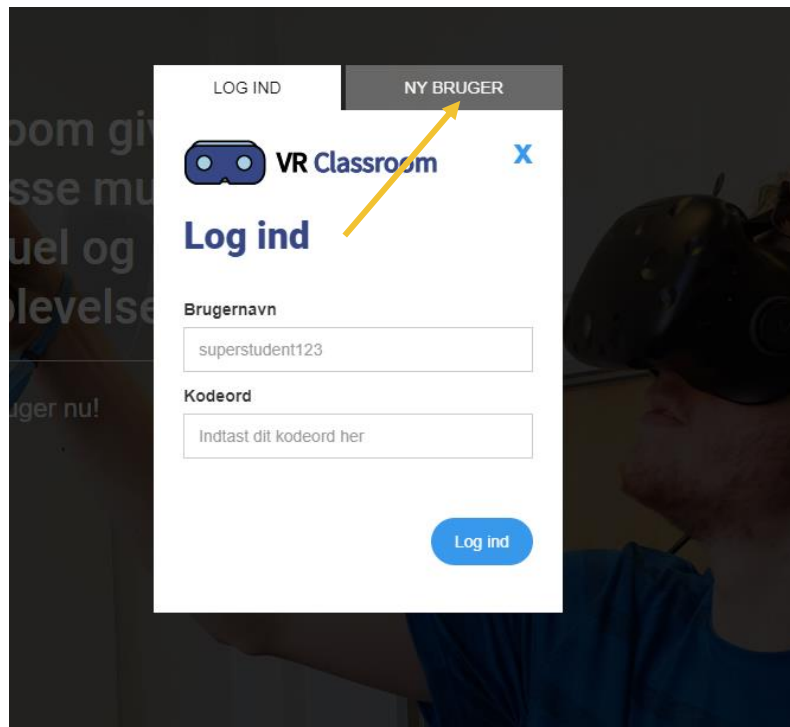


Der er to muligheder for at logge ind på vores hjemmeside. Begge steder fører til samme Log-ind skærm.

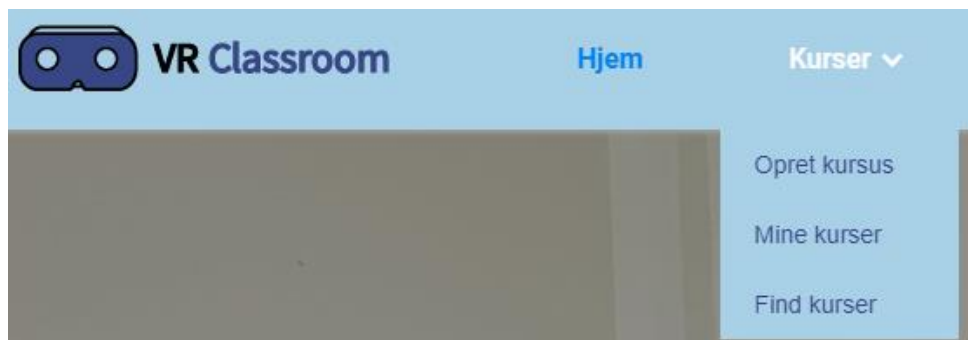


<sup>1</sup> Navbar er kort for navigation bar som bruges på mange hjemmesider til at give brugeren en mulighed for at komme frem og tilbage på siden

Log ind skærmen overlapper siden bag, så man ved hvilken side man kom fra. Her har man mulighed for at logge ind på siden, eller oprette sig en bruger, som kan gøres ved at trykke på tabben "Ny Bruger".



På navbaren er der blandt andet mulighed for at oprette et kursus, se ens kurser og finde et kursus, se nedenfor.



Inde på "Opret kursus" har brugeren mulighed for at oprette deres eget kursus. Dette gøres ved at gå igennem nogle forskellige skridt. Der er 5 tabs med forskellige opgaver som brugeren skal besvare for at kunne lave et kursus, f.eks. som at give ens kursus et navn, eller angive hvilken type fag kurset kommer til at gå ind under. For at komme videre til næste tab skal man trykke på knappen "Næste".

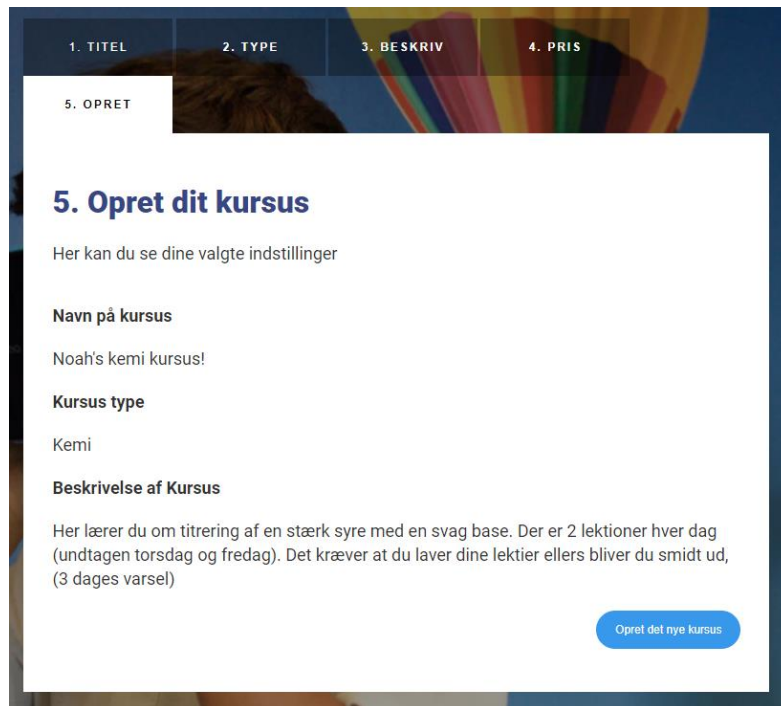
(Tab nr. 4 kom ikke til at blive brugt derfor har denne side stadig placeholder tekst)

The image displays four sequential screenshots of a web-based course creation form, each showing a different step in the process. The form has a dark blue header with five tabs: 1. TITEL, 2. TYPE, 3. BESKRIV, 4. PRIS, and 5. OPRET. The background of the form is a blurred image of a person's face.

- Step 1: Opret dit kursus**  
Her skal du give dit kursus et navn  
Navn på kursus  
  
[Næste](#)
- Step 2: Type**  
Her kan du sætte typen på dit kursus. Ind til videre kan du vælge imellem: kemi, fysik, matematik eller geografi.  
Lektion  
  
[Næste](#)
- Step 3: Beskriv dit kursus**  
Beskrivelse  
Hvad handler kurset om?  
  
[Næste](#)
- Step 4: Vælg den pakke der passer dig bedst**  
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse varius enim in eros elementum tristique. Duis cursus, mi quis viverra ornare, eros dolor interdum nulla, ut commodo diam libero vitae erat. Aenean faucibus nibh et justo cursus id rutrum lorem imperdiet. Nunc ut sem vitae risus tristique posuere.  

BASIS	STANDARD	PREMIUM
<b>20 DK</b>	<b>40 DK</b>	<b>60 DK</b>
PR. MÅNED	PR. MÅNED	PR. MÅNED
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor

Den sidste tab “Opret” viser de indstillinger brugeren har valgt for at opsummere. Det er også det sidste skridt i at oprette sit kursus, så det er vigtigt at vise hvad brugeren har valgt. Brugeren kan eventuelt klikke på en af de 4 andre “steps” i processen for at ændre det skridt.

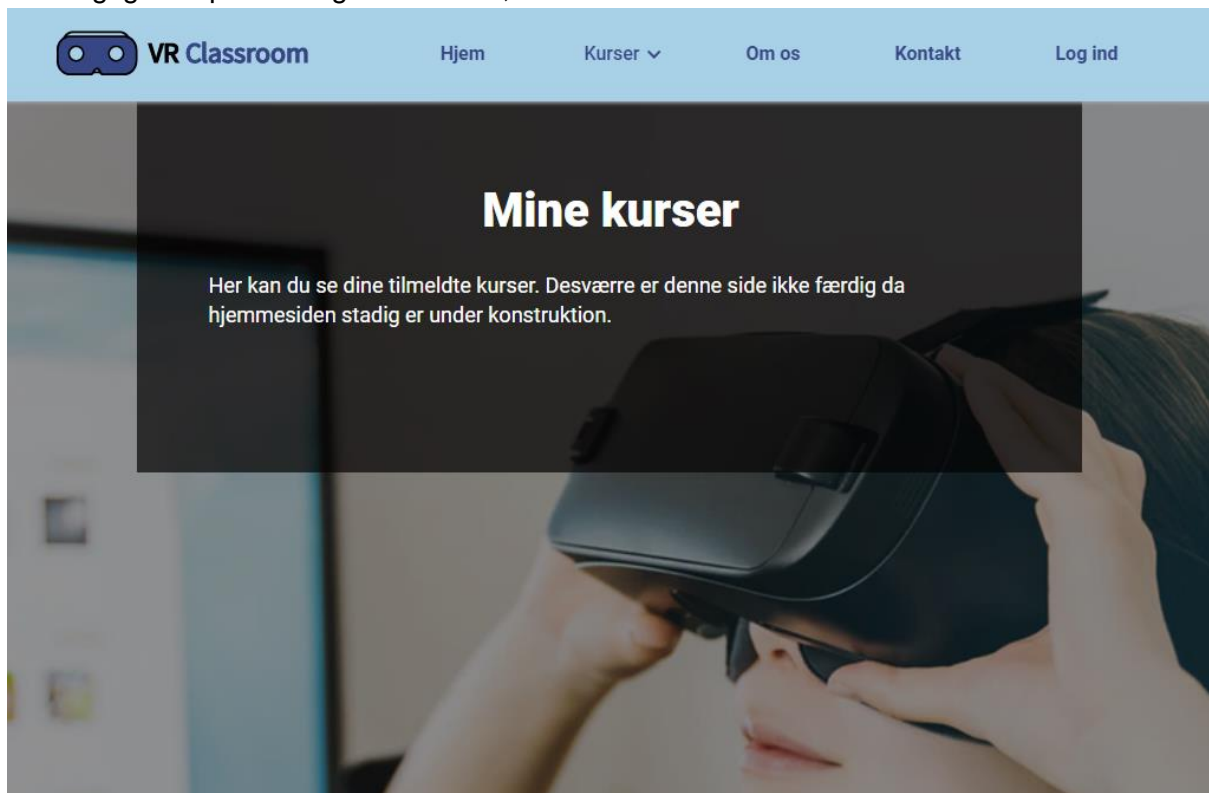


The screenshot shows a web form titled "5. Opret dit kursus" (5. Create your course). At the top, there are four tabs: "1. TITEL", "2. TYPE", "3. BESKRIV", and "4. PRIS". The "5. OPRET" tab is active. Below the tabs, the form contains the following fields:

- Navn på kursus**: "Noah's kemi kursus!"
- Kursus type**: "Kemi"
- Beskrivelse af Kursus**: "Her lærer du om titrering af en stærk syre med en svag base. Der er 2 lektioner hver dag (undtagen torsdag og fredag). Det kræver at du laver dine lektier ellers bliver du smidt ud, (3 dages varsel)"

At the bottom right of the form is a blue button labeled "Opret det nye kursus".

Ved "Mine kurser" har brugeren mulighed for at se de kurser som brugeren har oprettet. Det er meningen at brugeren kan se hvilke kurser de har tilmeldt sig, og informationer om kurset som vigtige tidspunkter og instruktører, mm. Listen vil komme neden under den store boks.



I "Om os" kan brugeren læse om hvem vi er, hvad målet for vores produkt er, og hvad vi gerne vil opnå i fremtiden med vores produkt. Denne side er primært lavet for at skabe etos hos brugeren til firmaet og produktet.



Sidst på navbaren er "Kontakt" denne knap scroller, lige meget hvor man er på siden, ned til vores footer hvor brugeren blandt andet kan kontakte os på de sociale medier eller mail. På vores footer står der også kort om hvem vi er som firma.



