



Teknologi

Forsknings- og udviklingsprojekter ved de teknologiske uddannelser

INTRO

UCN PERSPEKTIV

#09 2021

Tema

Teknologi

Redaktion

Jette Bangshaab,
Forskning og udvikling,
jtb@ucn.dk

Jeanne Debess,
Radiografuddannelsen,
jed@ucn.dk

Lone Hansen,
UCN Biblioteket,
loh@ucn.dk

Louise Naomi Vetner
(ansvarshavende redaktør),
UCN Biblioteket, Inv@ucn.dk

Gæsterektor

Jens Christian Hansen Kløve,
Design- og
Produktionsuddannelserne,
jck@ucn.dk

Esben Skov Laursen,
Design- og
Produktionsuddannelserne,
esl@ucn.dk

Finn Ebertsen Nordbjerg,
IT-uddannelserne,
fen@ucn.dk

Peter Nørkjær Gade,
Byggeriuddannelserne,
pega@ucn.dk

Design

Clienti

Layout/Typografisk

opsætning

Novagraf

Web

<https://journals.ucn.dk/index.php/perspektiv>

UCN

Selma Lagerløfs Vej 2
9220 Aalborg Øst

ISSN

2446-2977

ALLE HAR GAVN AF NYE PERSPEKTIVER

Velkommen til UCN Perspektiv. Et online tidsskrift udgivet af University College Nordjylland (UCN). Her vil vi formidle centrale resultater af vores forskning og udvikling, til de professioner og erhverv vi uddanner til, samt til studerende og undervisere på professionshøjskoler og erhvervsakademier. Hvert nummer af tidsskriftet har et fokus, der retter sig mod en målgruppe indenfor UCNs forskellige uddannelsesområder. Det betyder også, at de enkelte numre af UCN Perspektiv vil have en unik målgruppe og vil blive markedsført forskelligt.

Alle artikler bliver kvalitetssikret af den faste redaktion og en fagkyndig gæsterektor.

UCN Perspektiv er hele tiden under udvikling og vil forsøge at eksperimentere med formidlingsformerne i den digitale verden uden at gå på kompromis med kvaliteten.

UCN Perspektiv er open access (gratis for alle), og udkommer 2-3 gange om året. Kontakt venligst redaktionen, hvis du har ideer til indhold og form for kommende numre af UCN Perspektiv.

Med venlig hilsen
Redaktionen

INDHOLD

- 4 FORORD 1**
Teknologi
- 7 FORORD 2**
Introduktion til artiklerne
- 9** Optimering af produktion
- 18** Skridttæller til kørestolsbruger
- 30** Digitale medier iagttaget
- 37** Internet of Things i Sundheds-
brug - en sikkerhedsanalyse
- 45** XR-granskning af installationer



- 58** I4.0 på
Datamatikeruddannelsen
- 68** Forankring af viden via praktik
- 75** Fremstilling af samarbejde i
byggeriet
- 83** Skal vi lære i byggeprojekterne,
skal vi starte med tillid!
- 92** Holdninger til træbyggeri
- 101** Teknologisk understøttede
beslutninger

TEKNOLOGI

FORFATTER

Jens Christian Hansen Kløve,
Uddannelsesleder, Design- og
Produktionsuddannelserne, UCN

Denne udgave af UCN Perspektiv indeholder en række af artikler forfattet af medarbejdere, der har arbejdet med udgangspunkt i det forskningsfokus, der blev formuleret for UCN's teknologiuddannelser i 2017.

Denne indledning er en kort indflyvning til den proces, der har dannet rammen for, at der i denne udgave foreligger en række artikler, der spænder bredt fagligt.

Udgangspunktet er, at det i forbindelse med "Lov om ændring af lov om erhvervsakademier for videregående uddannelser, lov om professionshøjskoler for videregående uddannelser, lov om medie- og journalisthøjskolen og lov om friplads og stipendium til visse udenlandske studerende ved erhvervsakademiuddannelser og professionsbacheloruddannelser" (LOV nr. 1614 af 26/12/2013, § 3) blev fastlagt, at professionshøjskolerne og erhvervsakademierne skulle være evidensbaserede og i et ikke nærmere specificeret omfang skal bedrive eller deltage i forskning.

»§ 3. Erhvervsakademierne har til opgave at udbyde og udvikle videregående uddannelse på det tekniske og merkantile fagområde og at varetage praksisnære og anvendelsesorienterede forsknings- og udviklingsaktiviteter og herigen- nem aktivt medvirke til, at ny viden tilvejebringes og bringes i anvendelse i såvel den private som den offentlige sektor.«

Beskrivelsen rummer flere interessante og afgørende aspekter i forhold til at identificere et fagligt fokus for den professionsfaglige forskning. Centralt er, at udgangspunktet for forskningen skal findes i et samspil mellem uddannelsernes videngrundlag (grund-, efter- og videreuddannelser) og udviklingen i erhverv/praksis. Det betyder, at grundlaget og behovet for FoU-aktiviteterne skal kunne findes i viden- grundlaget for uddannelserne samt være med til at understøtte og/eller drive en udvikling i erhvervene. De forskningsfaglige temaer skal med andre ord vælges ud fra deres relevans og forventede bidrag i forhold til udvikling af uddannelserne og erhvervet.

Teknologiuddannelserne har før denne lov ikke haft egen forskning, men udelukkende haft undervisning

som primært fokus. Der var derfor ikke en forskningstradition eller et forskningsmiljø at bygge på, endsi- ge erfaring med, hvordan et sådant miljø skal opbygges eller fungerer. Uddannelserne havde før loven primært baseret sig på faglitteratur og forskning gennemført i de traditionelle universitetsmiljøer. Uddannelserne var således nødt til at gøre sig overvejelser omkring, hvordan et miljø og en egen traditi- on skulle etableres. Det blev valgt at tilgå opgaven for alle tekniske uddannelser under et af hensyn til at skabe kritisk masse omkring projekter og udviklingen af forskningskompetencer.

De identificerede problemstillin- ger kunne summeres op til:

- Hvordan kan 16 uddannelser involveres i forsknings- og udvik- lingsarbejde med en begrænset økonomisk ramme?
- Hvad er forskning for teknologiuddannelserne?
- Hvordan opbygges et forskningsmiljø?
- Hvad er de tekniske erhvervsaka- demi- og professionsbachelorud- dannelsers indplacering i forsk- ningshierarkiet, herunder differentiering til de etablerede universitære forskningsmiljøer?

FORORD 1

Foto: UCN



Det blev valgt at gå ind i arbejdet med udvikling af et eller evt. flere miljøer som et samlet område, der skulle søge at dække flest mulige uddannelser. Der blev etableret en tværgående ledelse for områdets afdelinger, der havde til opgave at opbygge miljøet i samarbejde med relevante forskningsprogrammer organiseret under FoU-afdelingen. Det blev tillige besluttet, at der parallelt med opbygningen af kompetencer inden for forskning og etablering af en egentlig forskningskapacitet skulle være en løbende monitorering og diskussion af forskningsmiljøets identitet og indplacering i forskningshierarkiet.

Der udarbejdes i områdets afdelinger analyser af de respektive uddannelsers videngrundlag, og der opstilles i denne forbindelse ønsker til, hvilken ny viden der skal udvikles for at opretholde relevans

og sikre nyeste viden på de enkelte uddannelser. Dette arbejde blev benyttet som udgangspunkt for at formulere et "forskningsfokus" eller det, der kunne anses for en tidlig udgave af en egentlig forskningsplan. Ud fra analyserne blev der udkrystalliseret nogle generelle tendenser og problemstillinger, der var fælles for hovedparten af de tekniske uddannelser. Hovedkonklusionen blev, at alle teknologidrevne virksomheder var udsat for en omfattende digitalisering af såvel deres produkter, deres processer som deres forretningsmodeller. Dette er inden for industrien blevet synonymt med betegnelsen "Industry 4.0", her anvendt i en bred forstand, så det omhandlede såvel processer som produkter. I denne forbindelse blev det tydeligt, at der er forskelle mellem byggeri og industri i tilgangen til videnudvikling,

og videnskabeligt ståsted, af en karakter, der ville have en bærende indflydelse på den forskningsfaglige tilgang. Dette ledte til, at arbejdet blev organiseret i to "kernegrupper" med et fælles fagligt forskningsfokus, en for byggeri og en for industri, men fortsat inden for den overordnede trend med digitalisering af produkter og processer.

I forhold til igangsætningen af konkrete projekter inden for det givne forskningsfokus har der i forløbet været en opmærksomhed omkring den måde, akademi- og professionsuddannelser inden for det tekniske domæne er sammensat på. Et kendetegn for uddannelserne er, at de i deres formulering er tværfaglige og ofte rummer flere universitære monofaglige fagdomæner, f.eks. kommunikation, økonomi og ingeniørvidenskab inden for samme studieordning.

FORORD

Det gør det nødvendigt at iagttage, at forskningen skal kunne rumme konteksten og den kompleksitet, der findes i praksis, for at være anvendelsesorienteret, idet virkeligheden ikke er monofaglig og isoleret. De overordnede forskningsspørgsmål inden for denne form for forskning bør derfor være kontekstuelle og tværfaglige for at afspejle virkeligheden, og for at resultaterne umiddelbart kan anvendes og skabe værdi i praksis. I praksis nedbrydes forskningsspørgsmålet i en række delopgaver for at kunne håndtere kompleksiteten. Udover at gøre det muligt at håndtere kompleksiteten af forskningsemnet åbner en nedbrydning af forskningsspørgsmålene op for en række andre fordele, f.eks. i forhold til finansieringen og integrationen mellem forskningsaktivitet og udviklingsaktiviteterne i FoU-projekterne.

Som det fremgår af artiklerne i dette nummer af UCN Perspektiv, har forskningsfokus ikke haft karakter af en faglig afgrænsning,

der har ensrettet forskningen i forhold til applikation eller teknologier. Afgrænsningen har sat et tema, der rækker ind i samfundsudviklingen, der samtidig spejles ned i uddannelsernes respektive videngrundlag. Dermed kan projekterne hver især udfolde sig konkret i forhold til behov, der identificeres i uddannelsernes videngrundlag, samtidig med at de adresserer konkrete udfordringer i aftagersegmentet. På denne måde udspændes "et plan" omkring digitaliseringen, hvor hvert projekt bidrager som en brik i et komplekst puslespil, der over tid tegner et billede af den udvikling, der sker i teknologidrevne virksomheder, samtidig med at der bringes efterspurgt og relevant viden ind i uddannelserne. Et konkret resultat af denne fremgangsmåde er, at det i 2020 har været muligt at beskrive en institutionel forskningsmæssig styrkeposition på UCN. Her bidrager den læring, der er skabt gennem ovenstående forskningsfokus, ikke kun til at skærpe og afgrænse

problemområdet og herigennem danne grundlaget for formulering af den konkrete styrkeposition inden for Industri 4.0, men i lige så høj grad bidrager denne erfaring til en tilsvarende formulering af en måske kommende styrkeposition inden for det byggetekniske område.

Ovenstående beskrivelse af udviklingen af en modus for forskning i UCN-teknologiuddannelserne står ikke alene i tilegnelsen af forskningsforståelse og opbygningen af forskningskapacitet. Parallelt med udviklingen af viden og kapacitet igennem det nære domæne, repræsenteret gennem Bæredygtig Vækst, har det også været centralt for udviklingen af en forskningsfaglig praksis at bidrage ind i og lære af andre domæner, herunder det pædagogiske område gennem programmet Professionsudvikling og Uddannelsesforskning og ikke mindst i programmet Teknologier i borgernær sundhed, hvilket også vil fremgå af de artikler, der bringes i denne udgave af UCN Perspektiv.

Foto: UCN



FORORD 2

INTRODUKTION TIL ARTIKLERNE

I det følgende er der en kort introduktion til centrale temaer og omdrejningspunkter for de 11 artikler, som du kan se frem til at læse i denne udgivelse af UCN Perspektiv. Artiklerne er alle produkter og konkrete resultater af den opbygning af forskning og udvikling på UCN's teknologiuddannelser, som er beskrevet af uddannelsesleder Jens Christian Kløve Hansen i indledningen.

Den første artikel **Optimering af produktion** sætter spot på, hvordan der skabes værdi i produktionen gennem dataanalyse, og hvordan SMV'er på effektiv, struktureret vis kan opsamle og analysere data for optimering af fremtidig produktion. **Skridttæller til kørestolsbrugere** fremstiller processen for udvikling af en aktivitetsmåler, der skal øge motivation for fysisk aktivitet og forebygge livsstilssygdomme for kørestolsbrugere – herunder hvordan en prototype udstyret med vejeceller, inertimåleenheder og mikrokontrollere er udviklet. I **Digitale medier iagttaget** problematiseres det, at digitale medier fremstår som medier for kommunikation. Gennem eksempler på digitale medier, der anvender kunstig intelligens og maskinlæring,

tydeliggøres det, at digitale medier ikke udelukkende er medier for kommunikation, men i mange sammenhænge er en form for kommunikationspartner. **Internet of Things i Sundhedsbrug** fremstiller forhold omkring informationssikkerhed i enheder anvendt inden for sundhedssystemet som mangelfulde. Via en undersøgelse af datatrafikken i et sundheds-IoT-system til lokationssporing af borgere med demens kan det påvises, at der er udfordringer med sikkerheden ift. kodeord og kommunikationsprotokoller, og der er derfor udarbejdet anbefalinger til håndtering af sikkerhed i kommuner og på plejehjem. I artiklen **XR-granskning af installationer** afdækkes eksisterende litteratur, der viser, at XR har potentiale til at forbedre granskings-, kontrol- og produktionsprocesser. Desuden viser afdækningen, at XR i høj grad mangler at blive afprøvet i praksis på aktuelle byggeprojekter. **I4.0 på Datamatikeruddannelsen** fokuserer på behovet for, at datamatikeruddannelsens dimittender forberedes til at understøtte aftagervirksomhederne inden for i4.0. Der bliver derfor eksperimenteret med at indføre brug af i4.0-teknologier i

programmeringsundervisningen, og det konkluderes, at man på uddannelsen bør diskutere, hvordan brug af I4.0-teknologier inddrages bredere i undervisningen. Artiklen **Forankring af viden via praktik** fremstiller en undersøgelse af, på hvilke måder studerende via praktikophold kan være med til at udbrede forskningsbaseret viden til SMV'er. Undersøgelsen viser, at studerende og praktikvirksomheder deler læring og nye tekniske indsigter. **Fremstillingen af samarbejde i byggeriet** sætter fokus på, at samarbejde og bedre styring af processer anses som løsning på lav produktivitetstigning i byggebranchen, men at forskning antyder, at stram styring hindrer ændringer af processerne. Det konkluderes i artiklen, at den nuværende juridiske forståelse af samarbejde på byggepladsen kan medvirke til at undgå produktivitetstab, men at det er usikkert, om denne forståelse medfører produktivitetstigning. **Skal vi lære i byggeprojekterne, skal vi starte med tillid!** I artiklen belyses udvikling af nye arbejdsprocesser i byggeprocesserne, der foregår i fællesskab via samskabelse mellem aktørerne. Der sættes særsomt fokus på betydning af tillid og på, hvilke

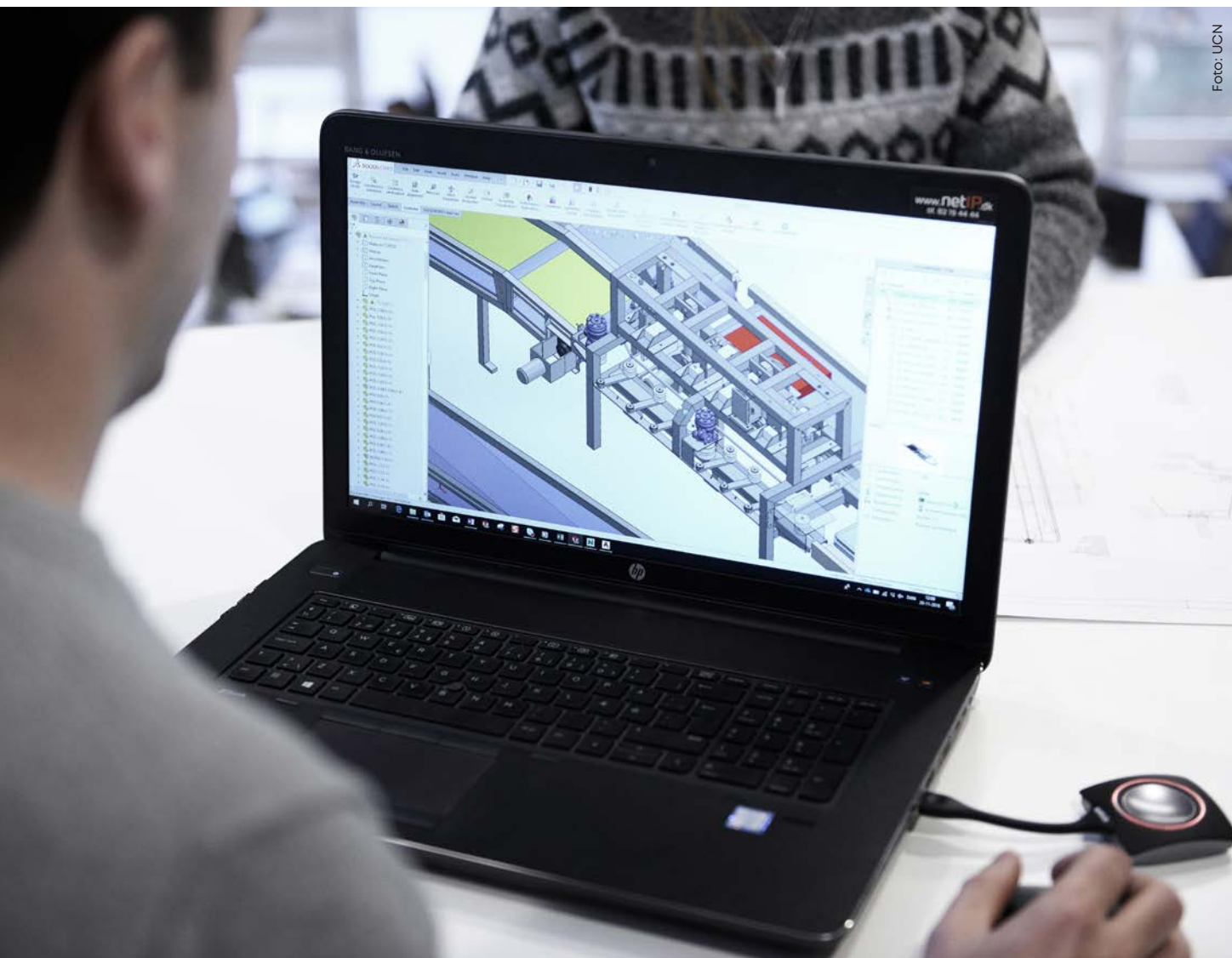


Foto: UCN

perspektiver i relation til tillid der kan bidrage til facilitering af samskabelsesprocesser i samarbejdet. I **Holdninger til træbyggeri** er afsættet, at træbaserede byggematerialer ofte har lavere CO₂-udledning end traditionelle materialer i byggeriet. Artiklen fremstiller på baggrund heraf en undersøgelse af holdninger til træbyggeri ud fra tre forskellige nordjyske aktørers perspektiver. Holdningerne viser, at en funktionel tilgang til materialevalg er den foretrukne, og at udvikling mod bæredygtigt byggeri ofte drives af lovgivning og kun i nogen grad af egne idealer. Udgivelsens sidste artikel **Teknologisk understøttede beslutninger** beskriver den risiko, der er for, at teknologi

ikke anvendes korrekt, eller at mange undlader at anvende teknologi. Tro, rationalitet og eksplicitet bliver trukket frem som betydende for måden, hvorpå teknologi bliver valgt eller fravalgt. Modellen Recognition Primed Decision Making bliver anbefalet til at initiere refleksioner over de forhold, der sætter præmisserne for kvalificeret anvendelse af teknologi.