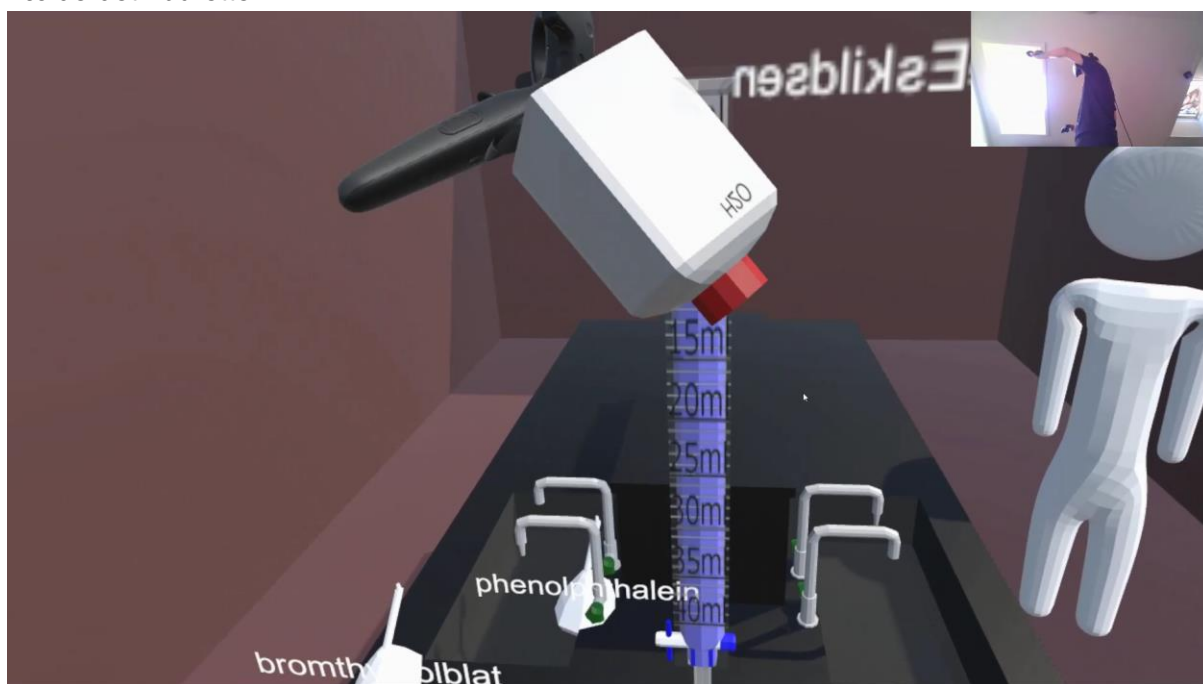
## VR applikationen

I dette afsnit vil vi kort beskrive VR-Applikationen. Vi vil bruge billeder fra vores showcase video som illustration.

Nedenfor kan man se en person der inde i vores VR applikation. Det kan ses at vi har en burette, 2 indikator væsker (bromthymolblåt og phenolphthalein), et måleglas og nogle beholdere med stoffer. Spilleren bevæger lige nu rundt på et måleglas.

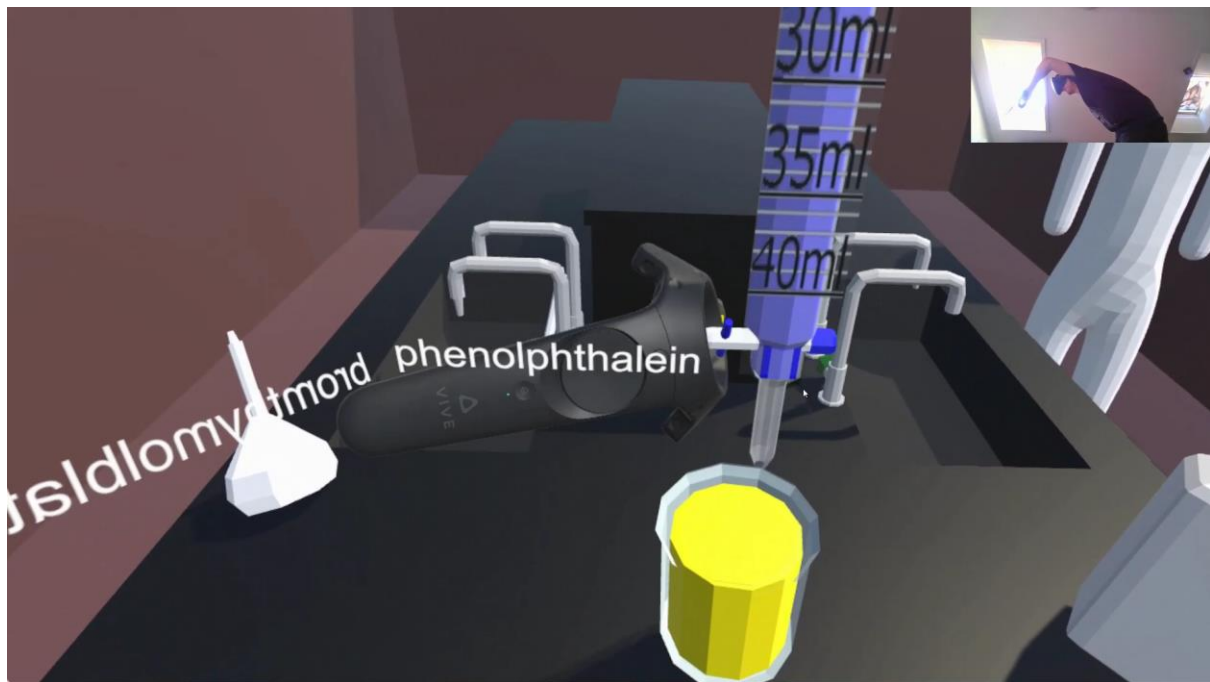


Nedenfor ses det, at spilleren kan fylde buretten ved at tage en beholder med et stof, og hælde det i buretten.

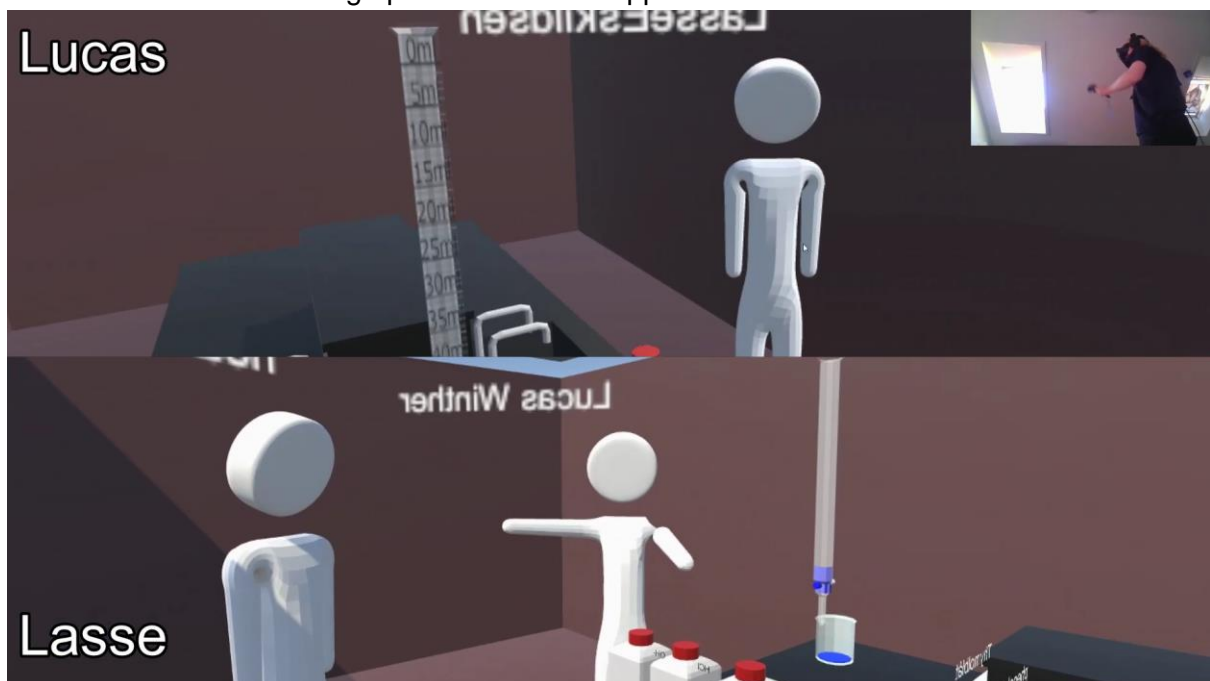




Nedenfor ses, at en person har puttet noget syre samt en indikator i måleglasset. Personen prøver derefter at fuldføre titreringen ved at betjene buretten, som personen har fyldt op med en base tidligere.



Her kan man se 2 forskellige personers POV i applikationen.



## Teoretiske beskrivelser og overvejelser

I dette afsnit vil vi forklare de teoretiske principper vi har brugt i vores produkt.

### Læring er social handling

Fordi vores vision med vores produkt er et værktøj, der skal kunne anvendes i den normale undervisning, skal produktet også kunne opfylde de krav som en fysisk lektion i et klasselokale kan opfylde. Her snakker vi om, at eleverne skal kunne indtage samme eller større mængde viden som når læreren befinder sig fysisk i klasselokalet.

Som førnævnt har andre folk allerede forsøgt sig med virtuel undervisning. Disse mangler dog mange af de aspekter som er i normal undervisning, såsom det sociale aspekt. I artiklen "Læring er social handling" (Hvid 1998) udtaler uddannelsespsykologen Jerome Bruner eksempelvis følgende:

*"Læring er en social handling. Vores viden er ikke givet en gang for alle, men konstrueres og rekonstrueres hele tiden."*

Ifølge Jerome Bruner er skolens vigtigste opgave at oprette et fællesskab for eleverne, så de kan formulere og diskutere ny viden. Desuden nævner Bruner også følgende:

*"Der kan, sagtens laves lærende fællesskaber, hvor børn indøver den videnskabelige arbejdsproces ved at formulere hypoteser, opstille og efterprøve løsningsforslag og forhandle faglige synspunkter."*

Vi indfører det sociale aspekt i vores program, selvom brugerne ikke er fysisk tilstede har de stadig det sociale fællesskab der hjælper dem til at etablere den nye viden.

Det er vigtigt at nævne at Jerome Bruner blandt andet har taget inspiration i den kendte kulturpsykolog Lev Vygotsky som også lagde vægt på at børns udvikling skete i samarbejde med andre. (Kultur i sproget u.d.)

### Digitale Kommunikations Overvejelser

#### Usability (brugervenlighed)

Usability (brugervenlighed) er et vigtigt emne i den online kommunikation mellem os (udviklerne) og brugerne (vores målgruppe) ved vores anvendte medier som f.eks. vores hjemmeside. For at en bruger let kan finde rundt på ens hjemmesiden og anvende dets funktioner, forbedrer man brugervenligheden. Des bedre brugervenlighed, desto nemmere er det for brugeren at kunne navigere rundt på hjemmesiden, og des bedre er en brugers oplevelse af siden. (IIHnordic u.d.)

Vi har derfor brugervenligheden af hjemmesiden i fokus, da hjemmesiden er "porten" til vores program. Hvis brugeren ikke kan finde rundt på hjemmesiden, har de også sværere ved at hente vores produkt. Som udviklere og designere af en hjemmeside kan man godt tro



at den hjemmeside man har konstrueret, har en god brugervenlighed, men dette skyldes ofte at man kender hjemmesiden på forhånd. Man kan ikke rigtig vide om ens hjemmeside har en god brugervenlighed før man har testet den på ens målgruppe. Vi har tænkt os at bruge Don Normans principper som argumentation for brugervenligheden på vores hjemmeside.

Dog er det ikke kun i forhold til hjemmesiden at man kan se på brugervenlighed. Især i vores VR program er det vigtigt at brugeren skal kunne finde ud af at bruge programmet. Derfor har vi valgt at teste brugervenligheden for VR programmet på vores målgruppe.  
(Se afsnittet "Test af produkt")

## Don Normans principper og gestaltlovene

De 6 designprincipper, teoretiseret af Don Norman, er nogle af de bedste principper man kan anvende indenfor interaktionsdesign og hjemmesider (Enginss 2014). Ved brugen af designprincipper, kan en hjemmeside gøres mere brugervenligt. Kort beskrevet går de forskellige designprincipper ud på følgende: (Klysner 2012)

- **Visability:** Synliggøre vigtige og relevante elementer.
- **Consistency:** Samme type handlinger skal have samme type elementer.
- **Feedback:** Alt handling skal give en øjeblikkelig effekt, ifølge Don Norman skal der være en kobling mellem handling og respons.
- **Constraints:** Sørge for at der ikke kan komme et forkert brug, det vil sige at brugeren ikke må misforstå en handling.
- **Mapping:** Forståelse for handling og resultatet, så brugeren ved hvilke muligheder der er.
- **Affordance:** Giver brugeren et hint til hvordan man bruger et produkt.

Men det er ikke kun Don Normans 6 principper der er brugt indenfor brugervenlighed. Også de såkaldte Gestaltlove kan skabe et bedre overblik over hjemmesiden. Lovene indebærer menneskets sanser, og man kigger på hvordan mennesker skaber sammenhæng med omverdenen. Gestaltlovene er især vigtige for vores hjemmeside. Da det er sværere at læse på skærmen end at læse på papir er det vigtigt at der er sammenhæng mellem farver og elementer. Derfor er gestaltlovene meget relevante i forhold til designet af hjemmesiden.  
(Gamborg 2018)

## Kemi

I vores POC vil vi som bekendt valgt at lave et kemilaboratorium. Dette gør vi for at vise hvordan vores produkt kan bruges som læringsredskab.

På grund af projektets begrænsede tid kan vi ikke nå at lave et helt kemilaboratorium. Derfor har vi valgt at afgrænse laboratoriet til at man kan udføre et enkelt kemiforsøg. Vi har valgt at forsøget skal være en kolorimetrisk syre-base titrering, på grund af dens simplicitet.

En kolorimetrisk syre base titrering udføres på følgende måde.

- Først skabes der en blanding med enten en høj pH eller lav pH. Dette gøres ved at putte base eller syre i en vandig opløsning.
- Der tilføjes en kolorimetrisk pH-indikator.
- Derefter bruges en burette til at tilsætte syre eller base til den vandige pH opløsning, indtil væsken skifter farve.

Den mest centrale kemi ting som skal implementeres i applikationen er en måde at udregne pH i en opløsning for at gøre dette bruge følgende formel.

$$pH = -\log_{10}([H_3O^+])$$

$[H_3O^+]$  er den aktuelle stofmængdekonzentration af stoffet  $H_3O^+$  (oxonium). Det vil sige at for at bruge denne formel skal vi kende mængden af  $H_3O^+$  ioner. For at finde denne størrelse, kan vi udregne hvor mange  $H_3O^+$  ioner hvert stof i opløsningen afgiver eller modtager<sup>2</sup>. Da syrer afgiver (forøger blandings koncentration af)  $H_3O^+$  og baser modtager (formindsker blandings koncentration af)  $H_3O^+$  ioner er der 2 formler som kan bruges til at udregne den aktuelle stofmængdekonzentration af  $H_3O^+$  ioner i en opløsning.

Disse formler lyder således (Pilgaard u.d.):

$$[H_3O^+]_{Fra\ syre} = -\log\left(\frac{-K_S + \sqrt{K_S^2 + 4 \cdot K_S \cdot c_S}}{2}\right)$$
$$[H_3O^+]_{Taget\ af\ basen} = -\log\left(\frac{-K_B + \sqrt{K_B^2 + 4 \cdot K_B \cdot c_B}}{2}\right)$$

Begge formler har en konstant K, der beskriver styrken af syren eller basen. Konstanterne kan findes i diverse databøger. Variablen c beskriver stofmængdekonzentrationen af den pågældendes syre eller base.

For at udregne c for et stof bruges følgende formel:

$$c_{Stof} = \frac{n_{Stof}}{V_{Opløsning}}$$

Når alle stofmængder er udregnet og konstanterne er fundet så kan den samlede stofmængdekonzentration af  $H_3O^+$  findes og dermed pH af opløsningen findes.

---

<sup>2</sup> Syre/Baser afgiver eller optager ikke  $H_3O^+$  ioner men afgiver eller optager derimod  $H^+$  ioner som så gives eller tages fra  $H_2O$  (Vand).

## 3-lags arkitektur & Microservices

Vi har valgt at gøre brug af nogle strukturelle mønstre ved designet af de forskellige komponenter i vores produkt, nemlig 3-lags arkitekturen og microservice arkitekturen. Disse strukturer er blevet normen for mange at bruge, og af god grund. Vi vil først beskrive 3-lags strukturen, og derefter forklare microservice strukturen. Vores produkter indeholder en kombination af disse strukturer.

### 3-lags arkitektur

3-lags arkitektur er en måde hvorpå man kan opdele forskellige funktioner i ens applikation, så man kan ændre på den ene uden at ændre på de andre. De tre lag der bliver beskrevet, er hhv. præsentationslaget, logiklaget og datalaget. At have disse ting splittet op, betyder at man eksempelvis kan lave nye funktioner og ændringer til applikation i logiklaget, uden at brugere skal vænne sig til et helt nyt User Interface, eller at User Interfacet kan gøres mere brugervenligt og omdannes på andre måder uden at de andre lag skal opdateres. Dette betyder at man hurtigere kan give opdateringer til klienter der bruger ens service, hvilket altid er godt. Eksempelvis kunne man lave flere hundrede ændringer på logiklaget uden at brugere ville "opdage" det. Det gør også en applikation lettere at skalere, da man kan skalere komponenterne individuelt. (JReport u.d.)

### Microservice arkitektur

Microservices har samme koncept som 3-lags arkitekturen, med at modularisere hvordan en applikation virker på. Denne struktur fokuserer dog mere på at opdele logiklaget, da det ofte er det lag som ender med at være det største og tungeste. Man benytter derfor linux-ideologien om at have mange små programmer der kun gør en ting, men gør dem til perfektion. Dette gør store programmet meget lettere at skalere, og meget lettere at opdatere og optimere. Det bevirker også, at man som 3-lags strukturen kan opdatere et enkelt komponent uden at skulle opdatere alle de andre, og på den måde sikrer man mere uptime / mere stabilitet samt hurtigere opdateringer.

En anden ting man gør med microservice arkitekturen er at sørge for at hver microservice har dens egen database, hvilket vil sige at datalaget også bliver påvirket. Dette er en vigtig detalje at tænke på, da det ses at programmet bliver splittet op på en lidt anden måde. Men at hver microservice har dens egen database kan gøre programmet endnu mere skalerbart, da de forskellige services datastørrelse ikke afhænger af hinanden, og man kan eksempelvis lave opdateringer til et login system samt login database uden at en produktdatabase skal gå ned mens det sker. Det gør også at hvis en database bliver korrupt, er det kun en database og ikke alle databaserne der er korrupte. (Richardson u.d.) (Dhiman 2015)

## Docker

For at understøtte vores produkters arkitekturelle valg, har vi valgt at bruge [Docker](#) som en måde at køre vores program på. Docker er en måde at køre ens applikationer i en virtuel maskine, uden at bruge større mængder af plads på operativsystem installationer, driverinstallation, mm (Docker u.d.). Det giver god mening at bruge Docker da, hvis vores applikation skulle gøres produktionsklart, hvor man vil bruge services som Amazon Web Services, Microsoft Azure eller Google Cloud Platform som primær hosting til ens servere.

Disse hosting providers har allerede flere muligheder for brugen af Docker containers, hvilket gør denne proces meget let.

## pm2 og Node

[Node.js](#) (Node) er et framework til at lave server side applikationer der kører på javascript. Udover at node er bygget så der lægger op til asynkron kode som standard, er node også en enkelttrådet process. Meningen med node er, at man skal have mange instanser af sit node-program kørende på en gang, på en multitrådet processor, i såkaldte "clusters" (McCarthy 2011) (InfoQ 2011). [pm2](#) er et værktøj til at køre flere node processor parallelt på en processor, overvåge hvor meget stress der er på disse nodes og om nogen nodes er gået ned, samt genstarte nodes hvis de fejlede. pm2 er også brugt til load-balancing, således at de forskellige nodes er under ca. samme byrde. Det vil sige hvis en node er i gang med en rimelig stor forespørgsel, vil pm2 sørge for at de andre nodes får flere af de nye forespørgsler, så responstiden bliver gennemsnitligt lavere. pm2 findes også som docker container.

## Struktur resume

Det ses altså, at vi får en rimelig stabil struktur. Vores program starter med at blive opdelt i 2-lag, et præsentationslag og et logik/data-lag. logik og datalaget bliver herefter opdelt i mange forskellige små programmer, der hver er en lille data-logik lag. Disse lag har hver deres docker process, hvor der kan være mange forskellige instanser af disse docker images / skabeloner kørende på en gang. Desuden har hver af disse docker images mange "nodes" kørende på en gang.

## Sikkerhed

Udover at få vores applikation til at virke stabilt og hurtigt, er det også vigtigt at vores applikation er sikker. Hvis der i fremtiden skal indgå køb og salg af kurser, og vi skal have vores brugeres kodeord, kreditkortoplysning, osv., gælder det om at være sikker på at vores angrebsoverflade er så lille som mulig. Vi har derfor lavet følgende overvejelser:

### TLS

Ved kommunikationen i dette projekt mellem en af klienterne (hjemmeside, VR applikation) og en af serverne vil der uden tvivl på et eller andet tidspunkt blive sendt nogle brugernavn-kodeord kombinationer. Derfor er det vigtigt, at vi ikke bruger usikre protokoller til at transmittere disse. Usikre protokoller har det problem, at informationerne der bliver sendt i dem ikke er krypteret, og derfor let kan aflæses ved hjælp af et programmet som eksempelvis [wireshark](#) (Goggi 2014). Af den grund vil vi i dette projekt benytte os af TLS protokollen, der kan sikre kommunikationen mellem to parter ved hjælp af public-private key encryption (Mette, et al. 2017). Dette giver en sikker tunnel til at overføre følsomt data.

Vi bruger desuden session Cookies til at være sikre på at sensitiv data ikke altid skal sendes over nettet. Der kan kort læses mere om dette i bilag 3.

## Hashing

Når man gemmer ting på serveren i en database er det utrolig vigtigt at sørge for, at selv hvis databasen bliver komprimeret, er brugerens følsomme data ikke i fare. En måde at gøre dette på er ved hjælp af såkaldt "hashing". Vi vil her bruge en brugers kodeord som eksempel på en følsom data.

Når vi er sikre på at en brugers kodeord er kommet sikkert over til serveren ved hjælp af en TLS-forbindelse, har vi nu brugerens kodeord i vores hænder. Når man så skal gemme disse kodeord, til at validere brugeren næste gang, er det vigtigt at sørge for at de genmt kodeord ikke bare kan aflæses som så.

Hashing er en måde at gøre dette på. Det er en 1-vejs algoritme, hvor hvis man indtaster et givent kodeord vil man altid få en række symboler og tal ud der er den samme. Det vil sige at et kodeord som eksempelvis "kodeord1234" vil kunne blive lavet om til en streng som:

"2806E58C654E8E3E7A0DB2334309A162F78E28B27D328CCC62F921D351D1FB25"

Ud fra denne streng kan en hacker ikke aflæse en brugers kodeord, da dette som beskrevet er en 1-vejs funktion, og databasen er derfor sikret.

Nogle hashingalgoritmer er dog begyndt at blive brudt ved såkaldte "rainbow table<sup>3</sup>" angreb. Derfor er det vigtigt at det også tager lidt tid at hashe en streng, således at disse rainbow tables tager lang tid at fuldføre. En algoritme der skalerer godt på denne måde er bcrypt (Boterhoven 2016). Vi vil ikke yderligere beskrive hvordan bcrypt virker, blot at den kan skales ind i fremtiden til mere kraftfulde computere.

## SQL-Injections & Cross-Site-Scripting

Når vi har med brugerinput at gøre, er det vigtigt at vi er opmærksom på, hvordan dette input bliver forstået af servere og hjemmesiden. Vi vil altid gerne have at ens input bliver forstået som tekst, og ikke som en kommando. Dette kan dog ske ved nogle smarte tricks, som at bruge tegnet " eller ' i ens brugernavn, hvilket i værste fald kan give ondsindede personer adgang til at udføre programmer på vores hjemmeside & server. Eksempelvis kunne dette resultere i, at alle brugere på hjemmesiden blev tabt, ved at have en et brugernavn lignene ' " DROP TABLE USERS \*/ ". Karaktererne '<' og '>' er også farlige, da det kan bruges til at udføre kommandoer på en side ved brug af HTML tags (XSS). Derfor skal vi huske at tage forbehold for en brugers input, og være sikre på at disse karakterer bliver forstået som tekst og ikke kode ("sanitizing").