Dette var en kort indføring i artiklerne, og tilbage står nu kun at ønske jer alle en rigtig god læselyst.

Glæd jer – der er meget at hente.
Jette Bangshaab, redaktionen

OPTIMERING AF PRODUKTION

Mere værdi i produktionen gennem dataanalyse:
Et Industri 4.0-samarbejde for at skabe mere værdi
og forudse driftsstop

Baggrunden for denne artikel er arbejdet med produktionsvirksomheder, og hvordan en lille eller mellemstor virksomhed kan opsamle data fra egen produktion og analysere dette data med det formål at optimere den fremtidige produktion. Dette har et stort potentiale for små og mellemstore virksomheder i Danmark.

Denne artikel beskriver et projekt, hvor der i samarbejde med en lokal produktionsvirksomhed er opsamlet data på en effektiv og struktureret måde samt benyttet maskinlæring til at analysere data for at forudsige driftsstop. Uventede driftsstop kan være omkostningstunge og forsinke den planlagte produktion.

Metoden til at arbejde med dette benytter aktionsforskning og elementer fra Design Thinking. Der udvikles løsninger i fællesskab, som prøves af i praksis, og der læres af disse løsninger. Den udviklede softwareplatform er i konstant forandring, krav og ønsker fra virksomheden generaliseres og benyttes som en generel løsningsmodel for andre SMV'er i fremstillingssektoren.

I samarbejde med en lokal SMV er der udviklet en prototype på et system med en fleksibel, robust arkitektur. Systemet kan lagre store datamængder (big data) og fremvise analyseresultater near real-time.

Endvidere beskrives en arbejdsproces, som er tilpasset SMV'ens kompetenceniveau og organisation. Processen skal støtte SMV'er, som vil i gang med at udnytte deres produktionsdata.

FORFATTERE

Brian Hvarregaard, adjunkt,
IT-uddannelserne, UCN

Finn E. Nordbjørg, lektor,
IT-uddannelserne, UCN

Nadeem Iftikhar, lektor,
IT-uddannelserne, UCN

INTRODUKTION

Små og mellemstore produktionsvirksomheder står foran store udfordringer i forhold til at optimere deres produktion ud fra de data, som skabes under produktionen. Mindre end 30 % af danske SMV'er analyserer disse data, og under 10 % anvender kunstig intelligens/maskinlæring til denne analyse (Hofman-Bang, direktør Industriens

Fond, 2019). Disse data har stort potentiale, da de kan bruges til at optimere fremtidig produktion, herunder til at undgå dyre driftsstop af produktionsmaskiner (Hofman-Bang, direktør Industriens Fond, n.d.).

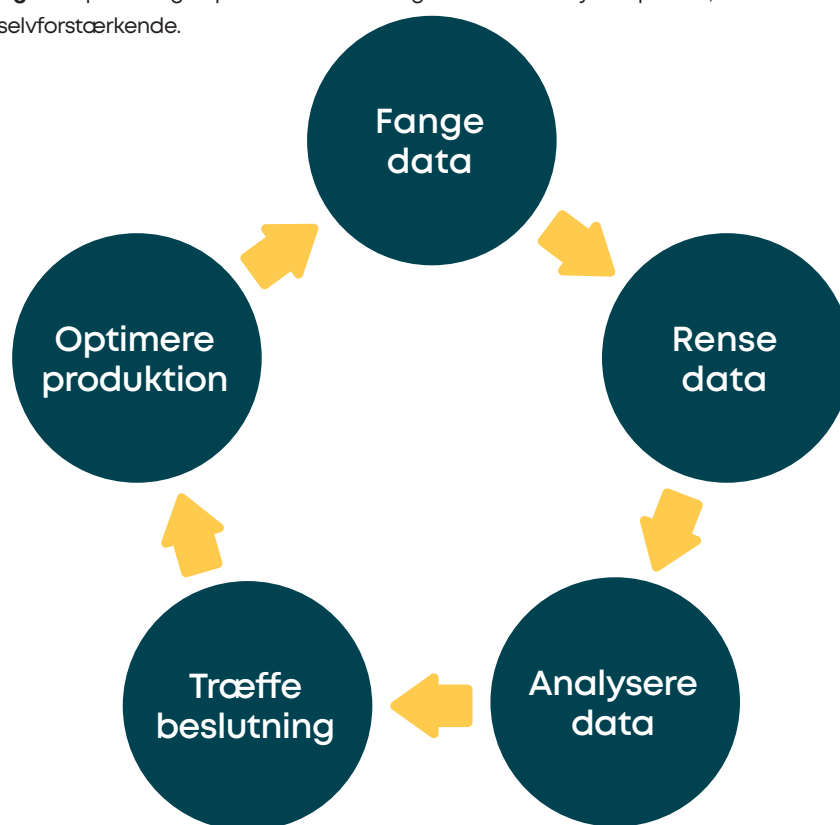
Grunden til dette manglende fokus er ofte, at man mangler en teknisk platform, som kan opsamle, behandle og præsentere data. De

fleste SMV'er har ikke ressourcer og teknisk indsigt til at starte sådan et projekt på egen hånd (Hofman-Bang, direktør Industriens Fond, 2019).

I en årrække har UCN Teknologi & Business samarbejdet med nordjyske produktionsvirksomheder om opsamling og analyse af produktionsdata, dvs. data genereret direkte i produktionsprocessen af diverse sensorer (Iftikhar et al., 2019a og Iftikhar et al., 2020). Der er udviklet en prototype på software, som er i stand til at udføre deskriptiv og prædiktiv analyse af sensordata kombineret med ERP-data. Analyseresultaterne kan vises near real-time på et dashboard, hvilket er ret unikt. Der anvendes eksisterende open-source-platforme, big data-metoder/-teknologier og maskinlæring. Resultaterne omfatter dels ovennævnte prototype på software og dels erfaringerne fra arbejdet med virksomhedens transition mod øget udnyttelse af produktionsdata. Det igangværende arbejde omfatter generalisering af erfaringerne fra samarbejdet til en model for transitionsprocessen, som kan anvendes af andre SMV'er. En del af modellen vil være anvisninger på identifikation af virksomhedens datapotentiale og dens digitale udviklingstrin. SMV'er i fremstillingssektoren befinder sig på forskellige teknologiske/digitale modenhedsniveauer, så en del af projektet vil være at tilpasse modellen til forskellige modenhedsniveauer. Den udviklede software skal generaliseres fra en konkret løsning til et software-framework, som kan implementeres af andre SMV'er. I denne forbindelse skal et software-framework forstås som en samling programkomponenter, som forholdsvis simpelt kan konfigureres, tilpasses og sammensættes til open source-løsninger for forskellige konkrete virksomheder.

Dette projekt er et aktivt forskningsprojekt, som søger at udvikle en generel softwareplatform, som

Figur 1: Optimering af produktion ud fra egne data er en cyklisk proces, som er selvforstærkende.



tilgodeser små og mellemstore produktionsvirksomheder til at forbedre deres konkurrenceevne i markedet gennem en optimering af deres produktion. Denne optimering skabes gennem opsamling og behandling af data, således at disse data giver mening for den operationelle produktion og planlægning. Der arbejdes med løbende at opsamle data fra produktionen, at rense og analysere disse data samt at træffe beslutninger ud fra dataene for at forbedre selvsamme produktion.

Denne proces med at forbedre produktionen ved at analysere egne produktionsdata er iterativ og selvforstærkende, på den måde at mere effektiv produktion giver bedre data, som igen analyseres og bruges til at forbedre produktionen. Denne proces gentages og optimeres.

Gennem projektet er der observeret flere problemstillinger, herunder blandt andet omkring det

organisatoriske og den transitionsproces, som SMV'er gennemgår for at modnes til at udnytte data til optimering af produktionen.

OPSAMLING AF DATA TIL FORBEDRING AF PRODUKTIONEN

Problemerne, som virksomhederne oplever, er todelt i form af et teknisk problem omkring opsamling og klargøring af data samt et organisatorisk problem. Det organisatoriske problem er observeret gennem forskningsprojektet og samarbejdet med lokale virksomheder. Problemet diskuteres nærmere i afsnittet om "Virksomhedsejerens vej til at udnytte egne data".

Hovedformålet med dataopsamlingen og den efterfølgende behandling af data er at kunne beskrive løbende, hvordan produktionen går sammenlignet med historiske data, samt at forudse driftsstop hos en produktionsvirksomhed for herigennem at optimere driften og produktionen.

Følgeligt består dette projekt af to delproblemer:

1. Hvordan opbygges den tekniske platform til at kunne opsamle store datamængder, rense disse data, analysere dem og gøre denne data tilgængelig for det operationelle personale inden for rimelig tid (near real-time), således der kan handles på dataanalysen?
2. Hvordan skaber man resultater for en organisation, som i forvejen ikke udnytter egne data til optimering af produktionen, og således hjælper denne organisation til at flytte sig fra passiv rapportering og information til optimering af produktionen gennem prædiktiv analyse (predictive analytics), jf. Gartner (Hofman-Bang, direktør Industriens Fond, 2019, p. 21)?

Det er ikke alle virksomheder, som har adgang til professionelt overvågnings- og automatiseringsudstyr og software. Store virksomheder har dette integreret, men for en gennemsnitlig dansk SMV er dette ikke økonomisk tilgængeligt. Det søger vi at ændre, således at SMV'er får mulighed for at kunne berige deres produktion med viden fra selvsamme og dermed kunne træffe flere og bedre beslutninger. Den udviklede softwareplatform forventes at kunne stilles frit til rådighed for interesserede SMV'er.

Når en produktionslinje stopper, kan det ofte tage væsentligt længere tid at standse produktionen helt, udbedre fejlen og få produktionen op at køre igen, end det vil tage at forebygge fejlen ved et mindre, kontrolleret stop. Der er således en sammenhæng mellem, hvor tidligt en fejl findes og udbedres, og den påvirkning, det har på omkostningen ved et utilsigtet produktionsstop.

METODE

Forskningsprojektet er primært baseret på et samarbejde med en lokal produktionsvirksomhed, hvor der gennem længere tid er udviklet prototyper af softwaresystemet til

optimering af produktionen for at kunne tilgodese og håndtere de store, varierende datamængder, som produktionssystemet skaber. Samtidig med at der læres fra problemområdet og følgende rettes til i forhold til de benyttede teorier og praksis omkring implementeringen. Dette er gjort gennem aktionsforskning (Design Science Research (DSR)), hvor der veksles mellem viden og teorier omkring problemområdet og den faktiske praksis, hvor dette resulterer i en softwareprototype, som afprøves, og der justeres efterfølgende i såvel praksis og den viden, dette genererer, således teorien og praksis følges ad og supplerer hinanden (Nordbjerg, 2021) og (Peppers et al., 2007).

For at adressere det første problemområde, som er beskrevet tidligere omkring de tekniske udfordringer, er det hensigten at udvikle og forbedre den tekniske softwareplatform, således denne softwareplatform er i stand til at opsamle, rense, analysere og præsentere data til virksomheden. Dette gøres gennem deskriptive algoritmer til at forudsige anomalier i produktionen (descriptive analysis anomaly detection) samt forudsigende algoritmer (predictive algorithms). Disse algoritmer er i konstant udvikling med formålet at blive bedre til at løse de problemer, som virksomhederne står overfor, jvf. DSR.

For at løse det andet problemområde omkring modning af virksomhederne, som ikke benytter egne data, udvikles der i samarbejde med den lokale virksomhed en softwareplatform gennem flere iterationer med det formål at få dybere forståelse af problemområdet og gennem denne forståelse forbedre softwareplatformen og modtage feedback fra den lokale virksomhed, omkring hvorvidt den nuværende iteration løser foreningsmængden af problemerne samt i hvor høj grad.

Måden, dette gøres på, er ved at mødes med produktionschefen hos en lokal virksomhed omkring dennes oplevelser og behov for herefter at

beskrive det specifikke behov hos virksomheden. Dette behov generaliseres så til funktionalitet i den generelle platform for herefter at blive verificeret hos den specifikke virksomhed. Der søges således at lave en løsning på foreningsmængden af problemer, som observeres hos SMV'er og ikke kun på fællesmængden af problemerne. I alle møderne med virksomheder er alle regler for dataindsamling og opbevaring overholdt.

Det er denne vekselvirkning af afdækning af krav hos virksomheden, der generaliseres for så at blive verificeret (som generel funktionalitet) hos den specifikke virksomhed, der verificerer, at den enkelte funktionalitet kan generaliseres til andre virksomheder også.

For at kunne implementere dette i den praktiske softwareplatform benyttes der kendte integrationsmønstre (Hohpe, 2003), dette således der sikres en fleksibilitet for at kunne tilvælge eller fravælge bestemt funktionalitet hos den specifikke virksomhed, i takt med at der læres mere og mere. Dette sikrer en omstillingsparathed i softwareplatformen, som understøtter den omstillingsparathed, som også findes i den teoretiske del af dette arbejde (DSR).

VIKRSOMHEDSEJERENS VEJ TIL AT UDNYTTE EGNE DATA

Noget af det, som er særligt interessant at kigge på ved SMV'er, er den viden og erfaring, der er til brugen af data i produktionen. Noget af det, som gør sig gældende ved mange små og mellemstore virksomheder, som gerne vil videre med at optimere deres produktion, er, at mange af disse virksomheder ved, at en af vejene til at forbedre deres produktion er gennem analyse af deres egne produktionsdata.

Der er lang vej fra at have en viden om mulighederne for brug af egne data til at forbedre produktionen til faktisk at nå til et sted, hvor man som virksomhed har kompetencerne og

den tekniske indsigt (handlemuligheder) til at påbegynde arbejdet med optimering af produktionen ud fra egne data.

Den typiske ejer af en SMV-produktionsvirksomhed har mange gange en teknisk uddannelse som fx smed eller lignende og er så med tiden blevet mere ansvarlig for produktion og drift. Dette betyder også, at man som leder måske mangler den indsigt i, hvad dataanalyse og maskinlæring oven på egne produktionsdata kan betyde for virksomheden.

Mange gange rækker ledelsen af virksomheden ud til deres erhvervsnetværk, men her kommer man også til kort. Det er svært at gå fra at vide, hvilken retning man skal bevæge sig i, til rent faktisk at tage første skridt.

Når ledelsen for virksomheden når til en erkendelse af, at der skal data i spil for at kunne få værdi ud af det, så handler det om et tidsproblem – det vil sige at jo længere tid man opsamler data, jo mere nøjagtigt kan man forudsige eventuelle driftsstop i fremtiden. Problemet er således, at man mangler data fra tidligere, og at det først er fra starten af opsamlingen, at man kan begynde at forbedre virksomhedens evne til at forudsige driftsstop.

Ledelsen af disse SMV'er står til regnskab for beslutningen om at bruge resurser på at analysere data. Det er vigtigt for projektets succes, at ledelsen forpligter sig til projektet og giver fuld støtte til, at det kan gennemføres. Det er vigtigt for projektet, at der skabes hurtige, synlige og værdiskabende resultater, for at bevare ledelsens opbakning (Iftikhar and Nordbjerg, 2021).

Det vil sige at der mange gange er langt fra at begynde at opsamle produktionsdata, til man faktisk ser en forbedring. Dette skyldes, at jo mere og bedre data der er til rådighed, jo mere præcist kan analysen og brugen af data forbedre fremtidig produktion. Tid er en væsentlig faktor i denne type af softwaresystemer, da der opsamles og akkumuleres mere (og med tiden bedre) data til brug for

de underliggende dataanalyser. Dette betyder, at værdien af egne data forstærkes over tid, og på baggrund af en optimeret produktion bliver data også bedre, hvilket igen forstærker fremtidig produktion.

Dette giver anledning til at stille nogle spændende spørgsmål omkring, hvorledes man kan kvalificere og bruge den data, man opsamler. Herunder nogle af disse spørgsmål:

- Hvor hurtigt kan man komme i gang med at give feedback til brugeren?
- Kan man bruge data opsamlet hos en anden virksomhed til at forudsige driftsstop i denne specifikke virksomhed?

Opsamlingen af data giver et billede af produktionens effektivitet. Dette billede er dog kun så nuanceret som kvaliteten (og mængden) af den data, som opsamles.

Denne betragtning kan godt lede til den konklusion, at så længe man har data, så kan man skabe værdi. Udfordringen er, om det data, man opsamler, har en forbindelse til de effektiviseringsmål, man har som virksomhed. Der er på flere møder med den lokale virksomhed diskuteret et generelt spørgsmål, som virker som en form for anti-regel, det vil sige at dette er et faresignal for både den lokale virksomhed og for forskergruppen om at holde fokus på at skabe værdi og så opsamle relevante data og ikke blot opsamle data uden nogen kobling til den værdi, man vil skabe gennem produktionsoptimeringen. Dette spørgsmål lyder således: *"Nu har jeg opsamlet data, hvad kan vi så få af værdi?"*

Både forskergruppen og den lokale virksomhed er enige om, at dette spørgsmål vender på hovedet, i forhold til hvordan man bør betragte det at skabe værdi ud fra data. Denne betragtning antyder nemlig, at alt data er lige. Dette er ikke tilfældet, for data i sig selv har minimal værdi, det er mere et spørgsmål om at få data beriget

med kontekst og viden omkring forretningsværdien og sammenhængen til de mål for produktionsoptimering, man ønsker.

Denne tilgang til at få værdi til beslutningsstøtte uanset dataenes beskaffenhed er at vende beslutningsstøtten på hovedet.

Hele tanken omkring, hvordan man kan forbedre sin virksomhed og derefter produktionen, bør bunde i et forretningsmæssigt synspunkt, og således bør spørgsmålet hellere være: *"Jeg har brug for at træffe en bestemt type forretningsmæssige beslutninger, hvilket data skal der opsamles fra vores produktion, og hvilke analyser af disse data kan understøtte beslutningsprocessen?"*

I dette tilfælde opsamler man relevant data for beslutningerne og ikke blot data for datas skyld.