---

<sup>3</sup> Rainbow table er en form for ordbog over mange hash-til-streng tilfælde.

## Persondataloven & GDPR

Nu hvor vi også skal bruge persondata i vores projekt er det vigtigt at vi forholder os til hvordan vi arbejder, bruge og gemmer disse oplysninger. Mest af alt skal vi holde os indenfor persondataloven og EU's GDPR (General Data Protection Regulation). For at kunne finde ud af hvordan vi skal behandle den data som vi skal bruge, så har vi brug for at kende de forskellige typer af data og hvad der rent faktisk er persondata. Ifølge EU er persondata informationer som indirekte eller direkte kan identificere en person.<sup>4</sup> Nogle informationer er dog "vigtigere" end andre, derfor bliver persondata kategoriseret i 3 forskellige kategorier. Almindelige persondata, fortrolige persondata og følsomme persondata (Cyberforsikring u.d.) (IT-Branchen u.d.).

### **Almindelige persondata er data såsom:**

Navn, adresse, fødselsdato, e-mailadresse, eksamener, stillinger og arbejdsområde

### **Fortroligt data er data såsom:**

CPR-nummer, økonomi, skatteforhold, sygedage, tjenstlige forhold, familieforhold, sociale forhold og strafbare forhold.

### **Følsomme data er data såsom:**

Race, etnisk baggrund, politisk-, religiøs- og filosofisk overbevisning, fagforeningsmæssige forhold, helbredelsesmæssige og seksuelle forhold.

Alt persondata som vi får, på nuværendes tidspunkt, er data indenfor kategorien almindelige persondata. Da denne form for data ikke er ligeså "vigtig" som de andre former så behøves der ikke lige så meget datasikkerhed her. Dog skal vi stadig være opmærksom på at gemme dataen på en sikker vis. Dette kan vi gøre ved både at kryptere dataen og sørge for at vores system er sikkert nok til ikke bare at kunne blive hacket.

Desuden siger GDPR lovgivningen at alle har ret til at blive glemt. Det vil sige at alle har ret til at få slettet deres persondata fra forskellige databaser. Dette har vi også brug for at gøre til en mulighed for at overholde GDPR, dog vil vi ikke fokusere på at implementere dette i vores POC.

---

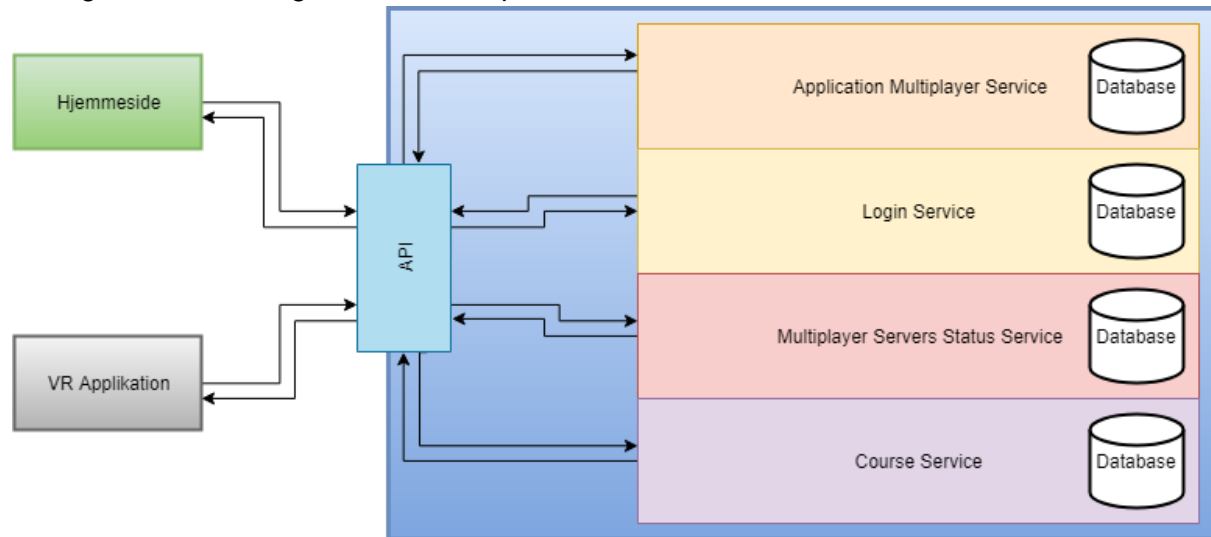
<sup>4</sup> Det vil sige at alle information som er specifikt til en person, er persondata også på trods af at man ikke kan identificere en person alene pga. denne information. Det vil sige at fx. højde vil være persondata. Højde i sig selv vil ikke kunne identificere en person, men sammensat med fx. vægt, alder, navn eller andet vil den kunne bruges til at identificere en person.

## Funktionsbeskrivelse

Vores produkt er delt op i 3 dele:

- En hjemmeside
- VR applikation
- Server / API / Database

På Figur 2, kan et diagram over samspillet mellem disse 3 dele, ses.



Figur 2 - Samspillet mellem Hjemmesiden, Serveren og VR applikationen

Hjemmesiden har to primære funktioner: at være stedet hvor folk kan lære mere omkring VR-Classroom, og at være stedet hvor man kan se og tilmelde sig kurser.

VR Applikationen er vores primære applikation, og er der hvor man skal kunne udføre forsøg i et multiplayer miljø.

API'en er en måde hvorpå vores hjemmeside og VR-applikation kan kommunikere og gemme data med hinanden.

I næste afsnit er der en dybere beskrivelse af de forskellige komponenter.

# Dokumentation

## Hjemmesiden

Da vi begyndte at bygge hjemmesiden, aftalte vi først hvad hjemmesiden skulle have a funktioner og hvad den skal indeholde. For at få et overblik over hvad hjemmesiden skal indeholde har vi lavet et sitemapsdiagram:



Figur 3 - Sitemap over vores hjemmeside (En større version kan findes i bilag 2)

Som ses på diagrammet kan man ved hovedsiden på hjemmesiden “Hjem” komme på de underliggende sider som “Om os”, “Kontakt”, “Kurser” og “Log ind”. Med opbygningen af hjemmesiden på plads, kunne designet af hjemmesiden begynde.

Den første problematik vi kom ud for var hvordan vi skulle guide brugeren igennem “Opret kursus”. I denne sektion vil vi gerne have en del info om det kursus brugeren gerne vil oprette. Problematikken består i hvordan vi får alt denne info uden det bliver for svært og langhårede for brugeren. Her har vi brugt gestaltlove, Don Normans principper samt logisk sans for at løse denne problematik.

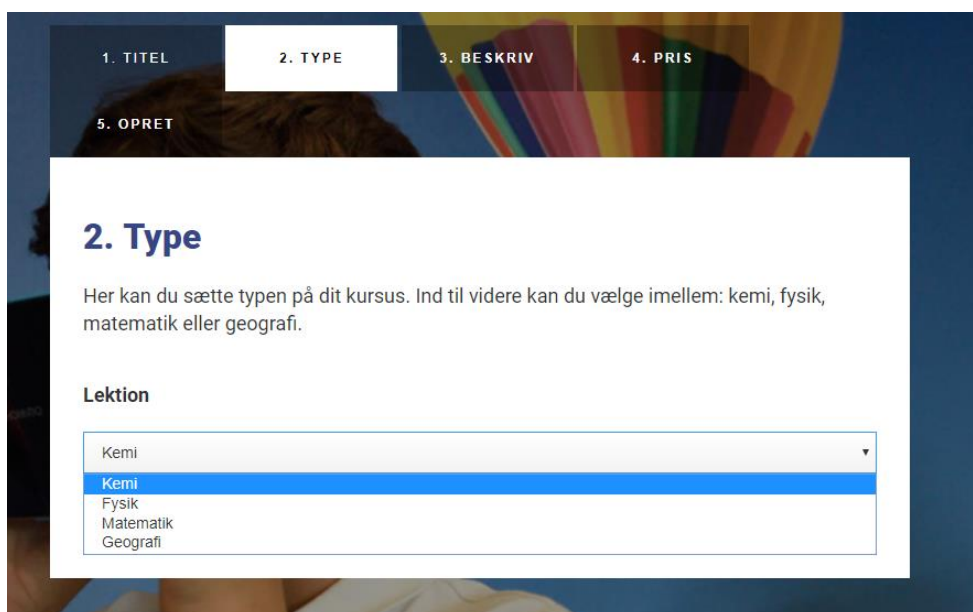
The screenshot shows a web form titled "1. Opret dit kursus" (1. Create your course). At the top, there is a navigation bar with five tabs: "1. TITEL" (selected), "2. TYPE", "3. BESKRIV", "4. PRIS", and "5. OPRET". Below the tabs, the form has a heading "1. Opret dit kursus" and a sub-heading "Her skal du give dit kursus et navn" (Here you should give your course a name). There is a label "Navn på kursus" (Course name) followed by a text input field containing the placeholder text "navn på kursus". A blue button labeled "Næste" (Next) is located at the bottom right of the form.



I stedet for at lave en stor tab som kan blive meget tungt fordi brugeren skal scrolle igennem alt den information der skal til for at lave et kursus, har vi valgt at opdele alt informationen i 5 tabs. Ved også at angive et tal fra 1-5 i hvert tab, ved brugeren hvor langt der er til målet og hvor mange skridt man skal igennem. Den tab brugeren er kommet til skifter fra sort til hvid hvilket også indikerer hvor brugen er kommet til.

På "Opret kursus" er der brugt gestaltlove som "loven af lukkethed" hvor symboler der er i samme ramme opfattes som at høre sammen. (nielsgamsborg - loven om lukkethed 2018) F.eks. er alt det der er i samme ramme som den hvide boks med overskriften "Opret dit kursus" hører sammen. Af Don Normans principper har vi brugt "Consistency" fordi alle knapper der går videre til næste tab er blå med samme form. De blå "Næste" knapper gør også brug af "Feedback" idet man straks kommer videre til næste tab, som er en handling der hænger sammen med respons.

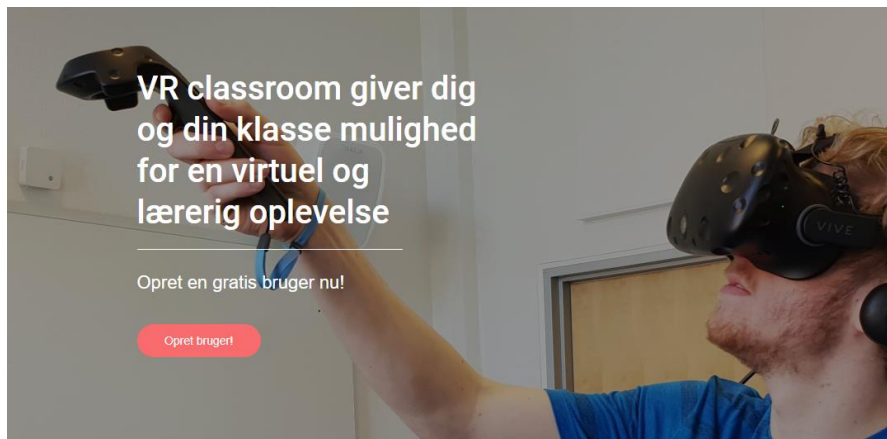
I tab nummer 2 skal man angive hvilken type ens kursus skal indgå i.



The screenshot shows a web interface for creating a course. At the top, there are five tabs: 1. TITEL, 2. TYPE, 3. BESKRIV, 4. PRIS, and 5. OPRET. Tab 2, 'TYPE', is currently active and highlighted in white. Below the tabs, the title '2. Type' is displayed in a large, bold, blue font. Underneath the title, a paragraph explains that the user can set the course type and lists options: kemi, fysik, matematik, and geografi. A section titled 'Lektion' contains a dropdown menu. The dropdown is open, showing a list of options: Kemi (highlighted in blue), Fysik, Matematik, and Geografi. The background of the interface features a blurred image of a person's head and shoulders.

Her kan brugeren kun vælge de fag som vi har registreret i vores program. Her er der anvendt "Constrain" da brugeren ikke kan gøre noget forkert og der kan ikke misforstås noget da der kun er de valgmuligheder vi har givet brugeren.

Hjemmesidens forside eller "hjem" anvender også en del designprincipper og love.