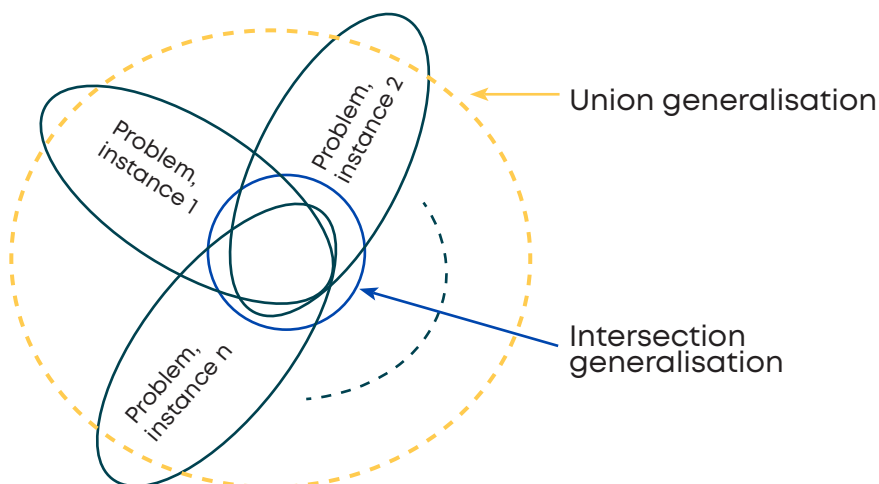
Denne holdning til data er ikke ny og kommer ej heller bag på forskningsgruppen. Dette er en meget normal tilgang hos SMV'er, som er på et vist modningsniveau i forhold til dataanalyse. Disse modningsniveauer understøttes af Industriens Fond (Hofman-Bang, direktør Industriens Fond, 2019).

Det er ikke, fordi den enkelte SMV ikke har behov for svar og beslutningsstøtte. Disse virksomheder har spørgsmål, som alle andre produktionsvirksomheder har. Disse spørgsmål omhandler mange gange de samme styrings- og beslutningsstøtteredskaber. Det er velkendt fra arbejdet med Business Intelligens (Howson, 2014), at problemet for disse virksomheder er, at de ofte ikke har en platform, hvor de kan stille disse spørgsmål. Dette projekt søger at skabe denne platform, således man som virksomhed har en entydig kilde til beslutningsstøtte omkring optimering af produktionen.

ANALYSE

Der er ikke to virksomheder, som er ens. Selv om man vil kunne finde mange fællestræk mellem en stor

Figur 2: Generalisering af virksomhedsspecifikke krav til fælles funktionalitet.
(Udarbejdet af Finn Nordbjerg.)



del af produktionsvirksomhederne, er det langt fra muligt at lave noget, som er specifikt for en enkelt virksomhed, og som også passer til andre virksomheder.

Måden, vi tilgår dette på, er ved at starte med at generalisere, det vil sige at vi tager udgangspunkt i den enkelte virksomhed, som er en del af dette projekt, og ser på, hvad de har af problemer, hvordan deres produktion er sammensat, og hvordan der skabes data. Herefter skal dette generaliseres til en generel struktur/arkitektur for herefter at specialiseres ned til den enkelte virksomhed igen. Så har vi en model, som virker.

For at understøtte den tekniske del af problemet skal der bygges en robust softwarearkitektur til at håndtere virksomhedernes forskelligheder (antal maskiner, typer af maskiner osv.). Vores fremgangsmåden er at starte med en specifik virksomhed og dens behov og problemstillinger. Den udviklede løsning generaliseres til en generisk løsningsmodel, som valideres gennem en verificering hos den specifikke virksomhed. Denne fremgangsmåde er i tråd med den overordnede metode, som er beskrevet i DSR. Se ovenstående figur.

Betrager man et system ud fra dette udgangspunkt (generalisering), kan hvilket som helst system reduceres til en mængde sensorer med forskelligt input, og det er så konteksten og informationen omkring den enkelte sensor, som bliver afgørende for selve dataanalysen og den efterfølgende beslutningsstøtte.

Selve arkitekturen af et system, som skal tilgodese mange forskellige datakilder i mange forskellige formater, skal ligeledes gennemarbejdes og valideres. Dette betyder, at der skal kigges ind i at have mange generelle dele af arkitekturen, som genbruges på tværs af alle virksomheder, og få specifikke dele, som kun benyttes af den ene virksomhed.

Risikoen ved dette er, at lykkes dette ikke, er applikationen ikke rentabel i udvikling og vedligehold, da der vil være for mange tilpasninger i denne applikation, hvilket vil være direkte i strid med filosofien om at kunne etablere et generelt beslutningsstøttesystem hos SMV.

Løsningen til denne problemstilling er at anlægge et agnostisk syn på såvel produktionsprocessen som på data. For softwareudviklingen og analysen af data er det ikke relevant, hvilket produktionsapparat der er tale om. Det er ej heller

relevant, hvordan data opsamles, eller de tekniske detaljer i dette. Det vigtige er, at man har abstraheret sensor og data væk fra produktionsprocessen.

Dette vil gøre, at den generelle del af systemet kun skal kende til begrebet "sensor" og vide, at en sensor kan producere data over tid. Dette betyder, at vi får en meget generel sammenhæng og kobling i systemet og mulighed for sammenholdelse af data mellem forskellige maskiner (en maskine vil således med denne abstraktion kunne betragtes som en logisk gruppering af sensorer), og dermed vil vi kunne skabe en generel platform til analyse af data.

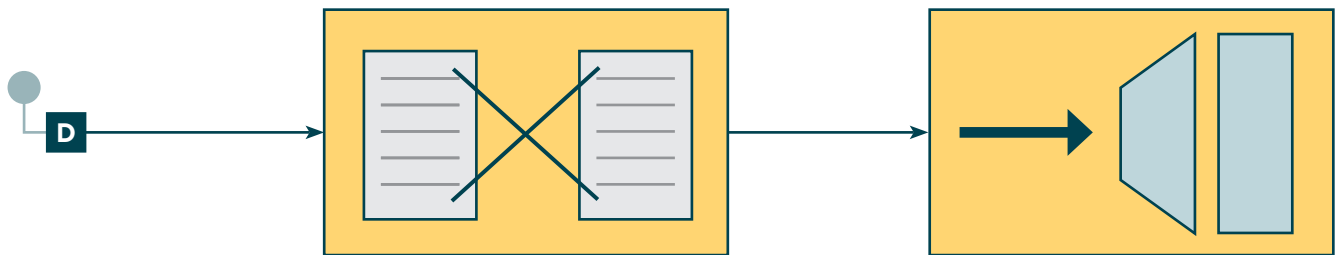
Ved denne generalisering er det vigtigt, at man beriger data med en logik for at skabe kontekst og sammenhæng. Logikken kan fx være navn, placering, led i produktionen eller et bestemt navn på sensoren, som giver mening for virksomheden. Data i sig selv siger ikke ret meget: Det er først, når man får domæneviden kombineret med disse data, at der skabes et fundament for at træffe beslutninger. Denne berigelse må nødvendigvis være en del af "konfigurationen" af den specifikke virksomhedsløsning, domæneviden omkring maskiner, sensorer, værdier og deres betydning, fx alarm og takt.

I et testmiljø er det relativt let at teste med automatisk genereret data, men noget andet er, når det kommer ud i produktion og skal testes i drift. Da virksomheder har mange forskellige typer af sensorer, kan den data, som sendes ind til systemet, være meget forskellig. Dette kan eksempelvis være følgende:

- Heltal
- Kommatal
- Binær sekvens
- Billede (fx termisk billede eller QR-kode)

Disse forskellige typer af data skal man kunne opsamle og benytte i systemet også. Dette stiller høje

Figur 3: Transformation af virksomhedsspecifikt data til generelt input.
(Udarbejdet af Brian Hvarregaard med udgangspunkt i Hohpe, 2003.)



krav til arkitekturen, da den skal kunne håndtere ethvert format.

Løsningen til dette problem er ikke at placere det som en del af den generelle arkitektur, men som en del, der eksisterer uden for arkitekturen – en oversætter. Opgaven for denne oversætter er at oversætte fra det lokale virksomhedsformat (eller sensorformat) til et fast defineret, ensartet format [se figur med sensor og værdien]. Sammenholdt med domæneviden i konfigurationen vil dette stadig kunne bruge den generelle arkitektur til at skabe værdi med.

AT BEARBEJDE STORE MÆNGDER DATA I REALTID

Den tredje del af problemstillingen, der adresseres, er den varians, der er i forskellige produktionsapparaters data, den hastighed, de skabes med, samt den mængde data, som skal analyseres.

En udfordring ved dette system er, at det vokser over tid. Der akkumuleres data over tid, da denne data er med til at forudsige fremtidige driftsstop. Disse historiske data indeholder blandt andet data omkring tidligere driftsstop, og dette betyder, at nye systemer kan trænes ud fra dette data, og med et trænet system vil man hurtigere og mere pålideligt kunne forudsige driftsstop. Man kan populært sige, at ”jo mere man træner, jo bedre bliver man”.

Udfordringen ved at analysere data af så stor varians, volumen og hastighed er tofold. Der skal sikres en umiddelbar deskriptiv analyse i

form af et dashboard eller en rapport, således at det kan vurderes, om den nuværende tilstand er tilfredsstillende. Samtidig skal der bruges avancerede algoritmer og maskinlæring til at lave den prædiktive og præskriptive analyse, således man vil kunne forudsige driftsstop og foreslå afværgeforanstaltninger. Principielt er det ikke vanskeligt. Det, som vanskeliggør det i dette tilfælde, er, at databasehåndlingen skal gøres med en sådan hastighed, at operatøren advares i tilstrækkelig god tid, inden fejl opstår.

For at dette skal kunne lade sig gøre, er der implementeret en såkaldt lambdaarkitektur, hvor de indkomne data splittes i to hovedspor – et til deskriptiv analyse og et til prædiktiv analyse. Det spor, som beregner den fremtidige risiko for driftsstop, er implementeret via et almindeligt messaging system (Hohpe, 2003), således dette kan skaleres, og de store mængder data kan behandles parallelt på flere servere, om man vil (evt. gennem en cloudløsning). Dette valg til arkitekturen vil naturligt skalere, således at enhver virksomhed, uanset antallet af produktionsmaskiner, kan benytte denne platform. Dette er en forbedring i forhold til mere klassiske arkitekturen, hvor skalering har været akilleshælen.

LAMBDAARKITEKTUREN

Formålet med at implementere en specifik arkitektur til at håndtere disse data med er at gå væk fra en

traditionel, sekventiel processing af data for herefter at give et resultat. De datamængder, der bearbejdes, er alt for store, og processeringen tager alt for lang tid. Ligeledes giver denne arkitektur en mulighed for at være bedre forberedt og mere agil i forhold til fremtidige ændringer til produktionen eller til de algoritmer, som ligger til grund for dette.

Der er to store typer af resultater, der er interessante. Som tidligere nævnt er dette en deskriptiv analyse, som bedst kan sammenlignes med et traditionelt data warehouse, hvor man bruger Business Intelligence eller en form for rapportering til at beskrive statistiske og historiske data (fx gennemsnitlig produktion over tid eller på produkter).

Den anden type resultater, der er interessante, er data, som er bearbejdet af maskinlæring for at skabe en forudsigelse af driftsstop. Det vil sige en prædiktiv analyse. Denne type af data skal lære af alt den eksisterende data og bruge sine maskinlæringsalgoritmer til at genkende mønstre for, hvornår noget er tæt på at gå galt.

Lambdaarkitekturen (Marz and Warren, 2015) er unik, fordi den tager højde for den individuelle procesring af de forskellige typer af data. Den vigtigste del af denne arkitektur er dens evne til at behandle data parallelt. For hvert datapunkt, som bliver modtaget fra en produktionsmaskine, kan dette datapunkt behandles af både den deskriptive analyse og den præskriptive analyse (og en hvilken som helst

anden type, skulle man ønske at udvide systemet) parallelt (evt. cloud-baseret databehandling).

Man kan sige, at denne arkitektur kopierer hvert datapunkt og fordele disse kopier af data ud til hver sin "swim lane", som fungerer uafhængigt af de andre "swim lanes". En "swim lane" er et isoleret spor i en applikation, som kan fungere uafhængigt af andre "swim lanes". Dette benyttes blandt andet til fejlisolering, således at skulle en "swim lane" bukke under for presset eller fejle på anden vis, så vil det ikke påvirke de andre "swim lanes", og disse "swim lanes" vil så fortsætte med at behandle data.

Det er essentielt for denne type af arkitektur, at hver "swim lane" isoleres, således eventuelle fejl i

databehandlingen ikke påvirker de andre "swim lanes".

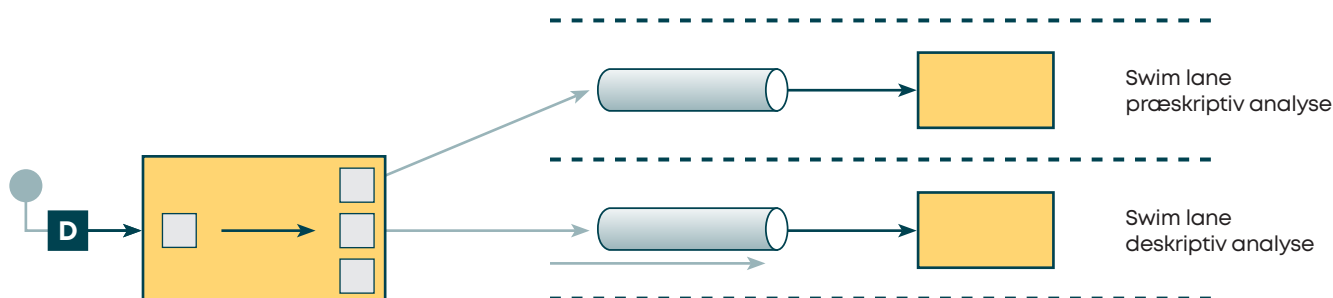
Denne fleksibilitet i arkitekturen er vigtig i dette tilfælde, hvor man kan udvide arkitekturen, i takt med at man lærer mere omkring behandlingen af data. Denne fleksibilitet gør det muligt at udvide arkitekturen enkelt ved blot at tilføje et antal nye "swim lanes" til behandling af data. Denne udvidelse er trivial på baggrund af denne arkitektur.

Noget andet, som er essentielt for denne type af arkitektur, er, at hver enkelt "swim lane" kan skalere uafhængigt af de andre "swim lanes". Datapunkterne bevæger sig hurtigst gennem den "swim lane", hvor data processeres mindst. Dette betyder, at i de tilfælde, hvor store algoritmer skal behandle data, vil

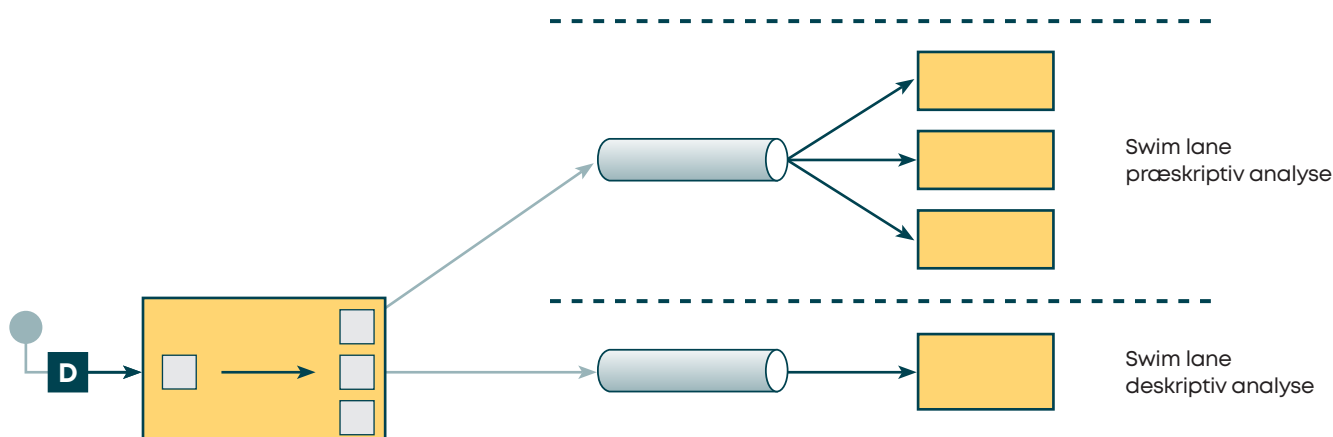
denne behandling tage længere tid. Data fra produktionsapparaterne kan ikke kontrolleres, og hastigheden kan variere såvel op som ned, samtidig med at antallet af produktionsapparater også kan variere. Lambdaarkitekturen skal kunne håndtere såvel en stigning i antallet af produktionsapparater (volumen) samt hastigheden som data leveres med (Velocity).

Denne håndtering af volumen af data og hastigheden af indkomne data gøres individuelt på hver "swim lane", og hver "swim lane" kan automatisk skalere sin behandling op og ned, i takt med at der kommer mere eller mindre data (man antager her, at der er variation over tid, fx mindre data i nogle perioder, fx weekender og ferier).

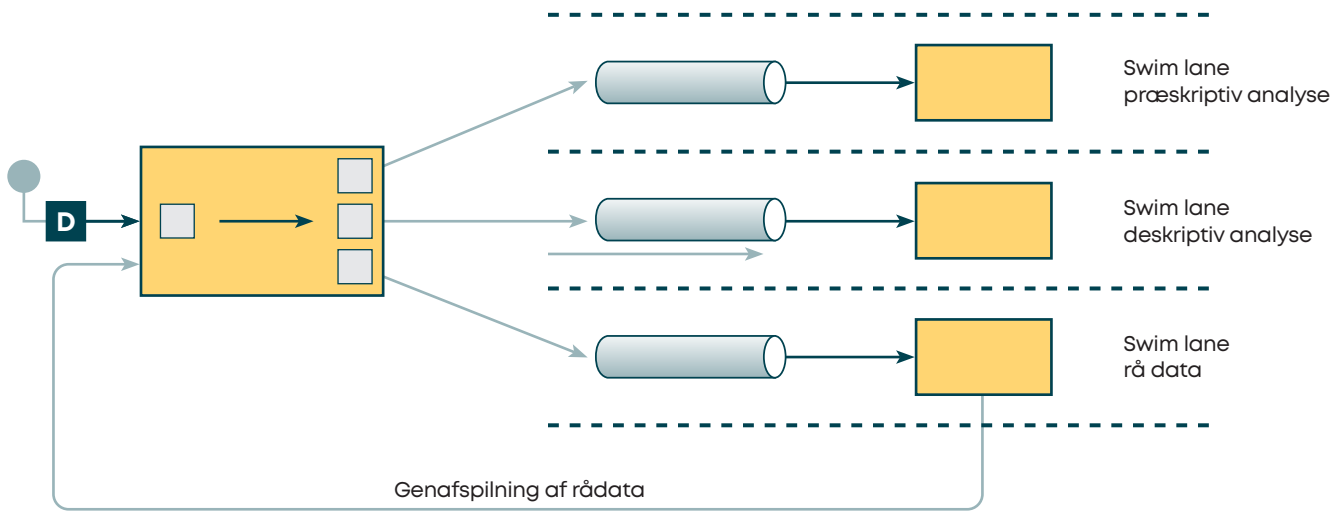
Figur 4: Swim lanes til præsriptiv og deskriptiv analyse. Kopi af datapunkter og isolation af transaktioner inden for Swim lanes. (Udarbejdet af Brian Hvarregaard med udgangspunkt i Hohpe, 2003.)



Figur 5: Uafhængig skalering af den ene swim lane uden at påvirke skaleringen af den anden swim lane. (Udarbejdet af Brian Hvarregaard med udgangspunkt i Hohpe, 2003.)



Figur 5: Uafhængig skalering af den ene swim lane uden at påvirke skaleringen af den anden swim lane.
(Udarbejdet af Brian Hvarregaard med udgangspunkt i Hohpe, 2003.)



Med denne fleksibilitet af arkitekturen, hvor det er muligt at tilføje nye "swim lanes" til databehandling, er netop denne arkitektur blevet udviklet med et selvforbedrende element. Denne udvidelse har til formål at sikre data og sikre fremtidig forbedring af såvel algoritmer som arkitektur. I denne specifikke arkitektur er der, for at sikre denne fremtidige fleksibilitet, tilføjet en ny "swim lane" til at gemme rå og ubehandlede data i en database.

Det er essentielt for denne type af systemer, at man behandler data for netop at få deskriptive og præskriptive analyser. Dette har dog den ulempe, at data nu er modificeret af algoritmerne, og det er ikke muligt at gå tilbage til originalformatet, og algoritmerne til de prædiktive og præskriptive analyser fungerer kun på rådata.

Netop den sidste "swim lane" er kendetegnet ved kun at gemme rådata med det eneste formål, at man, i tilfælde af at algoritmerne for de præskriptive analyser opdateres, vil kunne "genafspille" alle data, som er i databasen, i rå format for at træne algoritmerne igen med nyt data. Denne metode sikrer, at lambdaarkitekturen

forbliver relevant for produktionen, og at den kontinuerligt forbedres med nye og forbedrede algoritmer.

DISKUSSION

Der er gennem samarbejde med en lokal produktionsvirksomhed opbygget en robust lambdaarkitektur, som kan skalere og håndtere de store datamængder, således der er et grundlag for at kunne verificere dette hos andre virksomheder, som oplever en lignende problemstilling.

Der er indledningsvist implementeret en sektion af lambdaarkitekturen, som omhandler den deskriptive analyse og en visuel præsentation af denne analyse i form af et dashboard, som kan bruges til beslutningsstøtte. Dette giver maskinoperatøren på gulvet en mulighed for at se og agere på informationer, som beskriver den nuværende tilstand på maskinen (fx alarmer, takt og generel information).

Der er udviklet et simpelt betjeningspanel til en maskinoperatør, således denne kan orientere sig omkring evt. alarmer og standardinformation. Som maskinoperatør er det vigtigt, at der ikke vises irrelevante data, men i tilfælde af behovet

for at maskinoperatøren indblendes, så skal der vises relevant data, i det omfang det er nødvendigt.

Der er lavet flere algoritmer omkring forudsigelsen af driftsstop, og disse vil i høj grad forudsige driftsstop. Dette er for nuværende implementeret som en prototype i den anden sektion af lambdaarkitekturen. Algoritmerne er afprøvet på historiske data og kan ud fra disse forudsige driftsstop med mere end 80 %'s sikkerhed (Iftikhar et al., 2019b).

Ved et samarbejde som dette vil der være en indlejret konflikt mellem virksomheden, som ønsker værdiskabende og handlingsorienterede resultater, og projektgruppen, som indledningsvist i projektet har som fokus at skabe en robust arkitektur, som kan udbredes generelt.

I forbindelse med verificeringen af systemet er dette implementeret, så det er muligt at se data omkring alarmer i systemet samt den aktuelle takt pr. sensor near real-time. Indledningsvist er der fokuseret på alarmer og den umiddelbare gevinst i at kunne gengive en alarm. Dette skyldes, at alarmer i systemet er grundlaget for den maskinlæring,

som skal kunne forudsige fremtidige driftsstop (som udtrykkes som en alarm).

Dette projekt er den første implementering af såvel den tekniske platform som de rapporter og analyser, som en SMV skal bruge for at arbejde med dataanalyse. Der er i dette projekt kun opsamlet empiri fra en enkelt virksomhed, fremover vil der blive opsamlet empiri fra flere SMV'er med henblik på at skabe et endnu bedre fundament. Dette betyder, at der stadig er en usikkerhed omkring, at dette er generelle tendenser, og at såvel den tekniske platform som de organisatoriske udfordringer kan generaliseres på tværs af flere SMV'er.

Gennem hele forløbet er der opsamlet erfaringer omkring arbejdsprocessen og samarbejdet med virksomheden. De vigtigste konklusioner på dette samarbejde beskrives nedenfor.

KONKLUSION

Gennem dette projekt er der designet og implementeret en stærk softwarearkitektur (lambdaarkitekturen), som gør det muligt at opbygge en softwareplatform til at modtage store mængder af data og behandle disse for at kunne tilgodese den umiddelbare beslutningsstøtte i "near real-time". Der er udviklet og testet maskinlæringsalgoritmer, som med god sikkerhed (>80 %) kan forudsige driftsstop. Samtidig konkluderes der, at der stadig er udfordringer med at lave en enkelt løsning, som passer på tværs af alle virksomheder – dette skal konfigureres til hver enkelt virksomhed.

På den organisatoriske del er der overordnet to delkonklusioner, som gør sig gældende:

1. Det er vigtigt at finde en business-case fra virksomheden, som tilgodeser produktionen inden for en kort tidsperiode, for at kunne

bekræfte ledelsen i, at arbejdet med dataanalyse er værdiskabende. Det er projektgruppens erfaring, at dette ikke nødvendigvis er i tråd med den tekniske implementering. Her må den tekniske implementering vige for at sikre, at der er den nødvendige gevinstrealisering for virksomheden med hensyn til en fortsættelse af projektet.

2. En anden central del ved dette projekt er, at det er blevet synligt, at det er vigtigt at have en forankring af projektet hos ledelsen fra starten af. Denne organisatoriske forankring er central for at kunne få gennemført ændringer og være samskabende (fx skrive videnskabelige artikler) omkring projektet. Der er i dette projekt udgivet flere videnskabelige artikler med virksomhedens IT- og udviklingschef som medforfatter.

Litteraturliste

- Hofman-Bang Direktør Industriens Fond, T., 2019. *Netværks-og Informationsmøde*.
- Hohpe, G., 2003. *Enterprise integration patterns : designing, building and deploying messaging solutions*. Pearson Professional Education, Harlow.
- Howson, Cindi., 2014. *Successful business intelligence : unlock the value of BI & big data*.
- Iftikhar, N., Baatrup-Andersen, T., Nordbjerg, F.E., Bobolea, E., Radu, P.-B., 2019a. Data Analytics for Smart Manufacturing: A Case Study, in: *8th International Conference on Data Science, Technology and Applications (DATA 2019)*.
- Iftikhar, N., Baatrup-Andersen, T., Nordbjerg, F.E., Bobolea, E., Radu, P.B., 2019b. Data analytics for smart manufacturing: A case study. *DATA 2019 - Proceedings of the 8th International Conference on Data Science, Technology and Applications 392–399*. <https://doi.org/10.5220/0008116203920399>
- Iftikhar, N., Lachowicz, B.P., Madatasz, A., Nordbjerg, F.E., Baatrup-Andersen, T., Jeppesen, K., 2020. Real-time Visualization of Sensor Data in Smart Manufacturing using Lambda Architecture, in: *Data2020*.
- Iftikhar, N., Nordbjerg, F., 2021. *Implementing Machine Learning in Small and Medium-sized Manufacturing Enterprises* — UC Knowledge - University Colleges Knowledge database.
- Marz, N., Warren, J., 2015. *Big Data - Principles and best practices of scalable realtime data systems*. Manning.
- Nordbjerg, F., 2021. *Scientific Methods 2: Investigations in Software Development*.
- Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M., Chatterjee, S., 2007. A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems 24*, 45–77.

SKRIDTTÆLLER TIL KØRESTOLSBRUGER

Et *proof of concept* til en aktivitets-tracking-app til kørestolsbrugere, der udnytter kørestolen som en platform for sensorer.

Aktivitetsmålere har været populære i det sidste årti, men de er ikke tilpasset kørestolsbrugere og giver derfor ikke pålidelige data angående kørestolsbrugeres kalorieforbrug. En aktivitetsmåler skræddersyet til kørestolsbrugere vil øge motivationen til fysisk aktivitet og forebygge livsstilssygdomme.

Vores mål er at undersøge, hvordan sensorer placeret på kørestolen kan bruges i udviklingen af en teknisk platform, herunder en aktivitetsmåler til kørestolsbrugere.

Vi har udviklet en prototype, hvor drivhjulene på en kørestol til kørestolsbasket er udstyret med vejeceller, inertimåleenheder og mikrokontrollere. Mikrokontrollere indsamler data fra sensorer og overfører dem via Bluetooth til en mobilenhed, som bruger en app til at analysere og vise data om aktiviteter. Med denne opsætning er det muligt at tælle de relevante antal tag, som en kørestolsbruger foretager, og at få andre interessante måledata til videreudvikling af vores aktivitetsmåler.

FORFATTERE

Gianna Belle, ph.d. og lektor, IT-uddannelserne, UCN

Christina Koch Pedersen, adjunkt, eksport- og markedsføringsuddannelserne, UCN

Ole Bjerregaard Støy, studerende ved IT-uddannelserne, UCN

Henning Thomsen, ph.d. og adjunkt, IT-uddannelserne, UCN

Steffen Vutborg, lektor, IT-uddannelserne, UCN

BAGGRUND

Teknologi til at monitorere personligt aktivitetsniveau er allerede udbredt og viser potentiale for at øge fysisk aktivitet (Brickwood m.fl., 2019; Goldstein m.fl., 2019) samt

forbedring af folkesundheden.

Kørestolsbrugere er generelt mere inaktive end personer med fuld mobilitet, og som konsekvens deraf har de en større risiko for livsstils- og følgesygdomme, som f.eks. hjerte-kar-sygdomme og type 2-diabetes (Warms m.fl., 2008). De nuværende aktivitetstrackere, der findes på markedet, er udviklet med fokus på personer med fuld mobilitet. Kørestolsbrugere oplever derfor, at de ikke kan bruge disse løsninger. Data fra vores interview med tre kørestolsbrugere tilknyttet kørestolsbasket ved Idrætsforeningen for Handicappede (I.H.) i Aalborg viser, at et af de væsentligste problemer med nuværende løsninger, som f.eks. Endomondo, Strava,

Apple Watch, m.m. er, at de ikke giver pålidelige data. Som eksempel fremhævede de, at en aktivitetstracker kunne vise, der var brugt færre kalorier på at køre op ad bakke end ved nedkørsel. Det stemmer dermed ikke overens med det faktiske kalorieforbrug, som er højere ved kørsel op ad bakke end nedad. Manglen på pålidelige og valide data er demotiverende for de interviewede, da den oplevelse, de har på egen krop, og de faktiske forhold ikke stemmer overens med trackerens data. Samtidig kan de med de nuværende løsninger kun måle tilbagelagt afstand og tid, hvilket ikke gør det muligt at sammenligne to dages aktivitet, medmindre de er identiske. (Helle og

Gøeg, 2019) kommer i deres artikel *"Wheelchair users' experiences with and need of activity trackers"* frem til de samme konklusioner. Aktivitetstrackere har en positiv indvirkning på folks aktivitetsniveau, men de nuværende løsninger matcher ikke kørestolsbrugeres behov, da de ikke leverer pålidelige data.

Oftest er aktivitetstrackere udviklet, så deres sensorer er placeret på brugeren (wearables), hvor de kan spore og måle bevægelser eller fysiologisk data som f.eks. puls og kropstemperatur. Vores fokus på en aktivitetstracker er rettet mod kørestolsbrugere, og vi har derfor mulighed for at anvende kørestolen som platform. Vi vil gerne undersøge, om denne tilgang kan give mere præcise målinger sammenlignet med de nuværende løsninger, som ikke er rettet mod kørestolsbrugere. Hvis dette er muligt, kan en sådan aktivitetstracker være med til at motivere til mere aktivitet i hverdagen for kørestolsbrugere og mindske risikoen for livsstils- og følgesygdomme.

Der er i litteraturen flere undersøgelser og design af prototyper til aktivitetstracking af kørestolsbrugere. Der er en del fokus på, hvordan data fra forskellige sensorer kan anvendes til at klassificere aktiviteter (som f.eks. arbejde ved computer, kørsel i boligen, fysisk træning mv.), samt til at måle brugerens energiforbrug (Dan Ding m.fl., 2012; Ramirez Herrera m.fl., 2018). I disse artikler når de frem til, at måling af energiforbrug ikke er trivielt, pga. at sensorerne, som bruges til at måle energiforbrug, ikke er transportable. Ligeledes er de dyre.

I ACTIDOTE-projektet (Satizabal m.fl., 2017) undersøges der, hvor præcist fem forskellige aktiviteter kan klassificeres, samt hvordan og hvor præcist brugerens energiforbrug kan måles med diverse sensorer placeret på kørestolen og dens bruger. De undersøger fem

forskellige typer af sensorer (smartwatch, gyroskop, accelerometer, vejeceller og iltoptagsmålere). I projektet bruger de kun sensorer på kørestolens ene drivhjul for at måle kraftpåvirkningen.

I artiklen (Ramirez Herrera m.fl., 2018) laver forfatterne en opstilling med fire identiske sensorer, tre placeret på kørestolsbrugeren og én placeret på selve kørestolen. Alle sensorer indeholder et accelerometer, gyroskop, magnetometer og tryksensor. Ud fra sensorernes målinger designes en maskinlæringsalgoritme, som bruges til at klassificere blandt andet to typer af skub: semicirkel og bue. Deres målinger viser, at præcisionen for klassifikationen er højest, når der anvendes en sensor på armen og en på hjulet.

Vedrørende de sensorteknologiske aspekter findes der kommercielle drivhjul, som måler tredimensionelle kræfter og drejningsmomenter på drivringe, kombineret med den vinkel, under hvilken hjulet roterer. En af dem er SmartWheel fra Out-Front (Cooper, 2009), et kommercielt klinisk værktøj, der undersøger manuel kørestolsbrug ved at analysere hvert skub på drivringen (den ring, der er placeret på drivhjulene, som brugeren griber fat i for at drive kørestolen frem). Data fra SmartWheel sendes til en computer via wi-fi. Lignende produkt er Optipush (fra Max Mobility, nu Permobil)(Guo m.fl., 2011), men dette ser ikke ud til at have nået en kommerciel version.

Fokus for vores projekt er at undersøge, hvordan kørestolen kan anvendes som fysisk platform for sensorer og give pålidelige data til brugeren. Herunder er målet at undersøge, om vi kan udvikle en aktivitetstracker til kørestolsbrugere, som måler antal tag og impuls, samt en app, der præsenterer data for brugeren.

Til forskel fra (Satizabal m.fl., 2017) og fra (Ramirez Herrera m.fl., 2018) fokuserer vi på måling af

kraftpåvirkning på begge drivhjul, da vores tese er, at dette vil give bedre præcision til at klassificere et skub/tag. SmartWheel og Optipush er begge lukkede, færdige træningssystemer, hvor det ikke er muligt at få rå output til databehandling. Det er heller ikke muligt for os at udvide med yderligere sensorer, hvilket betyder, at disse ikke er egnede til vores platform.

I denne artikel vil vi gennemgå den del af vores projekt, som har fokus på udviklingen af aktivitetstrackerens tekniske platform, som forskere inden for fysio- og ergoterapi samt tekniske grene kan bruge som udgangspunkt i deres forskning, undervisning, projekter, etc. Vi bruger i første omgang målinger af kraftpåvirkninger i drivringene. De data, der indsamles, bliver behandlet og sendt til en mobil enhed, hvor de analyseres og synliggøres for brugeren. Disse målinger bruges til at klassificere skub/tag, som sendes til den mobile app.

Vi ønsker dermed at undersøge, om og hvordan vi kan anvende kørestolen som fysisk platform for sensorer, men adskiller os fra allerede beskrevne løsninger, idet vi vil montere sensorer på begge drivhjul. På baggrund af dette vil vi ligeledes undersøge, om vi kan udvikle en aktivitetstracker til kørestolsbrugere samt en tilhørende app, som kan fungere på diverse drivhjul.

Projektet er et samarbejde mellem IT-uddannelserne på UCN, UCN-forskningsprogrammet *Teknologier i borgernær sundhed* (TIBS), som har bidraget med finansiering og ekspertise, og virksomheden Wolturnus A/S, som udvikler, producerer og sælger manuelle kørestole, sportskørestole og håndcykler. Wolturnus har leveret kørestole til test af prototype.

METODE

Vi har i projektet fulgt Ellis & Levys *"Design and development research method"* (Ellis og Levy, 2010), hvor vi

kombinerer en traditionel forskningstilgang med en konkret løsning på et problem. Vi har valgt denne tilgang, fordi metoden er tilrettet teknologifeltet, og den involverer processer til at designe, udvikle og evaluere innovative produkter (hvilket bliver kaldt artefakter i denne sammenhæng).

Metoden består af seks trin; 1) identificere problemet, 2) beskrive målene, 3) designe og udvikle artefakt, 4) teste artefakt, 5) evaluere testresultat og 6) formidle testresultaterne. I vores forskningsprojekt er det artefakt, der skal udvikles, en aktivitetstracker rettet mod kørestolsbrugere samt forskere inden for ergo- og fysioterapi til yderligere forskningsprojekter.

Trin 1) *identificere problemet*: Her skal problemfeltet identificeres og indkredses. I (Ellis og Levy, 2010) er denne fase kendetegnet ved, at der desuden ikke findes noget produkt, værktøj eller nogen model, som løser problemet tilfredsstillende. I denne fase har vi undersøgt baggrundslitteratur for at opnå viden om problemets omfang og få viden om mulige produkter og løsninger. Baggrundslitteraturen er fundet ved at bruge Google Scholar samt ved undersøgelse i referencelisten i de fundne artikler. Vi har desuden brugt søgemaskinen Google til at undersøge, hvilke produkter til aktivitetstracking af kørestolsbrugere der findes på markedet.

Vi har gennemført et interview med kørestolsbrugere med henblik på at få viden om, hvilke problemer de oplever med de nuværende løsninger, samt hvilke ønsker og krav de har til en fremtidig løsning udviklet til kørestolsbrugere. Vi bruger i projektet kørestolsbasket som case for en proof-of-concept-prototype, og vores deltagere i interviewet er tre kørestolsbrugere tilknyttet Idrætsforeningen for Handicappede i Aalborg (I.H. Aalborg), som alle er aktive spillere. Der er inden interviewet udarbejdet en spørgeguide med tre

hovedemner. Interviewet blev optaget og efterfølgende transskriberet og analyseret i forhold til kategorier for derigennem at belyse, hvilke data vores aktivitetstracker skal kunne måle. Deltaerne er informeret, der er indhentet samtykke, og General Data Protection Regulation (GDPR) er overholdt.