Allerede på forsiden står den røde knap ud, dette er meningen da vores formål netop er at få brugeren til at oprette en account på vores hjemmeside, her har brugt designprincippet "Visability" idet vi synliggøre de vigtige og relevante elementer.

**Over 50.000 kurser!**  
Via vores applikation har du mulighed for at lære, socialisere og eksperimentere i op til 50.000 forskellige kurser. Installer applikationen nu og lær løs.

**Installer nu!**

**Dit ynglings fag er vores ynglings fag.  
Og vi er først lige begyndt!**  
Du har lige nu mulighed for at møde en gammel grækker i sit eget hjem, danne dit helt eget molekyle og meget meget mere med vores intergetet læringsværktøjer

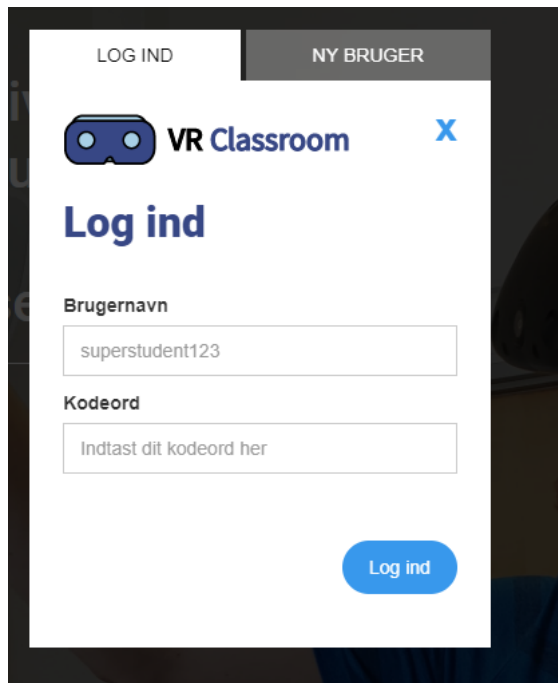
  
Geografi

  
Kemi

  
Fysik

  
Historie

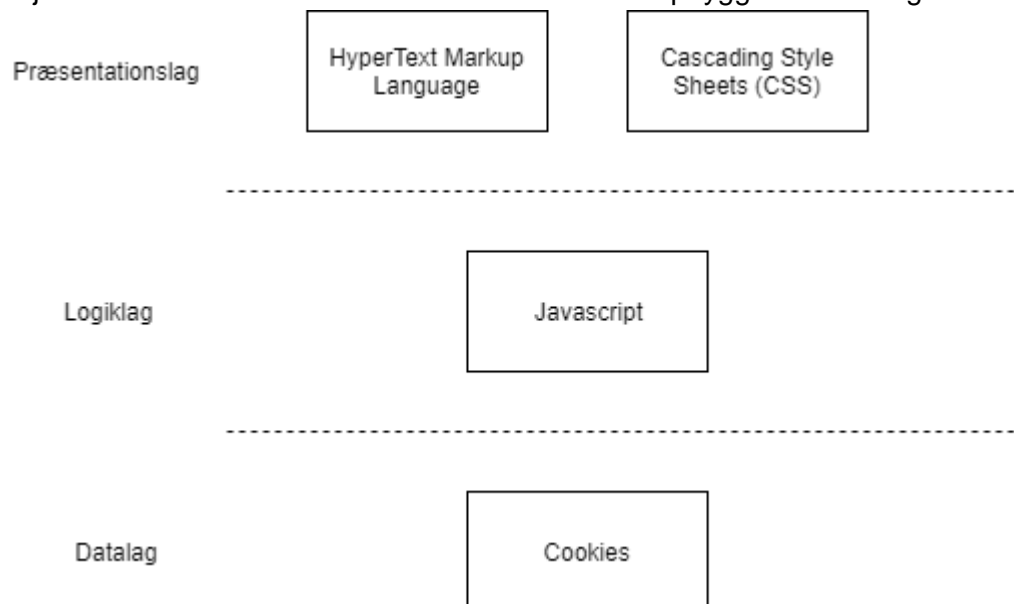
Det samme gør vi med "Installer nu!" knappen der også er på forsiden. Denne knap er også vigtig, og vi har derfor valgt at synliggøre den. Man kan så spørge: "Hvorfor har "opret bruger" og "Installer nu" ikke samme farve?" Og det er fordi de to knapper gør to forskellige ting, men de er begge vigtige. Og igen er "loven om lukkethed" blevet brugt, da vi har inddelt forskelligt information i forskellige farvede rammer.



Når man er inde på “Log ind” kan man godt sige der er en form for “Affordance” fordi vi har givet et eksempel på hvad brugeren kan skrive i tekstfeltet “Brugernavn”

Generelt er der brugt mange flere gestaltlove og designprincipper, men fordi rapporten ikke skal være for lang har vi valgt at redegøre for de vigtigste elementer i hjemmesiden.

Hjemmesidens som helhed kan ses som at være opbygget af en 3-lags struktur.



Figur 4 - Hjemmesiden 3-lags struktur

For at få funktionerne på hjemmesiden til at virke, skal vi sende forespørgsler til API'en. Hvis vi stadig vil have at hjemmesiden ikke “lagger”, er det vigtigt at vi kører forespørgsler asynkront, således at en bruger ikke behøver at genindlæse hele siden for at eksempelvis logge ind. Dette ses implementeret ved de forskellige knapper ved brug af

XMLHttpRequest. Dette fænomen hedder AJAX (Asynchronous Javascript And XML), og bliver brugt på alle sider, hvor du kan sende en forespørgsel fra siden uden at du skal genindlæse alting.

Vores brug af cookies kan læses i bilag 3

## Serveren (API'en)

Serveren har ansvaret for at gemme brugerdata, og kommunikere med hjemmeside og VR-applikation. Under udviklingen af programmet har det været meget vigtigt, at API'en er relativt let at forstå, samtidig med at være hurtig og robust.

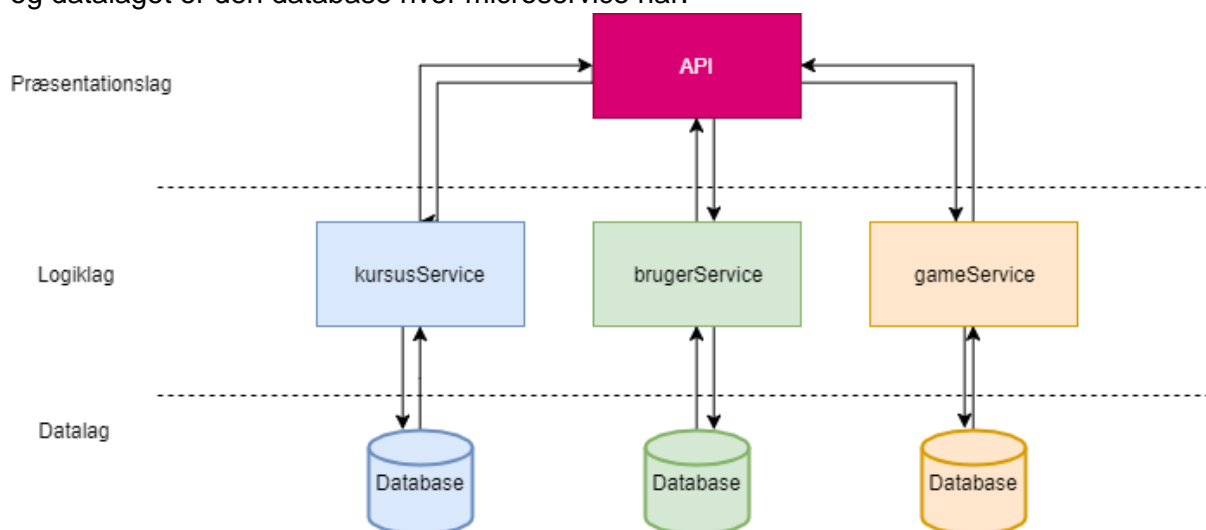
Serveren består som nævnt af flere microservices der tilgås ved hjælp af denne API. API'en i sig selv er også en microservice, også selvom at den ikke har nogen database.

De tre (fire<sup>5</sup>) microservices der bliver brugt i showcase videoen, og som er med i "det færdige" POC vil i denne rapport blive kaldt (efter deres engelske navne i programmet):

- gameService
- brugerService
- kursusService
- "API"<sup>6</sup>

Alle disse services kører på deres egen virtuelle maskine (Docker), og kommunikerer kun med API'en. Det vil sige at en microservice altid kun vil skulle forholde sig til dens kommunikation med API'en, og ingen andre.

Forholdet mellem disse applikationer kan letsindigt ses som et tre lags arkitektur, se *Figur 5*. Her er API'en "præsentationslaget", forstået på den måde at den viser de forespørgsler andre applikationer kan sende til serveren. kursus-, bruger- og gameService er logiklaget, som tager den forespørgsel der nu er sendt og finder ud af hvad der skal ske med den data, og datalaget er den database hver microservice har.



Figur 5 - API'en illustreret som en 3-lags struktur.

API'en har i sig selv ikke nogen funktion, og ikke nogen database til at gemme informationer.

<sup>5</sup> Hvis API'en også tælles med som en microservice

<sup>6</sup> Ibid

Dens funktion i dette microservice forhold er at regulere og sikre de forskellige kald som hjemmesiden og applikationen (brugere) laver. Man kan se det lidt ligesom properties i objektorienterede sprog som Java og C#, hvor man har indkapsling ved getters og setters. Specielt setters kan benyttes for at sikre at når en bruger sætter en værdi, er den ikke "forkert". Eksempelvis fjerner vores API tegn som \* og " og ' ved registreringen af et nyt brugernavn og kodeord, da disse oftest bruges ved SQL-injections. Et andet eksempel er ved oprettelsen af et nyt kursus, hvor API'en tester om en brugers login er gyldigt før kurset kan blive oprettet.

En ting der også er vigtig med API'en er de svar den sender. For at udviklere i fremtiden kan gøre god brug af vores produkt har vi omhyggeligt valgt hvilke respons beskeder og HTTP-statuskoder som API'en sender tilbage. Dette er gjort ud fra tabellen på hjemmesiden [httpstatuses](#). Dette bliver brugt specielt ved skabelsen af et nyt kursus hvor flere ting kan gå galt.

Der var originalt også planlagt en service der kunne give informationer om en gameService's status på hjemmesiden, men vi besluttede at dette ikke var nødvendigt for dette POC.

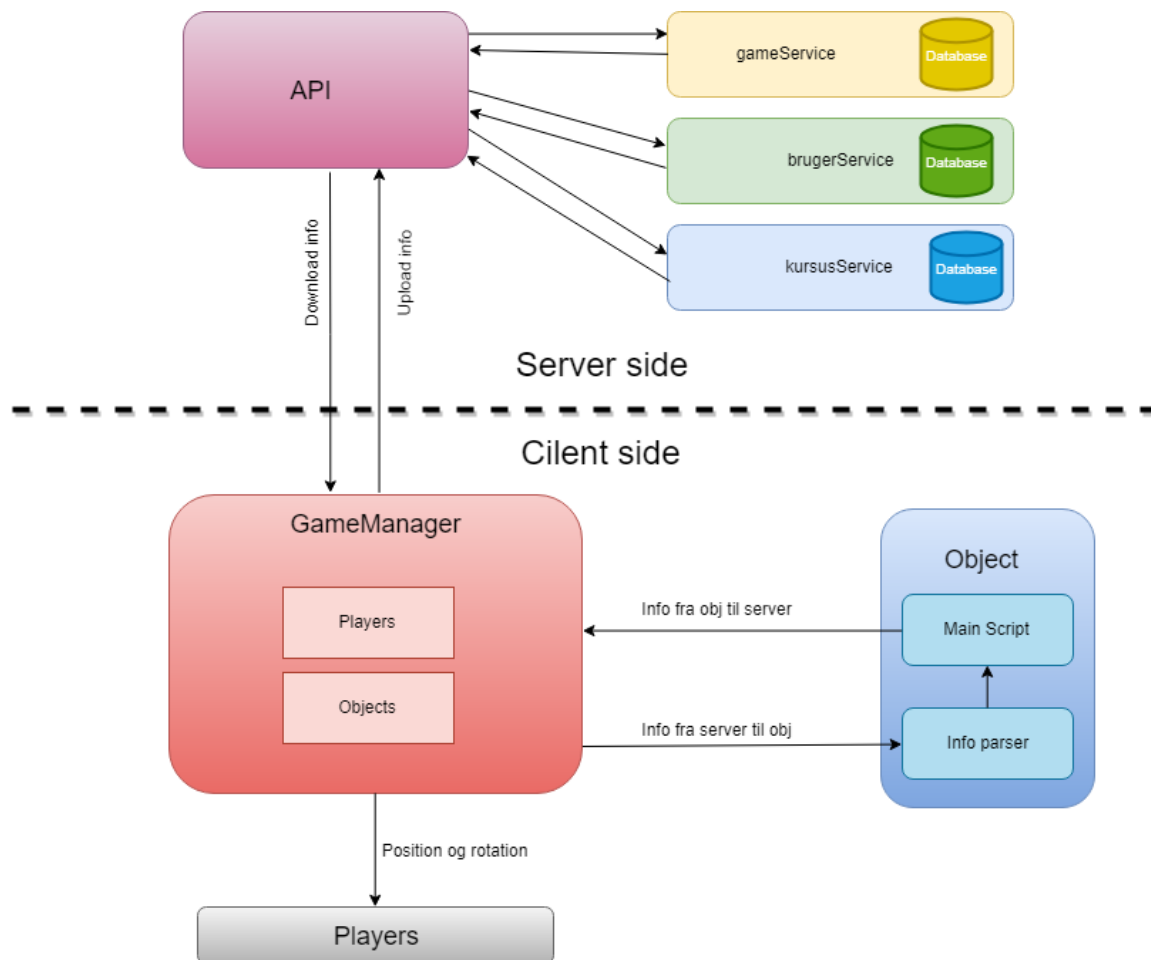
## VR applikationen

VR applikationen består af 2 forskellige scener. Den første scene er en loginscene. Den anden scene er selve VR applikationen.