Trin 2) *beskrive målene*: Her skal de krav, produktet skal opfylde for at løse problemet, identificeres. Vi har på baggrund af ovenstående og ud fra projektets fokus opsat en række krav og mål for, hvad vores aktivitetstracker måletrettet kørestolsbrugere skal opfylde (se trin 2 under udvikling af prototype).

Trin 3) *designe og udvikle artefakt*: Her skal produktet udvikles. Vi har benyttet en agil metode til udvikling af prototypen. Den agile metode baserer sig på en fremgangsmåde, der tager udgangspunkt i bl.a. adaptiv planlægning og i udvikling af en løsning inkrementel og iterativt. Det vil sige, at udviklingsprocessen kan håndtere forandringer (ændringsanmodning), og at vi udvikler systemet gennem gentagne cyklusser (iterativ), og kun mindre og enklere dele skal udvikles ad gangen (inkrementelt).

Trin 4) *teste artefakt*: Her testes den udviklede prototype med henblik på at klarlægge, om den opfylder de opstillede mål (trin 2). Hertil har vi opstillet nogle korte, præcise testscenarier med specifikke brugsmønstre. Herefter har vi filmet gennemførslen af hvert scenarie og logget data. Ved at sammenholde data med video kan vi genkende forskellige mønstre i data, herunder definere et tag/skridt.

Trin 5) *evaluere testresultat og 6) formidle testresultat*: Disse har fokus på at evaluere, om prototypen opfylder de opstillede mål, og formidle projektets resultater. Dette indbefatter både skriftlig og mundtlig formidling ved interne og eksterne arrangementer. Dette vil blive uddybet i næste afsnit.

UDVIKLING AF PROTOTYPE

TRIN 1: IDENTIFICERE PROBLEMET

I gennem vores interview med kørestolsbrugere fik vi viden om, hvilke udfordringer de nuværende aktivitetstracker, som ikke er målrettet kørestolsbrugere, giver. De interviewede oplever, at de data, de får, ikke er pålidelige, og at flere af funktionerne ikke kan anvendes af kørestolsbrugere. De oplever det alle som demotiverende faktorer. Motivationen til at bruge en aktivitetstracker relaterer sig for de interviewede til sundhed. En af de største motivationer er at kunne se, hvor aktive de er i hverdagen, og at få en bedre forståelse for forholdet mellem kalorieindtag og kalorieforbrænding. Mange kørestolsbrugere bliver over tid overvægtige, fordi deres aktivitetsniveau bliver mindre, men deres madvaner forbliver ofte de samme – det gælder især personer, som bliver kørestolsbrugere efter at have haft fuldt mobilitet.

De interviewede efterspørger en løsning, som giver mere pålideligt og validt data. De fremhæver, at det ville være interessant og brugbart at kunne måle antal tag. Dermed vil de kunne se, hvor aktive de er på en dag, og holde det op imod andre dage. Der blev også fremhævet måling af forbrændte kalorier som en væsentlig faktor. Ved at kunne måle antal kalorier vil de ligeledes kunne måle deres aktivitetsniveau, og de kan f.eks. holde to forskellige dage eller træningssessioner op imod hinanden. De ser værdi i at bruge en aktivitetstracker både til dagligdagsbrug og til træningsbrug. Ønskerne til trackerens målinger varierer, alt efter om det er til træningsbrug eller dagligdagsbrug, hvor de til træningsbrug ønsker flere detaljer og andre målinger som f.eks. acceleration og kraft pr. tag.

Andre vigtige faktorer, der påpeges, er, at trackeren skal være nem at håndtere og på-/afmontere. Hvis det tager for lang tid eller er for kompliceret, så vil de efter kort tid

opgive. Derudover er det visuelle udtryk vigtigt. Hvis selve trackerne kommer til at være et forstyrrende element på kørestolen, både funktionsmæssigt, men også visuelt, vil de være mindre tilbøjelige til at bruge den. En kørestol er for dem en del af deres påklædning, hvorfor udseende og udtryk også spiller en rolle.

I litteraturen er der ingen deciderede produkter, der behandler den samme problemstilling på samme måde, som vi gør. Flere artikler har fokus på at teste forskellige typer af sensorer, bl.a. (Ramirez Herrera m.fl., 2018) og (Satizabal m.fl., 2017), hvor (Dan Ding m.fl., 2012) og (Ramirez Herrera m.fl., 2018) har fokus på at klassificere aktiviteter. Fælles for disse er, at de kun har fokus på målinger på ét drivhjul, enten alene eller i kombination med sensorer på brugeren. Vores udgangspunkt er, at målinger på begge drivhjul vil give mere komplette data for kørestolsbrugerens aktivitet.

De allerede eksisterende løsninger SmartWheel og Optipush er lukkede systemer, som vi ikke kan bygge videre på. Samtidig er det systemer, der kræver specielle drivhjul monteret på kørestolene, og prisen på systemerne er relativt høj, hvorfor det kan være en udfordring for en kørestolsbruger at skulle anskaffe sig disse. I vores løsning er fokus, at aktivitetstrackeren skal kunne monteres på forskellige slags drivhjul, hvorfor det ikke er nødvendigt, at brugeren skal investere i et specielt sæt drivhjul.

TRIN 2: BESKRIVELSE AF MÅL

Målene i projektet er defineret ud fra samtaler med de interviewede kørestolsbrugere, samtaler med forskere inden for fysio- og ergoterapi, samt af gap/mangler i litteraturen.

I interviewet blev det påpeget, at hvis en aktivitetstracker skal være anvendelig for dem, bør den kunne måle antal tag/skridt, distance og forbrændt energi som de vigtigste faktorer. For at definere kravene til systemet har vi været i kontakt med

TIBS, og vi har desuden taget svar og input fra de interviewede med i vores overvejelser.

Vi beskriver målene/krav med hjælp af *user stories*, hvilket er en udbredt måde at formulere krav på inden for produkt- og softwareudvikling. Vi har to typer brugere af vores system. Kørestolsbrugere, som kan bruge produktet til at måle deres aktivitet, og forskere i fysio- og ergoterapi samt tekniske grene (f.eks. hardware- og softwareudvikling), der kan bruge produktet som udgangspunkt til deres forskning. Følgende *user stories* beskriver kørestolsbrugerens ønsker:

- Som kørestolebruger ønsker jeg at kunne måle antal tag/skridt, jeg har taget, med det formål at se, hvor aktiv jeg har været;
- Som kørestolebruger ønsker jeg at kunne måle afstanden, jeg har kørt, med det formål at se, hvor aktiv jeg har været;
- Som kørestolebruger ønsker jeg at kunne måle energiforbrug med det formål at se, hvor mange kalorier jeg har forbrændt;
- Som kørestolsbruger ønsker jeg at kunne se disse målinger på en overskuelig måde på min smartphone.

Vi har i første omgang fokuseret på *user stories*, hvor user er kørestolsbrugeren, som kan bruge kørestolen ift. aktivitetstracking.

TRIN 3: DESIGN OG UDVIKLING AF PROTOTYPE

Udvikling af system

I dette afsnit beskriver vi design og udvikling af prototypen.

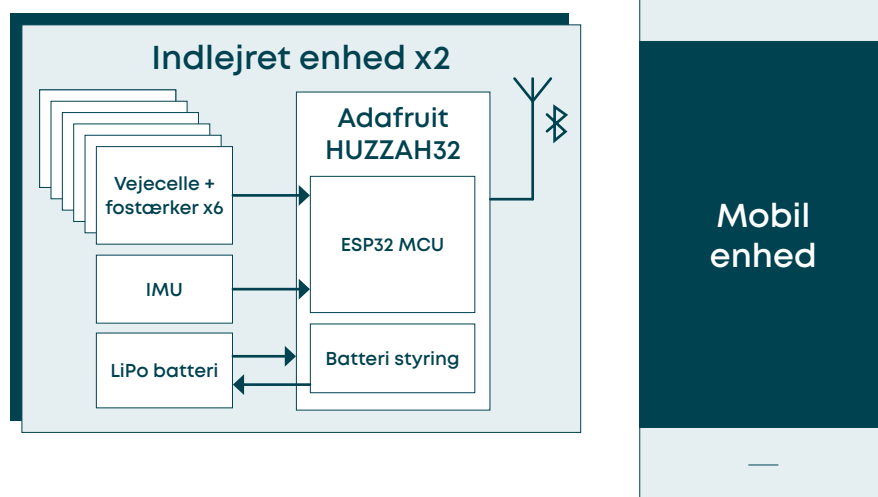
Prototypen er opbygget af to hovedkomponenter. Den første er en mobil app, som skal installeres på brugerens smartphone eller tablet. Den anden består af et sæt indlejrede enheder, der skal monteres på begge kørestolens drivhjul.

Indlejret enhed

Hver indlejrede enhed opsamler data fra sensorer på drivhjulene og sender dem til mobilappen via Bluetooth Low Energy (BLE). Systemet er illustreret ved figur 1.

Den indlejrede enhed består af en Espressif ESP32 mikrocontroller (MCU) på et Adafruit HUZAH32-print (Adafruit, 2021). Mikrocontrolleren er valgt på grund af sin fleksibilitet, da den integrerer både wi-fi og BLE. Desuden har den en kraftig processor, som muliggør et højt niveau af lokal processing og en low power sleep-tilstand, der muliggør lang batterilevetid. Selvom vi i første omgang ikke har brug for wi-fi eller en kraftig processor, giver disse funktioner muligheden for fremtidig udvikling af platformen. HUZAH32-printet er valgt på grund af sin omfattende dokumentation samt sin integrerede

Figur 1: Funktiel blokdiagram for activity tracker elektronik. (Udarbejdet af forfatterne.)



batteristyringskredsløb. Hvert drivhjul er forsynet med et kompakt Litium Polymer-batteri (LiPo), som giver god batterilevetid og lav vægt.

Som forbindelse mellem hjul og drivringe har vi monteret seks vejeceller med tilhørende forstærker, hvilket muliggør aflæsning af den afsatte kraft i drivringen. figur 2 viser de seks vejeceller monteret på drivringen.

For at kende hjulets rotation har vi monteret en seksakset inertimåle-enhed (IMU) med accelerometer og gyroskop ved hver af de to indlejrede enheder.

Mikrokontrolleren er programmeret efter et superloop-paradigme i programmeringssproget C++, hvor den med et interval på 100 millisekunder aflæser vejeceller og IMU for at få et tilstrækkeligt detaljeret billede af dynamikken, uden for store diskretiseringsfejl. For at minimere strømforbruget går mikrokontrolleren i dvaletilstand (deep sleep) mellem målingerne. Den opsamlede telemetri formateres og samles i pakker af 10 måleserier og transmitteres via BLE til den mobile enhed én gang hvert sekund. Hertil har vi valgt at bruge BLE på grund af dens lave strømforbrug, og fordi den understøttes af størstedelen af nyere mobile enheder. BLE anvendes desuden allerede i stor udstrækning til aktivitetstracking og helbredsmoniteringsapplikationer, og standarden implementerer profiler, som er beregnet hertil. Ved at anvende disse standardprofiler kan man fremstille en enhed, der kan virke med eksisterende enheder.

MOBILAPPEN

Den anden komponent af vores prototype er mobilappen, som skal behandle data og vise nyttige informationer til kørestolsbrugeren. For at udvikle en mobilapp kan man vælge imellem forskellige hjælpeværktøjer (eng. framework). De vigtigste er: *native*, *hybrid* eller

Figur 2: Wolturnus basketkørestol med monteret indlejret enhed og vejeceller.

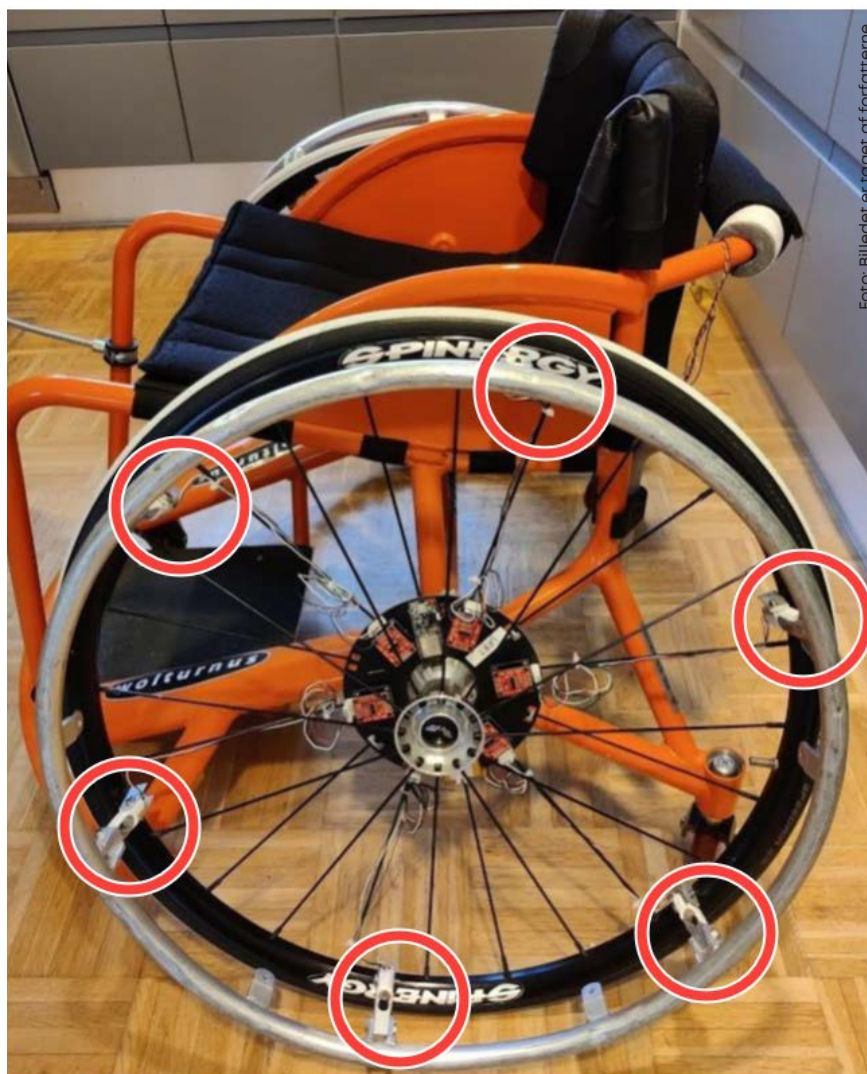


Foto: Billedet er taget af forfatterne.

progressive web. Native-apps oprettes til et specifikt mobiloperativsystem såsom Android eller iOS. De giver som regel den bedste performance og en bedre brugeroplevelse (UX). *Hybrid*-apps, også kendt som krydsplatform-apps, deler en fælles kodebase til alle enhedstyper, så man kan bygge én app, der fungerer på tværs af flere operativsystemer. *Progressive web*-apps tilgås via en internet-browser og er dermed uafhængige af operativsystemet. Selvom man godt kan bruge appen offline, kræver det som regel, at man har forbindelse til internettet.

Vi har valgt at bruge en hybrid løsning til prototypen, da det er hurtigere at udvikle og vedligeholde en fælles kodebase, som er

platformuafhængig. Den høje grad af fleksibilitet i programudviklingen er specielt vigtig, når man udvikler et *proof of concept*, hvori der kan komme hyppige ændringer i krav. Selvom progressive web-apps giver fleksibilitet, har de ulemper som større batteriforbrug, begrænset adgang til hardwarekomponenter på enhederne og kravet om at oprette et websted, som har påvirket vores beslutning til at fravælge dette framework.

Mobilappen er udviklet i udviklingsmiljøet Flutter, der er Googles open source User Interface-værktøj til opbygning af krydsplatformapplikationer til mobile enheder såsom smartphones og tablets.

Til mobilappen har vi udviklet en brugergrænseflade, hvor målet er at vise de indsamlede og analyserede data. Vi har ikke fokuseret på brugeroplevelse, da vi stadig er i en tidlig fase, hvor systemet ses som et

forskningsværktøj. Fra hjemskærmen er det muligt at starte en ny BLE-forbindelse til de to enheder på hjulene (se figur 3) og begynde at registrere den modtagne sensordata (se figur 4). Målingerne kan

startes og stoppes, og det er valgfrit, hvorvidt data skal gemmes på brugerens smartphone (se figur 5).

Figur 3: Forbindelse til enheder.

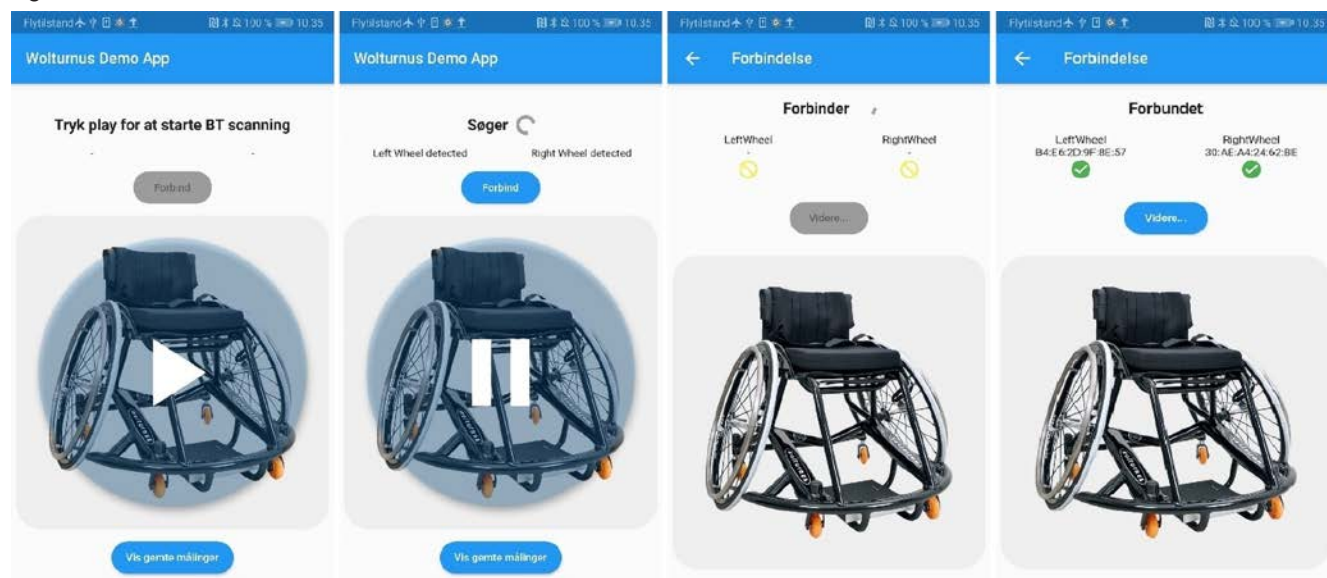


Foto: Billedet er taget af forfatterne.

Figur 4: Sensordata modtages.

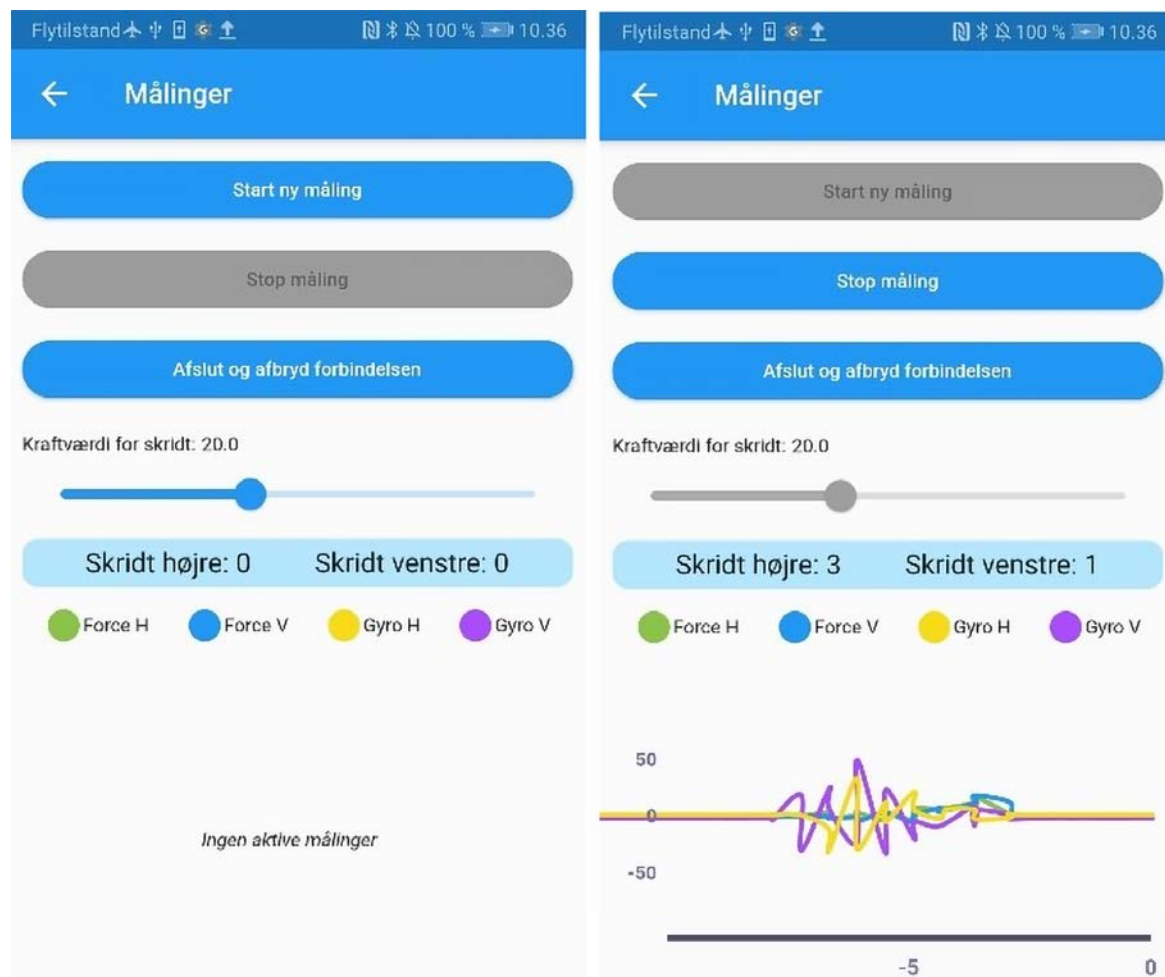
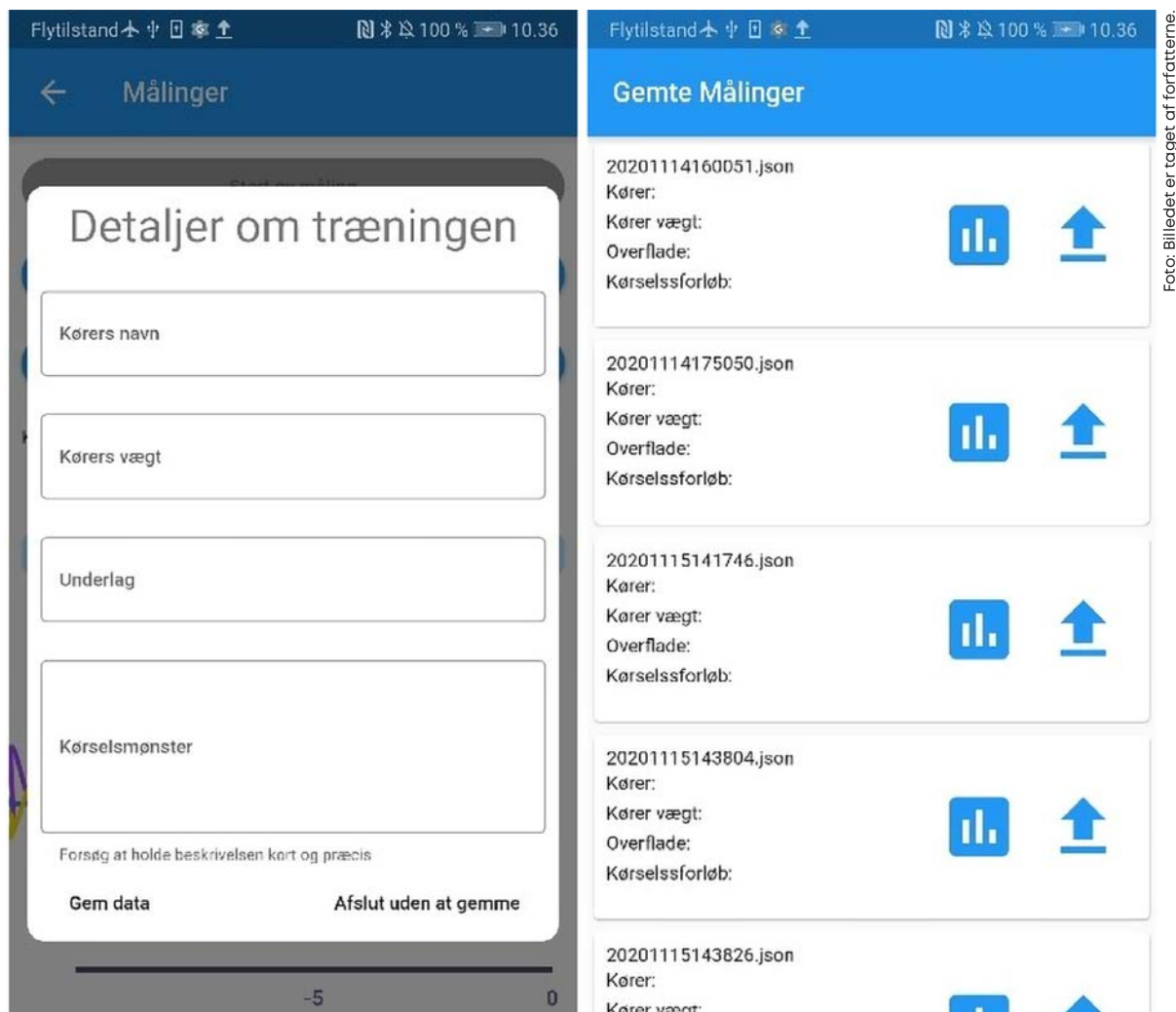


Foto: Billedet er taget af forfatterne.

Figur 5: Data kan gemmes



IMPLEMENTERING AF SKRIDTTÆLLER

Den første funktionalitet, vi har implementeret på vores platform, er en *skridttæller*, som er baseret på samling af målinger af kraftpåvirkninger i drivringene. Data er i nuværende version af platformen ikke kalibreret, hvilket vil sige, at værdierne ikke svarer til kraft i enheden Newton.

Hvad kan opfattes som et skridt for kørestolsbrugeren? Vi tæller de "tag" foretaget af brugeren, hvor brugeren har brugt en kraft over en specifik grænseværdi. Så et tag frem eller tilbage, eller en opbremsning kan opfattes som et skridt. Alt efter hvilken bruger som benytter kørestolen, er det muligt i appen at

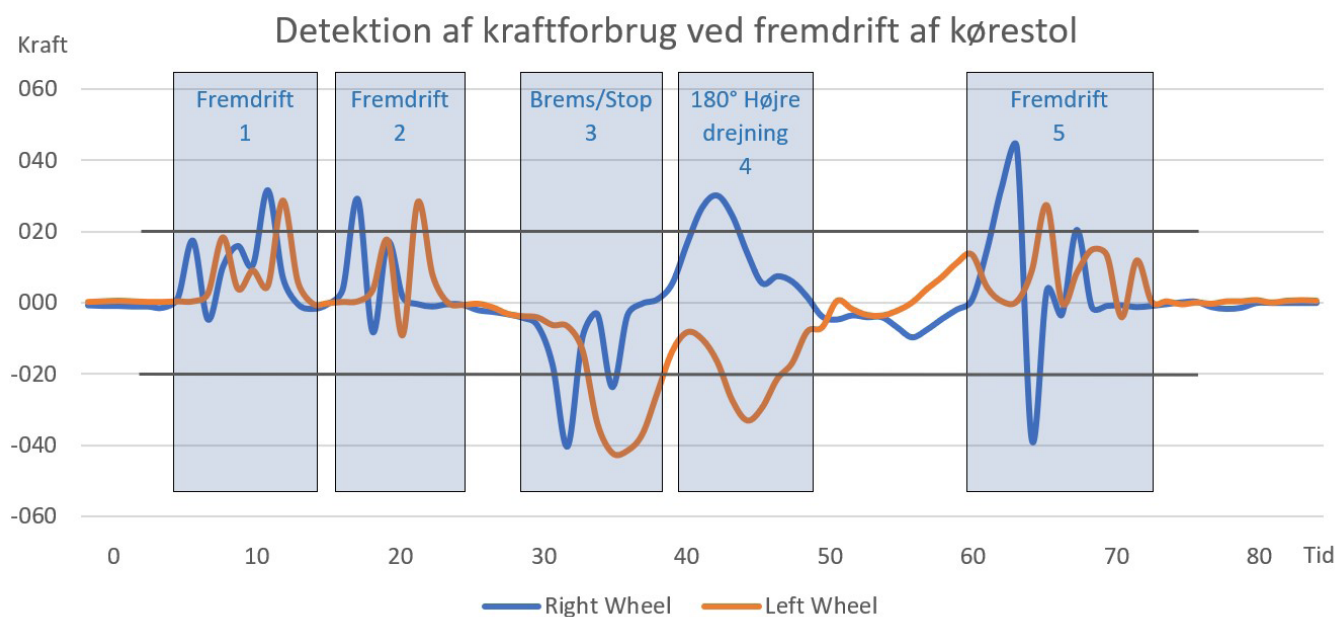
indstille den grænseværdi for kraften, der skal til for at definere et skridt.

I figur 6 ses et eksempel af analyseret data fra kraftpåvirkning relateret til et kørselsmønster, som angiver to tag fremadrettet, en opbremsning efterfulgt af et 180 graders sving højre om egen akse, for endelig at afslutte med endnu et fremadrettet tag. Kørselsmønstret er foretaget på en plan asfalteret overflade. X-aksen angiver tiden mellem de modtagne datapakker fra sensorerne. Y-aksen angiver hhv. den gennemsnitlige kraft over de seks vejeceller monteret på hvert drivhjul, samt gyroskopdata fra de påmonterede IMU'er. Vi har valgt at

arbejde med den gennemsnitlige kraft, da det er en ret enkel metode, som giver gode resultater, men målinger fra hver sensor er tilgængelig for mere komplekse algoritmer.

Ved at opstille en tærskelværdi for et "tag" på 20, ses det, at mønstret kan karakteriseres til at være udført med fem "tag" fra højre hjul, og fem "tag" fra venstre. Tærskelværdien er empiristisk bestemt ud fra visuel inspektion.

Data ifm. en måleserie kan eksporteres i en JSON-formatet (JavaScript Object Notation) fil. Fordelen ved at bruge JSON-formatet er, at formatet understøttes bredt af programmer til

Figur 6: Eksempel af analyseret data fra kraftpåvirkning. (Udarbejdet af forfatterne.)

databasehandling. Fra appen er det muligt at uploade indsamlet data direkte til en cloudserver eller lignende, ligesom det er muligt direkte at distribuere filerne via mail.

ESTIMERING AF IMPULSÆNDRING OG ENERGI

Den anden funktionalitet, vi har implementeret, er estimering og visualisering af den anvendte kraft over tid (impulsændring). Dette er baseret på kraftpåvirkninger i kørestolens drivring. I klassisk mekanik er impulsændring J kraft integreret over tid: $J = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt$. Vi har anvendt en zero-order hold approksimation til at opnå en diskret version af impulsændringen med $J \approx \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i (t_i - t_{i-1})$, hvor $\mathbf{F}_i$ er den målte kraftpåvirkning til tiden t_i . Fordi mikrokontrolleren foretager målinger med fast 100 ms interval, kan $t_i - t_{i-1}$ erstattes med 100 ms, og dermed kan vi estimere impulsændringen som $J \approx \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$.

Selvom den anvendte kraft over tid ikke er en direkte beregning af energiforbrug, kan det

repræsentere en vigtig værdi, som kan bruges til yderligere databasehandling. Når kørestolen skubbes i en bestemt periode, vil en større impuls resultere i en større hastighed – og derfor en større tilbagelagt afstand i den tid og en større kinetisk energi (Schilling m.fl., 2008).

Ved at fusionere data fra gyroskopet og vejecellerne kan den energi, kørestolsbrugeren afsætter i kørestolen, beregnes ved det fysiske begreb arbejde $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$. For et roterende legeme anvendes følgende repræsentation $W = \int_{t_0}^{t_1} \mathbf{T} \cdot \omega dt$, hvor $\mathbf{T}$ er momentet om rotationsaksen, og ω er vinkelhastigheden. Vinkelhastigheden opnås fra gyroskopet, og momentet beregnes som $\mathbf{T} = \mathbf{F} \cdot r_w$, hvor r_w er drivningens radius. Dermed kan vi opnå, at $W = r_w \int_{t_0}^{t_1} \mathbf{F} \cdot \omega dt$ hvilket, efter samme logik som før, kan approksimeres som $W = \frac{r_w}{10} \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \cdot \omega_i$. Arbejdet og energien, som kørestolsbrugeren afsætter i kørestolen, kan dermed beregnes ud fra tilgængelige data, men er på nuværende tidspunkt ikke implementeret.

TRIN 4: TEST

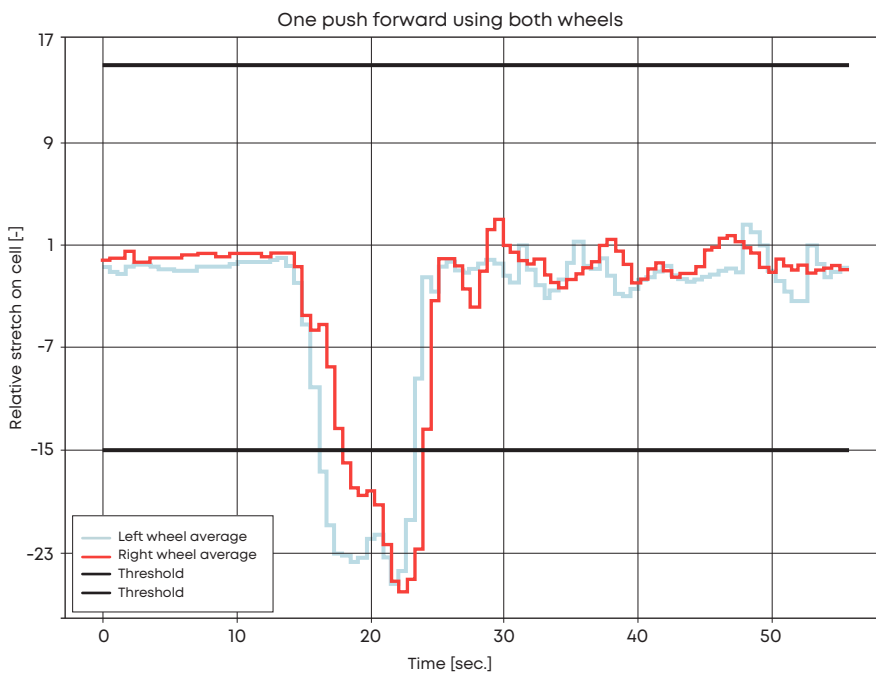
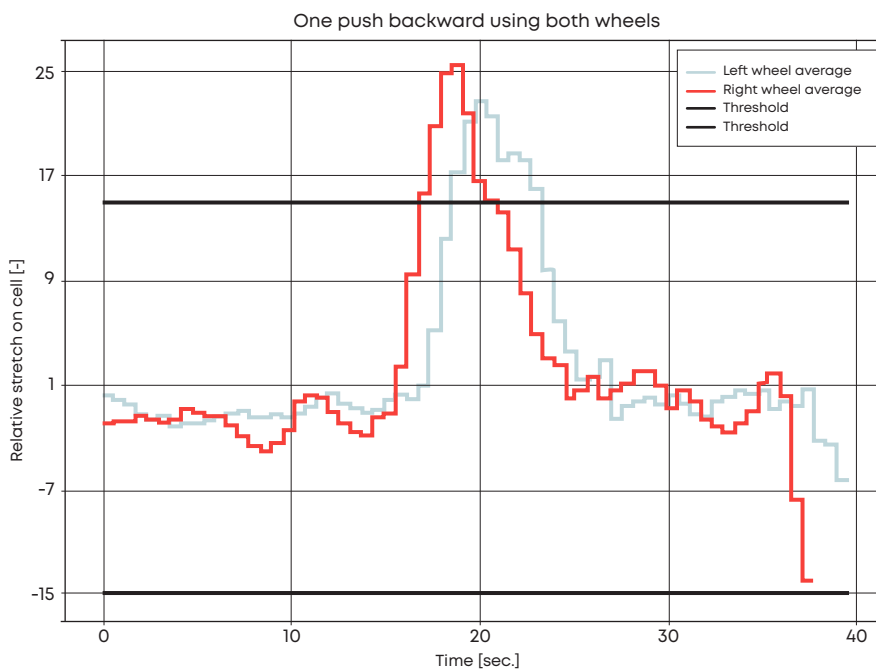
For at undersøge, om vores artefakt opfylder kravene fremsat i trin 2, har vi gennemført en antal tests af artefaktet. Disse tests er beskrevet nedenfor.

Test af detektion af tag/skub

Et centralt element i vores aktivitetstracker er dens mulighed for at finde ud af, om der er foretaget et skub/tag, og i hvilken retning det er (forlæns/baglæns). Disse tests er lavet med begge hjul påmonteret kørestolen. Følgende tests beskrives og vises:

- Et skub frem
- Et skub tilbage

I disse tests har testpersonen lavet hhv. et skub fremad og bagud. Varigheden af disse tests er cirka 30 sekunder. Resultaterne er vist i figur 7 og figur 8. Testpersonen er en kørestolsbruger, og underlaget er vinyl.