VR scenen består af 2 dele, selve lokalet man er i og brugerens karakter. Af disse 2 objekter er det brugerens karakter der er den mest centrale ting i programmet.

Karakteren har 2 scripts, det ene script giver den egenskaben til at kunne bevæge sig rundt, både positions mæssigt og rotations mæssigt. Derudover har karakteren et script som hedder "GameManager", dette script styre hele spillet. Fra nu af vil vi referere til GameManagereren som GM.

Dette script er det der sender og henter informationer til/fra serveren. Det er også dette script som opretter de andre brugere i scenen som objekter. Den opretter og ændrer også undervisnings objekter, ved at nedhente eller opsende data om objekterne til/fra serveren.



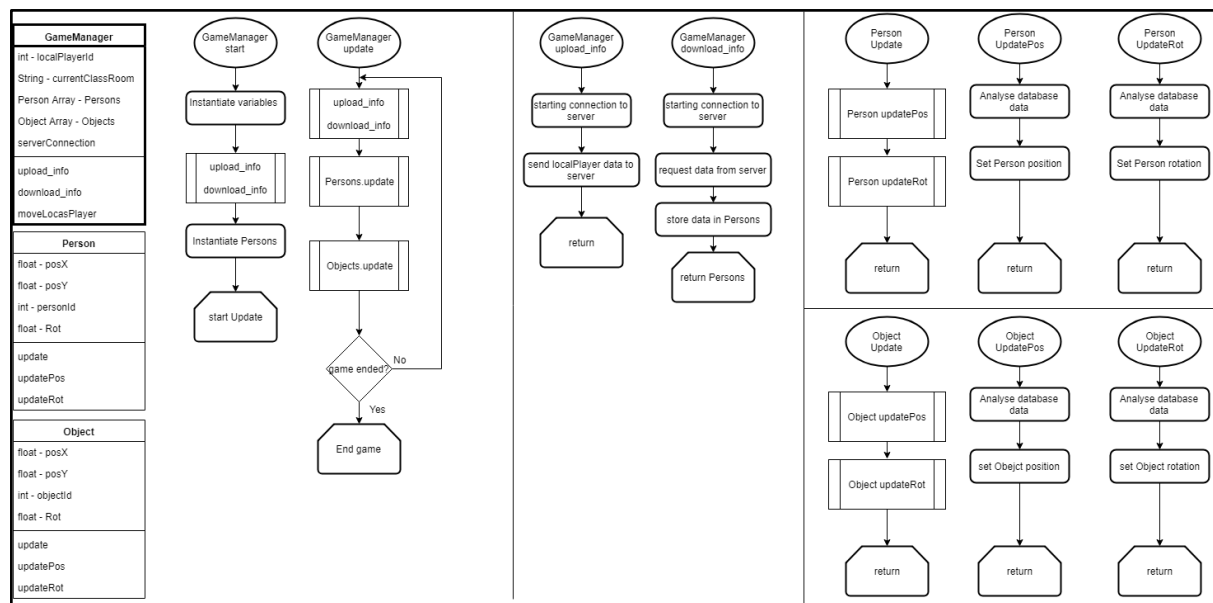
Figur 6 - Samspillet mellem GM, objekter og serveren.

Som der kan ses på *Figur 6* så har alle objekter et main script. Dette giver objekterne forskellige egenskaber, som at kunne indeholde væske (måleglas), eller at kunne fylde andre objekter med væske (burette).

Alle objekter har desuden et infoparser script, der sørger for kommunikationen mellem GM og de forskellige objekter. Dette er nødvendigt da hver type objekt har dets egen klasse, og vi derfor ikke kan have en statisk reference på det script som GM skal kunne ændre på.

## GameManager

Hvis vi ser lidt nærmere på GameMangeren (GM), giver det os et godt indblik i hvordan VR applikationen er bygget op.



Figur 7 - Flowchart over GMs start og update funktion, samt GMs variabler. Kan ses i større opløsning i bilag 1.

På Figur 7 kan den generelle opbygning af programmet ses. Først bliver alle variabler instantieret i GMs start funktion. Derefter starter GMs loop funktion, som kører hvert frame. I loopet starter GM med at sende sine informationer til serveren. Derefter spørger GM om informationer fra serveren, hvorfra denne information bliver så sendt til de rigtige variabler og objekter. Så starter loopet forfra og køre dette igen.

De centrale objekter som GM skal holde styr på er Person og Object. Alle objekter inde for disse klasser lagres inde i henholdsvis `Persons[]` og `Objects[]`. Objekter som hører til klassen Person er objekter som repræsenterer andre spillere som er logget på samme kursus. Objekter som hører til klassen Object er objekter som repræsenterer de objekter som er til stede i kursusets lokale.

Vores VR-applikation bruger datastruktur til transmittering af data vi selv har lavet. Måden vi gør dette på er at skrive en lang streng med alle informationerne hvor informationerne bliver opdelt med tegnet `'|'` derudover starter alle informationerne med at beskrive hvad informationen og derefter skriver den værdien af denne information.

Desuden klumper vi information der passer sammen i længere under-streng med andre separatorer. Eksempelvis kunne en under-streng som sender information om hvor meget væske der er i et bæger se således ud:

`"H2O?100|HCI?10"`

Her bruges tegnet `'?'` til at opdele key-value parret.

## Kemi forsøget

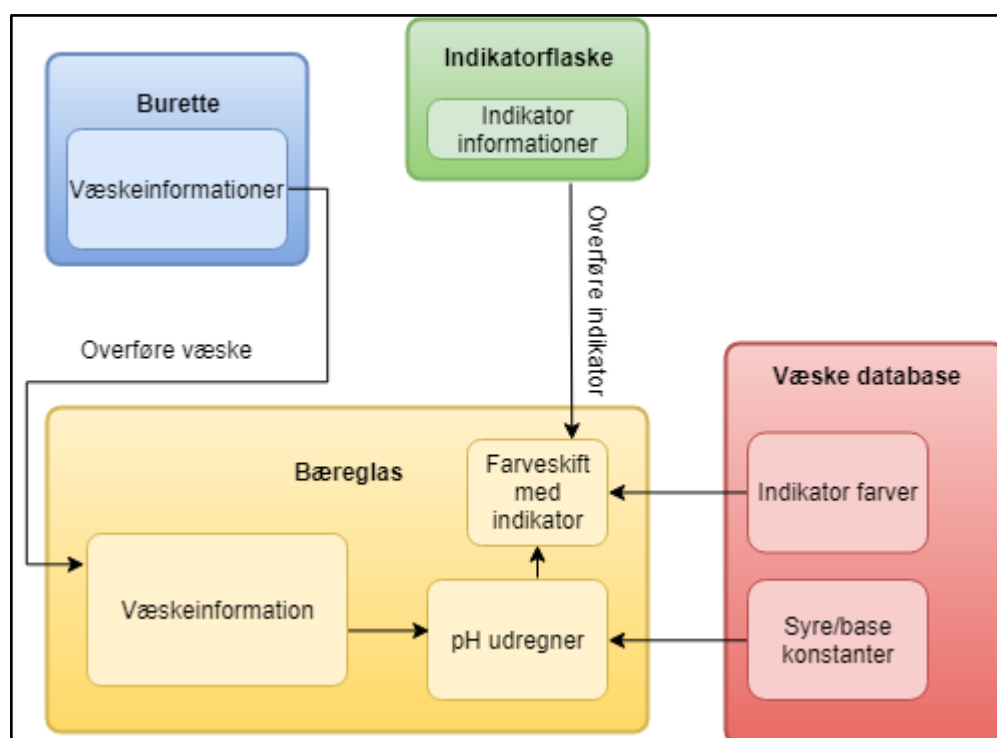
Som skrevet tidligere, så har vi brug for at kunne gøre følgende ting for at lave en titrering:

- Have et glas som kan holde styr på hvilke væsker der er tilsat.
- Have en måde hvor pH kan udregnes ud fra væskeerne der er i en blanding.
- Kunne overføre væske fra en burette til et glas.
- Kunne måle fra buretten hvor meget der er overført til bærget.
- Kunne overføre en indikator til et glas.

Her har vi brug for at lave 4 forskellige objekter.

- Et glas til opløsningen.
- En burette til at overføre væske til glasset.
- En flaske som kan overføre indikatorer til bærget.
- En mini-database som har styrkeværdier af stofferne.

Disse objekter og samspillet mellem dem kan ses illustreret på *Figur 8*.

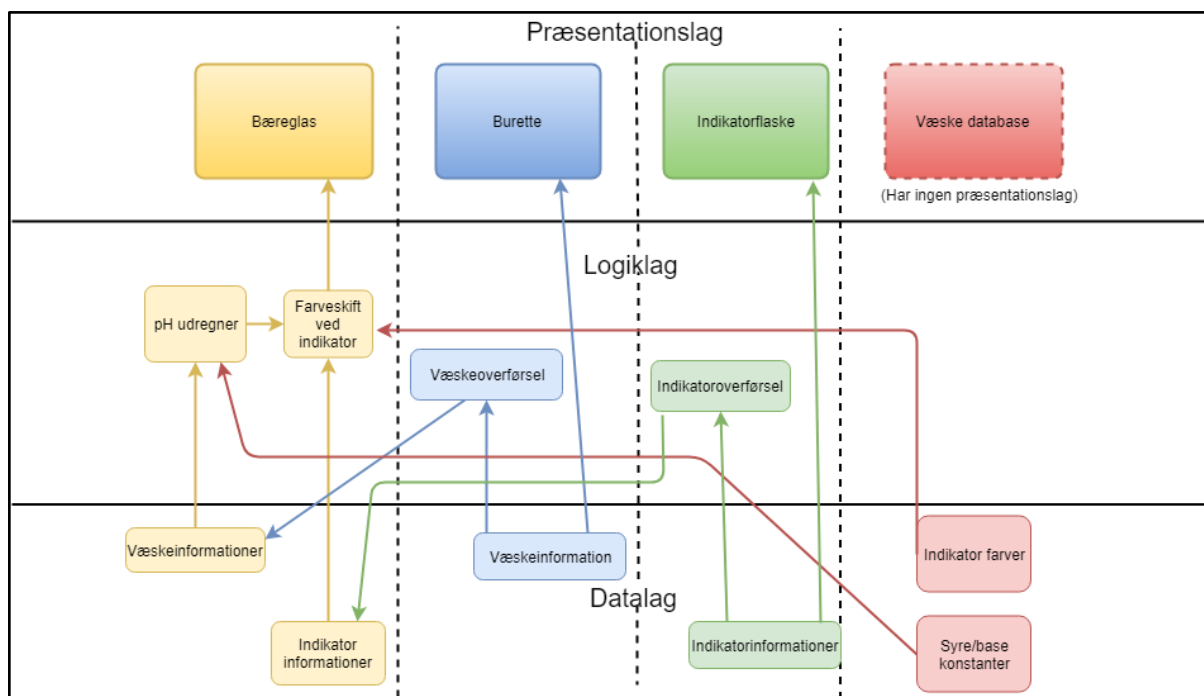


*Figur 8 - Diagram over kemifunktionerne og deres samspil i vores VR-Applikation*

Hvis vi kigger på diagrammet på *Figur 8*, så kan det ses at det består af 4 objekter, nogle forskellige indre funktioner og noget dataoverførsel.