Figur 7: Test af kørestol med ét skub fremad. (Udarbejdet af forfatterne.)**Figur 8:** Test af kørestol med ét skub baglæns. (Udarbejdet af forfatterne.)

Test af rotationsmåling og tilbagelagt afstand

For at teste målingen af rotationsretning samt omdrejningshastighed har vi påmonteret et af kørestolens hjul på en stander. På selve hjulet er der monteret et klistermærke, som kan angive, hvornår hjulet har gennemløbet en omdrejning. Vi har

foretaget et antal tests, og i hver af disse har vi filmet hjulets rotation. Vi har noteret, hvor lang tid en rotation tager, og sammenholdt det med output fra gyroskopet. Dette er vist i figur 9.

Vi har foretaget en rotationstest af hjulet, hvor hjulet bliver roteret imod uret, og efter ca. 20 sekunder

bliver det bremset med en håndflade. Dette er vist i figur 10. På figuren ses det, at der efter ca. 5 sek. sker en stigning i Z-værdien for gyroskopet. Dette stemmer overens med, at hjulet bliver bragt i rotation på det tidspunkt, og at hjulet roterer omkring gyroskopets Z-akse. Den vandrette streg med maksimum kommer fra værdier større end 32.768, hvilket er den største værdi, vi kan måle med den nuværende opsætning. Vi ser også, at værdien falder, hvilket kommer af mekanisk modstand i hjulets akse. Ved 20 sek. ser vi et brat fald, hvilket kommer af, at hjulet bliver bremset med en håndflade. Værdien bliver derefter negativ, idet hjulet roterer lidt i den modsatte retning, før det når frem til stilstand.

For at beregne omdrejningshastigheden skal vi først bruge hjulets diameter. Dette beregnes med formelen $D = 2 \cdot \pi \cdot r$, hvor r er hjulets radius. De anvendte hjul har en diameter på 212,4 cm. Dernæst skal vi beregne omdrejningshastigheden h , som gøres med formelen:

$$h = \frac{\text{grad}}{\text{sek}} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{grad}} = \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$$
 Her er grad antal grader. Værdien bliver læst ud fra gyroskopet 10 gange i sekundet. Gyroskopet sender dog data som heltal i , så vi skal lave en omregning først, hvilken er givet ved: $\frac{\text{grad}}{\text{sek}} = \frac{i}{114,28}$. Detaljer for dette er givet i gyroskopets applikations note (STMicroelectronics, 2018).

En komplet rotation af hjulet er 360° , så en rotation på 1° giver følgende tilbagelagt afstand pr. grad: $\frac{212,4 \text{ cm}}{360^\circ} = 0,59 \frac{\text{cm}}{\text{grad}}$. Ved at indsætte $\frac{\text{grad}}{\text{sek}} = \frac{i}{114,28}$ og $0,59 \frac{\text{cm}}{\text{grad}}$ i formelen for h fås omdrejningshastigheden:

$$h(i) = 0,59 \frac{\text{cm}}{\text{grad}} \cdot \frac{i}{114,28} \text{ til tidspunktet } i.$$

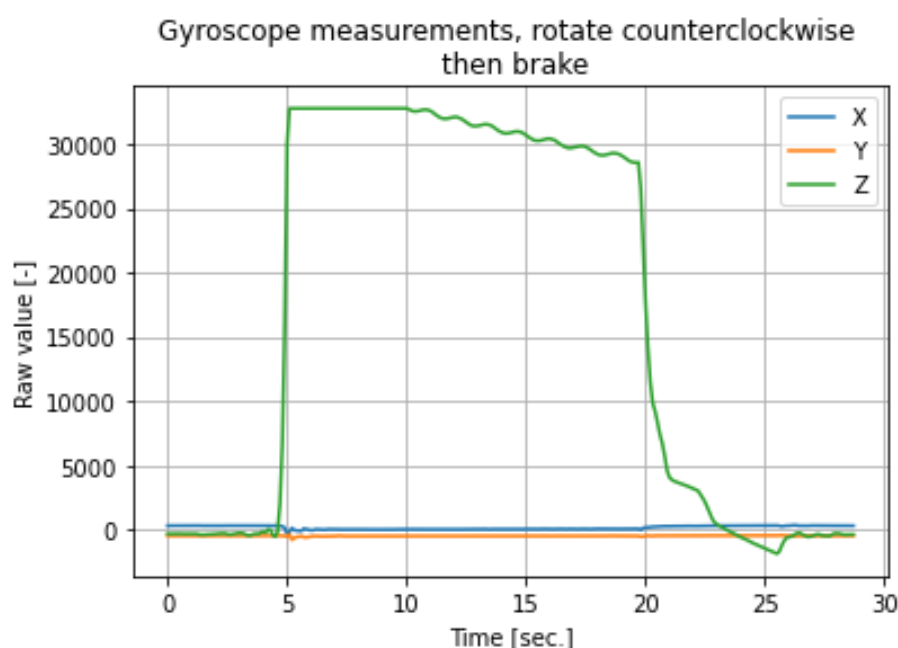
Den tilbagelagte afstand beregnes som integralet over hastigheden, integreret over tid: $\int_{t_0}^{t_1} h(t) dt$, hvor $h(t)$ er hastigheden til tiden t . Her er t_0 og t_1 hhv. start- og sluttidspunktet. Da vi arbejder med diskrete (samplede) værdier, erstattes dette af en sum $\sum_i h(i)$, hvor funktionen $h(i) = 0,59 \frac{\text{cm}}{\text{grad}} \cdot \frac{i}{114,28}$ fra tidligere. I vores opsætning bliver måledata

Figur 9: Opstilling af rotationsmåling med et hjul.



Foto: Billedet er taget af forfatterne

Figur 10: Gyroskopmålinger med rotation af hjul imod uret, derefter bremsning. (Udarbejdet af forfatterne.)



sendt 10 gange i sekundet, så vi må dividere med 10. Desuden skal der divideres med 100 for at få tallet i meter i stedet for centimeter. Den endelige formel for at beregne tilbagelagt afstand er: $\sum_i \frac{i \cdot 0,59}{114,28 \cdot 10^3}$.

TEST MED KØRESTOLSBRUGER

Ud over testene foretaget i afsnittet Test af detektion af tag/skub har vi foretaget nogle mere detaljerede tests, hvor kørestolsbrugeren ud over kørsel fremad/baglæns også skal foretage en hård opbremsning. I disse tests bliver begge hjul brugt, og testpersonen er en kørestolsbruger. Underlaget er vinyl, og testene er følgende:

- Et skub fremad, efterfulgt af en hård opbremsning
- Et skub baglæns, efterfulgt af en hård opbremsning

Resultaterne af disse to tests er vist i figur 11 og figur 12.

TRIN 5: EVALUERING AF TESTRESULTATER

Test af detektion af tag/skub

Vi har, ud fra de første to tests, vist i figur 7 og figur 8, defineret en tærskelværdi, som bruges til at afgøre, om der er foretaget et skub og i hvilken retning. Tærskelværdien er bestemt ud fra grafisk inspektion af output fra testene og er sat til +/- 15.

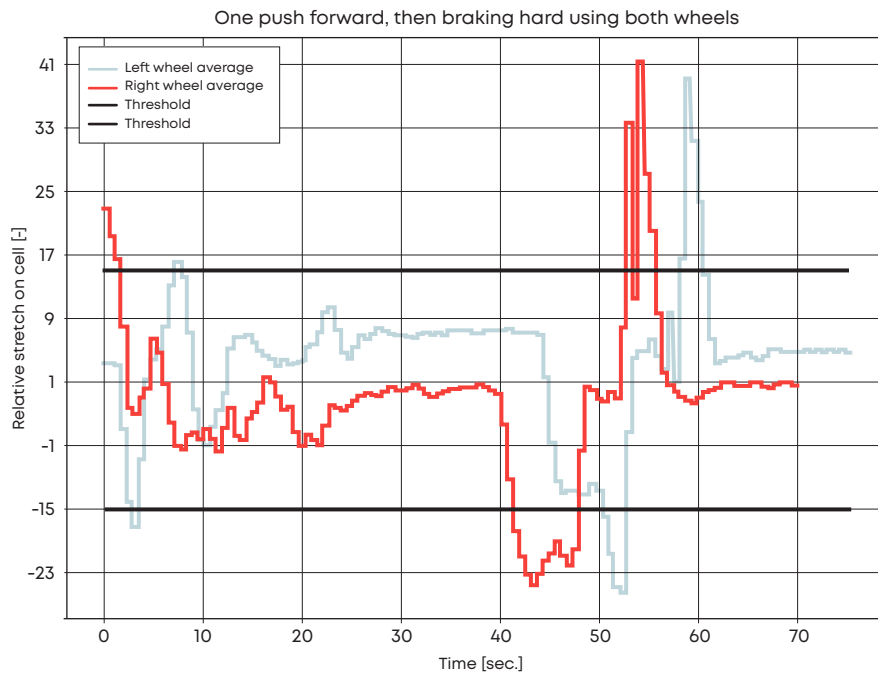
Test af rotationsmåling

I denne test kan vi konkludere, at vi kan måle rotationsretning af hjulet vha. gyroskopdata. Vi kan desuden måle, at rotationshastigheden er faldende, når hjulets omdrejningsretning falder. Vi kan dog ikke måle høje rotationshastigheder pga. datatypens begrænsning (hvor hver måling er repræsenteret med to bytes). Dette kan afhjælpes ved, at målingerne bliver repræsenteret med f.eks. fire bytes, hvilket vil medføre, at højere omdrejningshastigheder også kan måles.

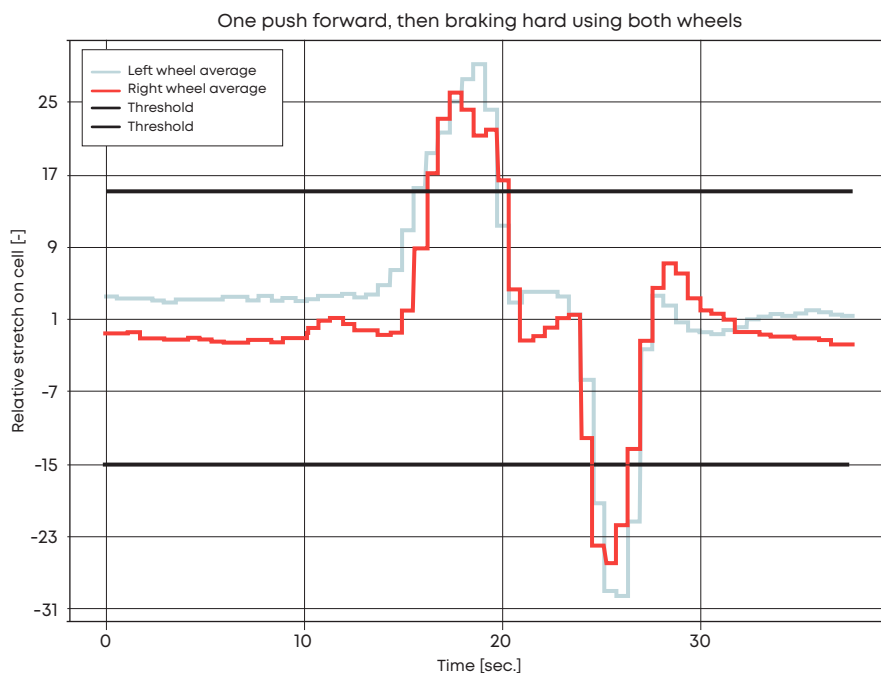
Test med kørestolsbruger

Denne samme tærskelværdi er brugt til testene i figur 10 og figur 11. I

Figur 11: Test af kørestol med ét skub fremad, efterfulgt af en hård opbremsning. (Udarbejdet af forfatterne.)



Figur 12: Test af kørestol med ét skub baglæns, efterfulgt af en hård opbremsning. (Udarbejdet af forfatterne.)



begge tests kan vi se, at både skubbet og opbremsningen vil blive registreret ved den brugte tærskelværdi. Dette medfører, at der i hver af de to tests vil blive registreret to "tag" med aktivitetstrackeren. Dette giver mening, i og med at man også

bruger kraft til at lave en opbremsning.

KONKLUSION

Kørestolsbrugere har ikke adgang til en brugbar løsning til aktivitetstracking, da de kommercielle

aktivitetstrackere ikke giver pålidelige data, når man bruger en kørestol. I vores projekt har vi undersøgt, hvordan kørestolen kan anvendes som en fysisk platform for sensorer og på denne måde bidrage til mere pålidelige data.

Vi har udviklet en platform, som består af et sæt af indlejrede enheder med sensorer, der placeres på kørestolen, og en mobilapp, som analyserer data fra sensorerne og viser aktivitetsmålinger til kørestolsbrugeren. De hidtil implementerede funktioner er målinger af, hvor mange skub/tag kørestolsbrugeren har udført (skridttæller) og den anvendte kraft over tid. Desuden har vi implementeret en visualisering af data fra gyroskop og accelerometer, som sammen med kraftpåvirkning i fremtiden kan bruges til at beregne energiforbrug i en videreudvikling af vores prototype.

I forhold til vores formål er vi nået i mål med at udvikle en fysisk platform til en aktivitetstracker, men vi har endnu ikke en app til kommercielt brug.

PERSPEKTIVERING

Fremtidsperspektiver for projektet inkluderer:

- Kalibrering af kraftmåling
- Implementering af algoritmer til beregning af tilbagelagt distance, energiforbrug
- Udarbejdelse af mere stabil og brugervenlig montering

Kalibrering

Den målte kraft, der sendes til appen og præsenteres for brugeren, er i øjeblikket ikke kalibreret. Kraften er skaleret, så den er optimeret til mindre dataforbrug. Derfor skal kraftmålingen skaleres på appen, så den svarer til en kraft målt i Newton. Dette er nødvendigt for at kunne anvende målingen til en korrekt beregning af impulsændring og energi.

Algoritmer

Formlerne til beregning af impulsændring, energi og tilbagelagt distance skal implementeres i appen, så den information er tilgængelig for kørestolsbrugeren. Med disse algoritmer implementeret vil kørestolen kunne bruges til sundhedsvidenskabelig forskning.

Hardware-forbedringer

Det indlejrede system og hardwaren, som er monteret på hvert drivhjul, kan med fordel forbedres, så det bliver mere sikkert, brugervenligt og holdbart. Det primære for at forbedre brugervenligheden vil være en mere ergonomisk montage

af de vejceller, som måler kraftpåvirkningen på drivringen. Sådanne som de er monteret i øjeblikket, kan de sidde i vejen for fingrene, når brugeren griber normalt i drivringen. Samtidig er der en række regler, som skal overholdes ift. sikkerhed. Vi er i kontakt med Wolturnus vedr. forbedringer og ændringer i relation til ovenstående.

Elektronikken, der er monteret i midten af hvert hjul, er en prototype, som let kan skilles ad. Derfor er vi i gang med at udarbejde en ny revision af elektronikken, så den er mere robust og resistent over for rystelser, stød m.m.

Litteraturliste

- Adafruit, 2021. Adafruit HUZZAH32 - ESP32 Feather [WWW Document]. adafruit.com. URL <https://learn.adafruit.com/adafruit-huzzah32-esp32-feather> (set 5.17.21).
- Brickwood, K.-J., Watson, G., O'Brien, J., Williams, A.D., 2019. Consumer-Based Wearable Activity Trackers Increase Physical Activity Participation: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR mHealth uHealth* 7, e11819. <https://doi.org/10.2196/11819>
- Cooper, R.A., 2009. SmartWheel: From concept to clinical practice. *Prosthet. Orthot. Int.* <https://doi.org/10.1080/03093640903082126>
- Dan Ding, Ayubi, S., Hiremath, S., Parmanto, B., 2012. Physical activity monitoring and sharing platform for manual wheelchair users, i: 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6347320>
- Ellis, T.J., Levy, Y., 2010. A Guide for Novice Researchers: Design and Development Research Methods. *Informing Science & IT Education Conference (InSITE)*. <https://doi.org/10.28945/1237>
- Goldstein, S.P., Goldstein, C.M., Bond, D.S., Raynor, H.A., Wing, R.R., Thomas, J.G., 2019. Associations between self-monitoring and weight change in behavioral weight loss interventions. *Heal. Psychol.* 38, 1128–1136. <https://doi.org/10.1037/hea0000800>
- Guo, L., Kwarciak, A.M., Rodriguez, R., Sarkar, N., Richter, W.M., 2011. Validation of a Biofeedback System for Wheelchair Propulsion Training. *Rehabil. Res. Pract.* 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/590780>
- Helle, T., Gøeg, K.R., 2019. Wheelchair users' experiences with and need of activity trackers. *Technol. Disabil.* 31, 120–131.
- Ramirez Herrera, R., Momahed Heravi, B., Barbareschi, G., Carlson, T., Holloway, C., 2018. Towards a Wearable Wheelchair Monitor: Classification of Push Style Based on Inertial Sensors at Multiple Upper Limb Locations, i: 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SMC.2018.00266>
- Satizabal, H.F., Grillon, A., Picasso, G., Upegui, A., Millet, G., Perez-Urbe, A., 2017. ActiDote – A wireless sensor-based system for self-tracking activity levels among manual wheelchair users. *EAI Endorsed Trans. Pervasive Heal. Technol.* 3. <https://doi.org/10.4108/eai.18-7-2017.152896>
- Schilling, B.K., Falvo, M.J., Chiu, L.Z.F., 2008. Force-velocity, impulse-momentum relationships: implications for efficacy of purposefully slow resistance training. *J. Sports Sci. Med.* 7, 299–304.
- STMicroelectronics, 2018. AN4844 Application note LSM6DS3H: always-on 3D accelerometer and 3D gyroscope.
- Warme, C.A., Whitney, J.D., Belza, B., 2008. Measurement and description of physical activity in adult manual wheelchair users. *Disabil. Health J.* 1, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2008.07.002>

DIGITALE MEDIER IAGTTAGET

Udbredelsesmedier eller kommunikationspartner?

Denne artikel beskæftiger sig med kommunikation og digitale medier. Ofte bliver digitale medie iagttaget som kommunikationsmedier, altså medier for kommunikation, der ligner den kommunikation, som foregår mundtligt eller skriftligt gennem andre medier. Spørgsmålet, der stilles i denne artikel, er, om vi har brug for at udvide denne forståelse, idet stadigt nye applikationer og digitale medier ændrer forholdet mellem det, vi tidligere kunne omtale som en afsender og en modtager i kommunikationen. Gennem eksempler på digitale medier, der anvender kunstig intelligens og maskinlæring, vil artiklen diskutere dette spørgsmål. Det teoretiske udgangspunkt for denne diskussion vil være den sociologiske systemteori, der bidrager med forståelsen af systemer og kommunikation, og kybernetikken, der beskæftiger sig med regulering og feedback i trivielle og ikke-trivielle maskiner. Ud fra diskussionen vil artiklen argumentere for, at de digitale medier ikke udelukkende kan iagttages som medier for kommunikation, men også i mange sammenhænge som en form for kommunikationspartner.