Hvis vi laver en smule om på *Figur 8* så kan vi tegne den i et 3 lags arkitektur. Dette kan ses på *Figur 9*. Figuren er delt 3 gange vertikalt og 2 gange horisontalt. Det øverste horisontale lag er præsenteringslaget, det mellemste horisontale lag repræsenterer logiklagets, og det nederste horisontale lag repræsenterer datalaget.





Figur 9 - 3-lags arkitektur af kemi funktionerne og deres samspil i vores VR-Applikation som et trelagssystem

## Test af produktet

### Planlægning

For at teste vores produkt ville vi lave en kvalitativ undersøgelse af produktet med forskellige personer inden for vores målgruppe. Eleven vil blive anbragt i det online forsøgslokale sammen med en anden elev som ikke bruger VR men er der stadig for at hjælpe med at lave øvelsen. Vi ville derefter adspørge eleven om følgende spørgsmål:

1. Synes eleven, at de fik større mulighed for at lære noget.
2. Hvad syntes eleven om, at man kunne være multiplayer, og spillernes figurer.
3. Hvad tænker eleven om dette som erstatning på normal undervisning.
4. Hvad tænker eleven om dette som erstatning på virtuel tid.
5. Om de kan se produktet blive brugt på skoler i fremtiden.

Dog havde vi på grund af begrænset tid ikke tid til at opsøge mange personer inden for målgruppen af vores POC. Vi har derfor også inddraget personer uden for vores målgruppe der havde tid og havde lyst. I tabellen i bilag 4 er vores resultater fra testen.

## Konklusion af test

Desværre kan vi ikke drage store konklusioner af vores testresultater, da vores testpersoner ikke udelukkende var indenfor vores POC målgruppe. Vi kan dog godt perspektiverende diskutere resultaterne.

Kommentarerne var generelt positivt indstillet. Unge som gamle virkede interesseret i VR-teknologien, og synes specielt det var sjovt at se hinanden i VR. Der var nogle der snakkede om prisen, og hvordan vores produkt overordnet ville virke hvis vi ville erstatte normal undervisning, og til dette var mange af testpersonerne ikke positivt indstillet. En del flere var dog okay med at gøre det til en frivillig eller fritidsting, der kan bruges i situationer som Virtuel Tid.

## Konklusion

I vores projekt havde vi sat i sinde at lave et POC på et virtuelt klasselokale. Vi fik lavet en hjemmeside der giver mulighed for at oprette kurset, en multiplayer VR og ikke-VR applikation der giver mulighed for multiplayer og laboratoriearbejde inde i et virtuelt klasselokale/laboratorium, og en server til at håndtere kommunikation. Vi fik testet produktet, og flere testpersoner virkede optimistisk anlagt ved brug af VR og vores virtuelle multiplayer laboratorie.

Arbejdsmæssigt har der undervejs været nogle problemer med at få tiden til at stemme overens. Projektet er stort, og vi respekterede ikke fuldt tiden det tog at lære nogle helt nye teknologier at kende. Derfor var vores originale tidsplan også lidt sparsommelig, og der gik noget tid af polish og ekstra funktioner. Dette kan ses i nogle af de "tomme" sider der er på hjemmesiden, og problemerne med controls i VR. En anden gang vil vi respektere dette mere.

## Perspektivering

Vi har i dette projekt lavet et proof-of-concept, med henblik på at vise mulighederne som denne VR-teknologi giver. Da det er et proof-of-concept er der selvfølgelig nogle ting der mangler. Men selvom disse ting mangler, ses det på testresultaterne at denne teknologi tilsyneladende er meget interessant for mange.

VR-Classroom er for os mere et koncept end et produkt. Konceptet af brugen af VR til læring er ikke i større grad implementeret endnu, også selvom der som beskrevet i inspirationerne er lavet mange forskellige læringsbaserede VR-Apps<sup>7</sup>. Vi hypoteser dog, at dette kan være grundet at "det virtuelle samfund" ikke bare kan opstå fra en dag til en anden. Fordi folk har nogle forventninger om, at "Virtuel Reality" stadig indeholder noget "Reality", kan det godt være svært at tilpasse sig. Det er også derfor, at vi syntes at det har været vigtigt at implementere de mere sociale ting, noget som mange af disse læringsbaserede apps mangler. Mennesket er et social væsen, og for at være social kræves der både et social fællesskab, samt en social kommunikationsform der er næsten overens med virkelighedens.

---

<sup>7</sup><https://videnskab.dk/teknologi-innovation/virtual-reality-i-undervisning-hypet-men-udokumenteret-trend>

Dette gælder både for den verbale kommunikation, hvor lyd helst skal fremgå præcis ligesom i virkeligheden, så man helt "glemmer" at man er i VR, men det gælder også for alt det ikke-verbale (kropssproget). Ting som armbevægelser og øjenkontakt er utrolig vigtige at have med, og er en stor del af menneskers interaktion. Det ses eksempelvis i vores projekt, at karakteren af spilleren der er i VR ser meget mere livlig og menneskelig end dem der ikke er i VR, hvor armene bare "hænger". Derfor mener vi at for en fremtid der har større brug af VR, er det vigtigt at realisere nødvendigheden af sociale fællesskab i VR, samt den nonverbale kommunikation.

Dog forstår vi også godt, at en af de store problemer ved VR-headsets lige nu er pris. På grund af den store pris for VR-headsets er der ikke et særlig stort marked for VR på forbrugerniveauet, og derfor er dette marked ikke et særlig profitabelt et for udviklere, og der er derfor ikke så meget innovation og konkurrence. Dog tror vi i fremtiden, at hvis VR bliver billigt nok, vil skoler og forbrugere i højere grad kunne fremme dette marked og skabe konkurrence, og apps med koncepter om virtuel læring kunne i den grad få noget skub under markedet, hvis det kan bevises i højere grad, at læring ved hjælp af VR kan yde bedre resultater for en bred målgruppe.

## Fremtidige forbedringer

Hvis vi havde mere tid til at polere dette POC, er der specielt to ændringer vi ville lave:

- **Datakommunikation**

I VR-applikationen og mellem serveren og VR-applikationen har vi valgt at lave vores egen protokol. Det havde dog været bedre at bruge en standard protokol som JSON (Javascript Object Notation), da dette vil være lettere at implementere og at det vil være lettere for andre at forstå. API'en og serveren bruger allerede JSON, så vi ville også kunne gøre dokumentationen mere ens.

- **Visuel hjælp i VR applikationen**

En ting som vi gerne vil have haft med men ikke havde nok tid til at lave er at lave noget visuelt hjælp i VR applikationen. Dette kunne fx. være at outline de objekter man kan bruge, samt få dem til at lyse op når en spillers controller var over dem. Dette kunne have hjulpet på brugervenligheden af VR applikationen.

## Referencer

- ABS. »2071.0.55.001 - Census of Population and Housing: Commuting to Work - More Stories from the Census, 2016.« *Australian Bureau of Statistics - ABS*. 22. 05 2018. <https://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Lookup/by%20Subject/2071.0.55.001~2016~Main%20Features~Commuting%20Distance%20for%20Australia~1> (senest hentet eller vist den 20. 04 2019).
- Boterhoven, Daniel. »Why you should use BCrypt to hash passwords.« *medium*. 7. 12 2016. <https://medium.com/@danboterhoven/why-you-should-use-bcrypt-to-hash-passwords-af330100b861> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- Cyberforsikring. »Hvad er persondata?« *cyberforsikring*. u.d. <https://cyberforsikring.willisweb.dk/persondata/hvad-er-persondata/> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- Dhiman, Rag. »Microservices Architecture.« *Pluralsight*. 5. 11 2015.
- Docker. »Docker Containerization Unlocks the Potential for Dev and Ops.« *docker*. u.d. <https://www.docker.com/why-docker> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- Enginess. *The 6 Principles Of Design, a la Donald Norman*. 03. 11 2014. <https://enginess.io/insights/6-principles-design-la-donald-norman>.
- Gamborg, Niels. *Gestaltlovene*. 24. 08 2018. <https://www.nielsgamborg.dk/?p=gestaltlovene> (senest hentet eller vist den 20. 04 2019).
- Goggi, Christina. »The 24 most dangerous things threatening your network right now.« *techtalk*. 5. 1 2014. Introduction to Node.js with Ryan Dahl (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- Hvad er persondata? - cyberforsikring. »Hvad er persondata?« *cyberforsikring*. u.d. <https://cyberforsikring.willisweb.dk/persondata/hvad-er-persondata/>.
- Hvid, Mikkel. »Læring er social handling.« *folkeskolen*. 18. 6 1998. <https://www.folkeskolen.dk/28159/laering-er-social-handling> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- IHnordic. *Brugervenlighed, UX, customer experience*. u.d. <https://iihnordic.dk/blog/ordbog/brugervenlighed/> (senest hentet eller vist den 20. 04 2019).
- InfoQ. »Introduction to Node.js with Ryan Dahl.« *Youtube*. 16. 3 2011. [https://www.youtube.com/watch?v=jo\\_B4LTHi3I](https://www.youtube.com/watch?v=jo_B4LTHi3I) (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- IT-Branchen. *Hvad er persondata egentligt?* u.d. <https://itb.dk/persondataforordningen/hvad-er-persondata-egentligt/>.
- JReport. *3-Tier Architecture: A Complete Overview*. u.d. <https://www.jinfony.com/resources/bi-defined/3-tier-architecture-complete-overview/> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- Kantar Gallup. *gallupskompas*. Kantar Gallup. u.d. <https://tns-gallup.dk/da/gallupkompass> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).
- Klysner, Hans. *1,286 views*. 13. 11 2012. <https://www.slideshare.net/klysner/usability-og-evaluering> (senest hentet eller vist den 20. 04 2019).
- Kultur i sproget. *Lev Semenovitch Vygotsky*. u.d. <https://sprogkultur.wordpress.com/teori/lev-semenovitch-vygotsky/> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).

McCarthy, Kevin. »Node.js Interview: 4 Questions with Creator Ryan Dahl.« *americaninno*. 31. 1 2011. <https://www.americaninno.com/boston/node-js-interview-4-questions-with-creator-ryan-dahl/> (senest hentet eller vist den 20. 04 2019).

Mette, Bertram Bahn, et al. »Informationsteknologi.« Kap. 9.5.8. Digital signatur i *Informationsteknologi*, af Bertram Bahn Mette. Systime, 2017.

nielsgamborg - loven om lukkethed. *Loven om lukkethed*. 24. 8 2018. <https://www.nielsgamborg.dk/?p=gestaltlovene&u=lukkethed>.

Pilgaard, Michael. *pH- og pOH-beregninger*. u.d. <https://webkemi.dk/AcidsBases/pH-calculations.htm> (senest hentet eller vist den 20. 4 2019).

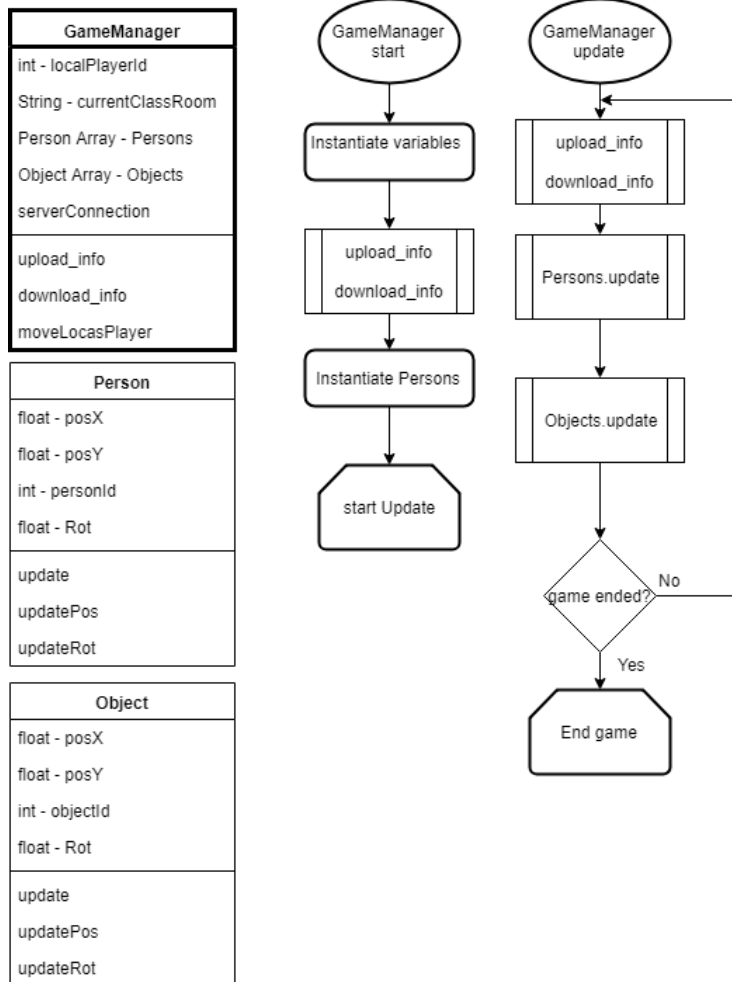
Richardson, Chris. *What are microservices?* u.d. <https://microservices.io> (senest hentet eller vist den 20. 04 2019).

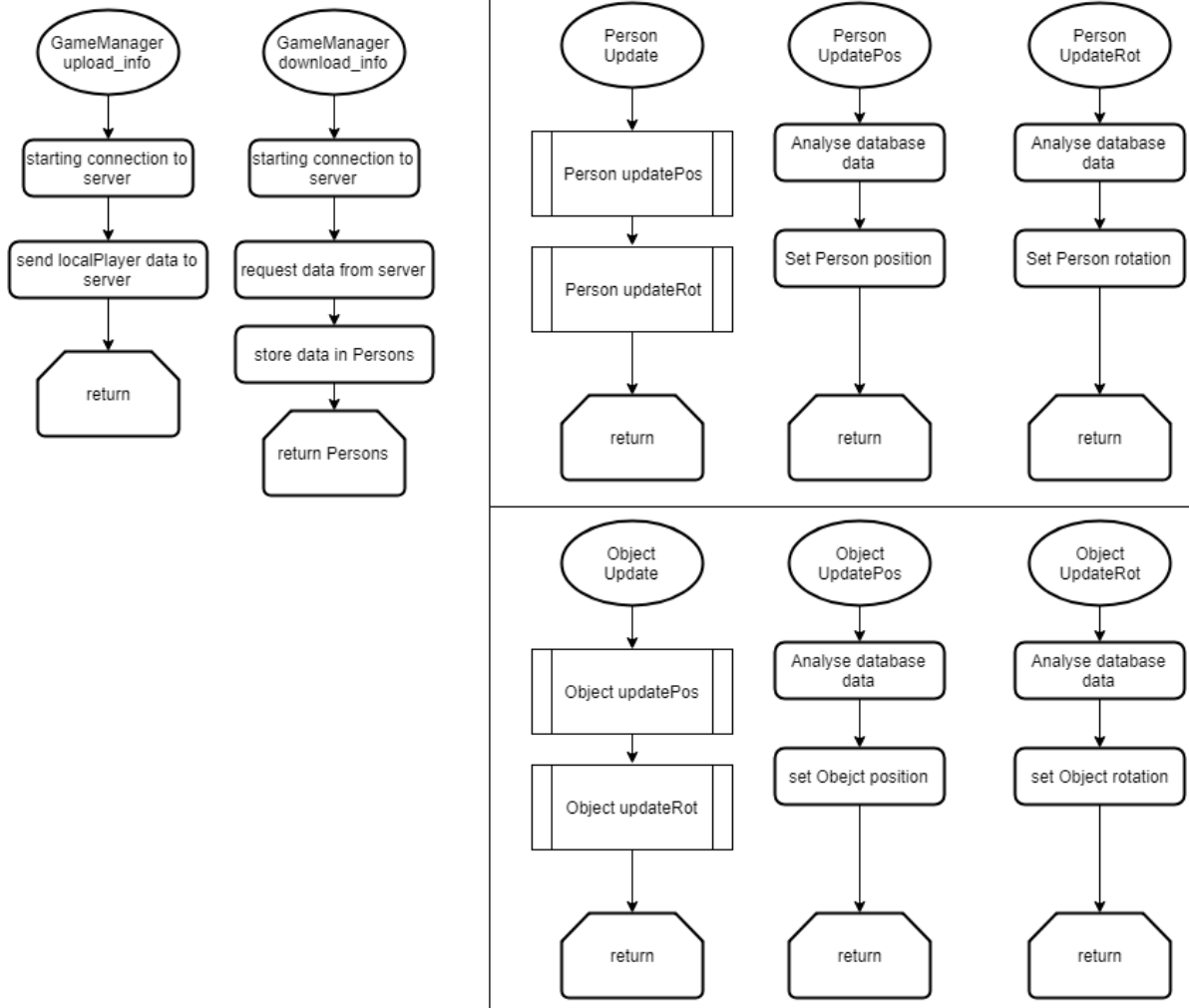
Wahlin, Dan. »Docker for Web Developers.« *PLuralsight*. 20. 7 2018.

Wikipedia. *Representational state transfer*. 17. 4 2018. [https://en.wikipedia.org/wiki/Representational\\_state\\_transfer](https://en.wikipedia.org/wiki/Representational_state_transfer).

## Bilag

### Bilag 1 - GameManager diagram

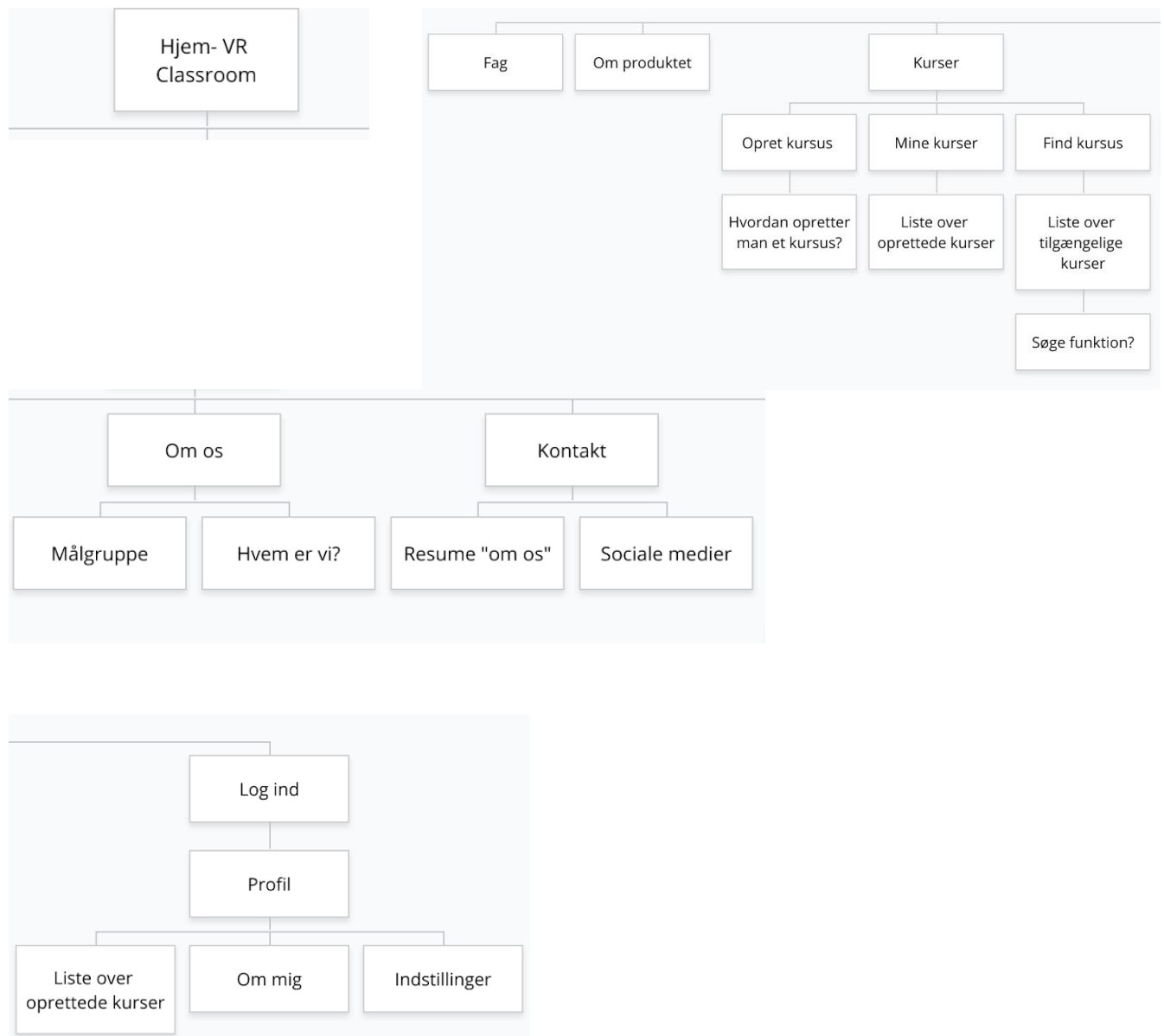




## Bilag 2 - Hjemmesidens opbygning







## Bilag 3 - Cookie-baseret login

For at gøre produkt endnu mere sikkert kan man bruge en alternativ metode at logge ind på, som ikke sender et kodeord over internettet når man sender en forespørgsel, nemlig cookies<sup>8 9</sup>. Når en bruger logger ind med et kodeord og et brugernavn, vil serveren sende brugeren en “cookie”. En cookie er blot et key-value par, som serveren eller klienten kan sætte, og som serveren på en hjemmeside bliver tilsendt hver gang der bliver lavet en forespørgsel. Ved at kunne sende en bruger en login cookie der kan eksistere i eksempelvis 7 dage, kan brugeren være logget ind i 7 dage uden at skulle skrive og/eller sende sit kodeord igen. Cookies bliver også brugt til andre ting, såsom tracking af en brugers bevægelser på nettet, men i vores tilfælde vil vi bruge cookies til at have denne form for “throwaway” kodeord

<sup>8</sup> <https://www.theitstuff.com/sessions-cookies-user-login-work>

<sup>9</sup> <https://stackoverflow.com/questions/17769011/how-does-cookie-based-authentication-work>

## Bilag 4 - Resultater af test

Synes testpersonen, at de fik større mulighed for at lære noget.	Testpersonerne giver udtryk for, at VR er sjovt. Nogle af testpersonerne gav udtryk for at lokalet på nuværende stadie føltes "tomt". Flere af testpersonerne havde problemer med controls, og sagde højlydt at dette var et problem. Mange syntes at de fik gennemført forsøget og "genhusket" titreringsforsøget.
Hvad syntes eleven om, at man kunne være multiplayer, og spillernes figurer.	Mange af testpersonerne gav udtryk for, at det at se hinanden i den virtuelle verden var en sjov oplevelse. Nogle benævnte at figurer så lidt uhyggelige ud. En del testpersonerne gav udtryk for at det at hovederne og armene bevægede sig gav et positivt indtryk.
Hvad tænker eleven om dette som erstatning på normal undervisning.	Flere testpersoner nævnte at hvis de skulle have headsættet på i flere timer ad gangen kunne man godt blive lidt ør i hovedet af det. Flere nævnte de nok ikke ville være alt for positivt begejstrede for det.
Hvad tænker eleven om dette som erstatning på virtuel tid.	Mange nævner at de måske godt ville kunne se dette virke som en erstatning på normal virtuel tid, hvor de fleste elever ellers bare tager hjem. Flere af testpersonerne virkede positivt indstillede over for ideen.
Om de kan se produktet blive brugt på skoler i fremtiden.	Mange nævner at de synes det kunne være fedt hvis VR blev inkluderet mere i undervisningen, og flere berørte også koncepter som Augmented Reality og Extended Reality (dog uden at bruge disse ord direkte). Få spurgte ind til prisen, og benævnte at det nok ville være en faktor. Få benævnte pladsmangel.