FORFATTER

Christian Wahl,
Adjunkt, IT-uddannelserne, UCN

BAGGRUND

Informationsteknologi, herunder digitale medier, bliver anvendt på rigtig mange områder af vores hverdag. De nye medier er nærmest allestedsnærværende. Ofte taler vi om de digitale medier som kommunikationsmedier, der gør det muligt at kommunikere med hinanden. Denne kommunikation kan have mange former. Den kan f.eks. foregå gennem tekst og billeder i e-mails, som beskeder eller på sociale medier. Eller den kan foregå med lyd og video over mobiltelefonen eller internettet. Det er også gennem de

digitale medier, vi får vores nyheder eller søger efter information om det ene eller det andet. På overfladen er det, som om intet har ændret sig. Før sendte vi breve med posten – nu skriver vi en e-mail. Før ringede vi til familien fra den stationære telefon – nu skriver vi en besked på sociale medier eller "facetimer". Før læste vi nyhederne i en avis – nu læser vi dem online. Der sker nærmest det, som Bolter og Grusin (2000) betegner som remediering. De nye medier overtager eller *remedierer* de gamle kendte medier.

Men det er ikke kun på overfladen, at teknologien ændrer sig. Når vi i vores dagligdag googler noget eller scroller gennem vores nyhedsfeed, tænker vi ikke nødvendigvis over, hvad der foregår under

overfladen. I flere og flere sammenhænge anvendes *maskinlæring* og *kunstig intelligens* som en metode til at udvælge den information, der præsenteres for os. Det kan være i form af anbefalinger, som det f.eks. sker på Netflix eller YouTube, hvor vores egen og andres historik indgår i vurderingen af, hvad vi helst vil se (Covington m.fl. 2016). Det kan være i forbindelse med anvendelsen af søgemaskiner (Joachims og Radlinski 2007). For eksempel hvis man søger efter billeder, der forud for søgningen er blevet kategoriseret eller tagget, så det efterfølgende er hurtigt at søge efter konkrete billeder. Det kan også være i vores feed på sociale medier, hvor nyhederne er blevet sorteret i forhold til relevans, eller hvor reklamer, som vi

helt sikkert er interesserede i, indsættes strategisk. Generelt er nyhedsbranchen et af de steder, hvor disse teknologier bliver anvendt i stadig højere grad (Biswal og Gouda 2020).

Iagttaget ud fra et kommunikationsperspektiv giver nogle af disse nye digitale muligheder anledning til at spørge, om vi har behov for at ændre vores forståelse af, hvordan kommunikation foregår via disse medier. Er der f.eks. behov for at omtænke eller modificere vores forståelse af afsenderen i kommunikationen, når vi i højere grad benytter os af medier, der filtrerer, sorterer eller manipulerer den information, disse medier benytter som input?

METODE OG FORMÅL

I denne artikel vil jeg diskutere det overordnede spørgsmål om, hvorvidt maskinlæring og kunstig intelligens giver anledning til at ændre forståelsen af de digitale medier som enten udbredelsesmedier eller som parter i kommunikationen. Jeg vil diskutere dette ud fra kommunikationsbegrebet i den sociologiske systemteori, som den er beskrevet af Niklas Luhmann (1927-1998). En af hjørnestenene i Luhmanns omfattende beskrivelse af samfundet og dets delsystemer er netop kommunikationsbegrebet, og teorien er derfor velegnet til at indgå i denne diskussion. Samtidig åbner Luhmann (2016) (orig. på tysk: 1997) også selv for diskussionen:

I 1997 interesserede Luhmann sig altså for computerens betydning for kommunikationsbegrebet – dog uden at han selv beskæftigede sig med computeren i særlig høj grad (f.eks. nævner Luhmann nærmest ikke computeren, digitale medier eller internettet i sin bog om massemedierne, udgivet i 1996). Omdrejningsspørgsmålet i dette citat er begrebet *dobbelt kontingens*, der dækker over, at den ene part i kommunikationen dels skal vælge sin forståelse af den anden, dels skal vælge at handle på denne baggrund. At den dobbelte kontingens findes på *begge sider*, bliver i nogle sammenhænge formuleret som en forudsætning for, at man kan tale om kommunikation. Og her er spørgsmålet så, om man kan tale om kommunikation med en computer. Det er ikke målet for denne artikel at give et endegyldigt svar, men blot diskutere mulighederne ud fra en aktuell iagttagelse af teknologierne i lyset af dette citat.

DET TEORETISKE UDGANGSPUNKT

Udgangspunktet for den sociologiske systemteori er skellet mellem system og omverden. Samfundet iagttages som et system med en række delsystemer, der alle opererer gennem kommunikation og betegnes sociale systemer. Interessant for systemteorien er også psykiske systemer, der opererer gennem bevidsthed. Fælles for både sociale og psykiske systemer er, at de er

operationelt lukkede, hvilket vil sige, at de opretholdes gennem deres egne operationer. Et meget konkret eksempel er det psykiske system, der kun er et system, så længe der foregår bevidsthedsoperationer. Mennesker er selvfølgelig mere end bare bevidsthed, men hvis ikke der foregår bevidsthed, vil vi normalt tale om hjernedød. Og systemer er lukkede – ellers ville det ikke give mening at tale om viden (Luhmann 2002, s. 132). Samtidig med at systemerne er operationelt lukkede, er de også åbne gennem iagttagelsen af deres omverden. De fortløbende operationer med reference til både systemet selv og til iagttagelsen af omverdenen resulterer i konstruktionen af mening – en mening, som hele tiden udfordres og ændres af flere operationer (Luhmann 2000a, s. 77–78). Grundlæggende set er systemteorien altså en teori om iagttagende systemer – systemer, der både refererer til sig selv og til deres omverden. Teorien må samtidig betegnes som konstruktivistisk, fordi systemer ikke lader sig påvirke eller styre, men udelukkende konstruerer deres forståelse gennem iagttagelser. Resultatet af kommunikation er altså ikke, at den ene part gennem meddelelser kan bestemme, hvad den anden part skal mene eller synes, men udelukkende kan meddele noget i håbet om, at den anden vil tage det meddelte til efterretning.

Overraskende er det, at sociale systemer ikke består af mennesker. Det er derimod kommunikation, der konstituerer sociale systemer – på samme vis, som bevidsthed konstituerer det psykiske system. Forholdet mellem de sociale og psykiske systemer og de sociale systemer imellem er ikke hierarkisk, men systemerne er derimod omverden for hinanden (Luhmann 2000a). I og med at sociale systemer opererer gennem kommunikation, bliver de også kaldt for kommunikationssystemer, hvilket giver god mening, når vi som her skal koncentrere os om kommunikationsbegrebet.

“Vi vil lade det stå åbent, om arbejde eller spil med computere kan forstås som kommunikation, om eksempelvis den dobbelte kontingens som kendetegn findes på begge sider. Dermed forbliver det også åbent, om man vil ændre kommunikationsbegrebet – og i givet fald hvordan – hvis man vil indbefatte dette tilfælde.”

(Luhmann 2016, s. 258)

Systemteorien forstår ikke kommunikation som overførsel af information. Grundlæggende set emergerer (fremkommer som mere end summen af delene) kommunikation som enheden af tre selektioner: *information, meddelelse og forståelse*. For det første skal der selekteres information – nogen har noget på hjerte. For det andet skal denne information meddeles i en eller anden form. Og for det tredje må der ske en forståelse (eller misforståelse) af meddelelsen (Luhmann 2000a). Kort sagt er der først tale om kommunikation, når nogen har forstået, hvad der er blevet meddelt, og handler på denne baggrund.

Der foregår ikke kun selektion i kommunikation, men også *til* kommunikation (Luhmann 2000b). Allerede i forbindelse med udbredelsen af skrift opstod der problemer i forholdet mellem meddelelse og forståelse. Hvor man i mundtlig kommunikation nødvendigvis skulle være til stede for at deltage i samtalen, gør den skriftlige kommunikation det muligt at kommunikere uafhængigt af tid og sted. Det blev dermed vanskeligere at opretholde enheden mellem meddelelse og forståelse. Sidenhen er disse problemer blevet skærpet yderligere af massemedierne og de digitale medier. Man ved ikke nødvendigvis, hvem man kommunikerer med – hverken på den ene eller den anden side. Journalisten på avisen ved ikke, hvem der læser artiklen, og læseren af artiklen kender ikke journalisten. Begge parter kan højst have en antagelse om, hvem modparten er. Dermed bliver *tilstedeværelse* erstattet af *antagelse*. Og denne antagelse bliver yderligere forstærket af den efterfølgende kommunikation (Luhmann 2000b). F.eks. hvis læseren af avisen fortæller andre om, hvordan den skrivende journalist havde misforstået emnet.

Ofte taler vi om en afsender og en modtager i forbindelse med kommunikation, hvilket antyder, at der

er tale om en overførsel af information. For at undgå denne forståelse og for at skabe skellet mellem kommunikationsbegrebet og meningsbegrebet anvender Luhmann i stedet begreberne *alter* og *ego*. Alter er den meddelende, og ego er adressaten. Ego konstruerer ikke kun forståelsen af det meddelte. Idet ego ikke har direkte kontakt til alter, optræder alter samtidig som et alter ego – altså som en person med en bestemt rolle eller bestemte attributter (f.eks. som journalist, til forskel fra ven eller politiker). Begreberne *ego* og *alter* lader det stå åbent, hvorvidt der er tale om psykiske eller sociale systemer, og samtidig er begreberne også åbne for, hvordan eller om der konstrueres mening.

Et generelt problem i kommunikation er, at parterne ikke ved, hvad den anden tænker. Her taler Luhmann om problemet med den dobbelte kontingens. Dobbelttheden ligger i, at en part altid kan handle anderledes (f.eks. i kommunikationen) og samtidig er klar over, at det også gælder for den anden part. Dette er to kontingente valg, fordi parten lige så godt kunne have forstået den anden på en anden måde og samtidig have handlet anderledes. Og det samme forhold gør sig gældende på den modsatte side. Når man iagttager kommunikation ud fra problemet med den dobbelte kontingens, virker det nærmest usandsynligt, at kommunikation kan få succes, fordi deltagerne i kommunikationen hver især handler selvbestemmende i tilslutningen til yderligere kommunikation (Luhmann 2000a, s. 157).

Strukturel kobling er et andet vigtigt begreb i forhold til kommunikation. Et spørgsmål, som systemteorien beskæftiger sig med, er, hvordan psykiske og sociale systemer kan komme i kontakt med hinanden, når nu de defineres som lukkede. Man kan sige, at begge systemer opererer ved siden af hinanden: sociale systemer gennem kommunikation, og psykiske

systemer gennem bevidsthed. Der er brug for en mekanisme, der forvandler dette ved-siden-af-hinanden til et efter-hinanden. Det er basalt set sprogets funktion, både i den mundtlige og den skriftlige form. Sproget er den struktur, der kobler de to systemer (Luhmann 2016).

Systemteorien får på denne måde adskilt det sociale, bevidstheden, kommunikation, mening og sprog. Dette muliggør, at vi kan tale om psykiske og sociale systemer som operationelt lukkede. At kommunikation ikke er overførsel af information, men at systemerne konstruerer deres egen forståelse. Og at vi kan tale om bevidsthed eller kommunikation uden nødvendigvis at tale om sprog. Og alt dette samtidig med, at vi selvfølgelig godt ved, at alle begreberne hænger uløseligt sammen.

KUNSTIG INTELLIGENS I RELATION TIL SYSTEMTEORIEN

Som sagt beskæftiger den sociologiske systemteori sig primært med psykiske og sociale systemer, der gennem egne operationer konstruerer forståelse eller mening. Disse systemer kan også betegnes som ikke-trivielle systemer, der er forskellige fra trivielle systemer, som f.eks. maskiner (Foerster 2003, s. 207–208). Og det er naturligvis her, diskussionen af kunstig intelligens kommer ind i billedet. For spørgsmålet er, hvornår eller om computeren som den maskine, den er, kan betegnes som intelligent, og hvad der i givet fald ligger i dette begreb. Generelt set er et trivielt system et system, hvor sammenhængen mellem input og output er forudsigelig. Et eksempel kan være en motor, der omdanner elektrisk energi til kinetisk energi. Et andet eksempel kan være en computer, hvis opgave – grundlæggende set – er at lave forudsigelige beregninger. Computeren kan vi derfor betegne som en maskine, men samtidig ved vi også godt, at det kan være temmelig vanskeligt at forudsige et resultat

fra en computer – specielt hvis den anvender maskinlæring og kunstig intelligens. Men spørgsmålet er, om vi dermed kan betegne computeren som et ikke-trivielt system, f.eks. ved at sige, at den kan konstruere mening gennem iagttagelser.

Luhmann (2016) beskæftiger sig ganske kort med kunstig intelligens i forbindelse med det overordnede spørgsmål om, hvorvidt man kan forestille sig andre strukturelle koblinger end den mellem bevidsthed og kommunikation som beskrevet ovenfor. Her kommer han ind på spørgsmålet om computerens rolle. Spørgsmålet er ikke, om computeren kan arbejde på samme måde som bevidstheden, altså om computeren ved hjælp af kunstig intelligens er mere eller mindre "intelligent" end bevidstheden. Og det er heller ikke et spørgsmål om, hvorvidt computerens interne operationer kan iagttages som kommunikation. Det væsentlige spørgsmål er, hvordan computeren strukturelt kan koble sig til bevidstheden eller til kommunikationen. Man kan sige, at computeren kan være nok så "intelligent", men så længe den ikke kan kommunikere det, kan det være lige meget. Det er netop dette, der kommer til udtryk i den såkaldte "Turing-test", hvor det ikke handler om computerens operationer, men udelukkende handler om, hvordan computeren indgår i kommunikation med mennesker (Turing 2009).

Som kommunikationsbegrebet er beskrevet ovenfor, er det specielle i nærværende diskussion, at vi ikke længere kan være sikre på den information, vi bliver præsenteret for. Jeg tænker ikke på sandheden af informationen, for det kan vi alligevel have vanskeligt ved at afgøre. Jeg tænker på sammenhængen mellem den information, der bliver anvendt som input i computeren, og det, vi bliver præsenteret for som output. Hvor man før den digitale tidsalder kunne være forholdsvis sikker på, at ego hørte eller læste alters meddelelse i den form, den var tiltænkt, har vi nu en situation, hvor information i nogle tilfælde præsenteres i en anden form, end den havde oprindeligt.

EKSEMPLER PÅ ANVENDELSEN AF KUNSTIG INTELLIGENS

Et af de temaer, der har været diskuteret meget siden det amerikanske præsidentvalg i 2016, er de sociale mediers indflydelse på udbredelsen af *fake news* og deres mulighed for at påvirke resultatet af de politiske processer. Bryant (2020) refererer til flere, der skriver om, hvordan de – som udgangspunkt – neutrale algoritmer, der bliver anvendt af teknologivirksomheder og sociale medier, ender med at lede brugerne i en partisk eller ekstrem retning. Denne situation handler selvfølgelig dels om muligheden for at udbrede *fake news*, dels om de sociale mediers ansvar for, at dette ikke foregår. Men samtidig handler det også om, hvordan information bliver udbredt på disse medier ved hjælp af maskinlæring og kunstig intelligens. Der er ikke nødvendigvis nogen – i forståelsen en person eller en organisation – der har ansvaret for, hvordan information bliver udbredt. Det handler mere om, hvordan mediet præsenterer information ud fra algoritmer, der som udgangspunkt er neutrale, men hvis konstruktion af virkeligheden bliver *biased* af de mennesker, som anvender mediet.

Med reference til Covington m.fl.

(2016) er YouTube et godt eksempel på anvendelsen af kunstig intelligens på en videodelingsplatform. En bruger producerer en video og uploader den til YouTube. Umiddelbart er videoen, som den er. Indholdet i videoen bliver ikke ændret eller modificeret, bortset fra at YouTube indsætter reklamer både før, under og efter videoen, når den bliver afspillet. Samtidig bliver videoen præsenteret på en side, som producenten af videoen ikke har indflydelse på. Her indsætter YouTube reklamer og præsenterer relaterede videoer i en liste ved siden af videoen. Specielt de relaterede videoer og reklamerne, som dukker op i forskellige sammenhænge på YouTube, er et udtryk for de algoritmer, som kan lede brugeren i forskellige retninger. Producenten af videoen risikerer f.eks., at budskabet i videoen bliver kompromitteret af den kontekst, som videoen kommer til at indgå i. Videoen står altså ikke alene, den indgår i den tilslutningskommunikation, som dels brugeren, dels YouTube vælger. Dette virker ikke umiddelbart som det store problem, men det er i høj grad disse mekanismer, som er i spil, når de sociale medier bliver beskyldt for at præsentere mere og mere ekstremt indhold for brugerne (Bryant 2020).

I det følgende eksempel får vi yderligere problemer, dels fordi der ikke er nogen sammenhæng mellem den information, der bliver anvendt som input, og den information, der bliver præsenteret, dels fordi informationen ikke er selekteret i den forståelse, det kommer til udtryk i i systemteoriens kommunikationsbegreb. I dette eksempel har jeg genereret en tekst ved hjælp af inferkit.com. Inferkit.com er en hjemmeside, der giver adgang til et neuralt netværk, som er designet og trænet af "store teknologivirksomheder" ved hjælp af millioner af websteder (InferKit 2020). Lidt forenklet kan man sige, at inferkit.com giver adgang til at anvende en kunstig intelligens, der er bygget på de

TURING TEST EXTRA CREDIT:
CONVINCE THE EXAMINER
THAT HE'S A COMPUTER.

YOU KNOW, YOU MAKE
SOME REALLY GOOD POINTS.

I'M ... NOT EVEN SURE
WHO I AM ANYMORE.



sammenhænge, der er mellem de enkelte ord fundet i tekster på en masse websider. Indledningsvis formulerede jeg (ved hjælp af Google Translate ...) sætningen: "For next year, carmaker BMW will launch a flying car." Denne sætning indsatte jeg på inferkit.com, hvorefter følgende tekst blev genereret:

"For next year, carmaker BMW will launch a flying car. It could be available as a concept vehicle in 2019, then go into production in 2021.

The car, called the Vision Next 100, has two independent medium-rotor vehicles with four wheels that can operate independently of each other. They fly at speeds of up to 180 kilometers per hour and cruise along a track on their own. The cars could solve a problem for busy people who cannot park on normal roads."

Den genererede tekst er fremkommet ved hjælp af den sætning, som jeg i første omgang formulerede (InferKit 2020). Dette er altså et konkret eksempel på, hvordan "information" kan genereres uden ophav og uden hold i den virkelige verden (ja, informationen er ikke korrekt, men den er jo stadig maskinens konstruktion på baggrund af dens iagttagelse af virkeligheden). Trods usandheden ved teksten er der ingen tvivl om, at

teksten godt kunne indgå i kommunikation – altså, at der er nogen, der læser teksten og – om ikke andet – prøver at forstå den og handler på baggrund af denne forståelse.

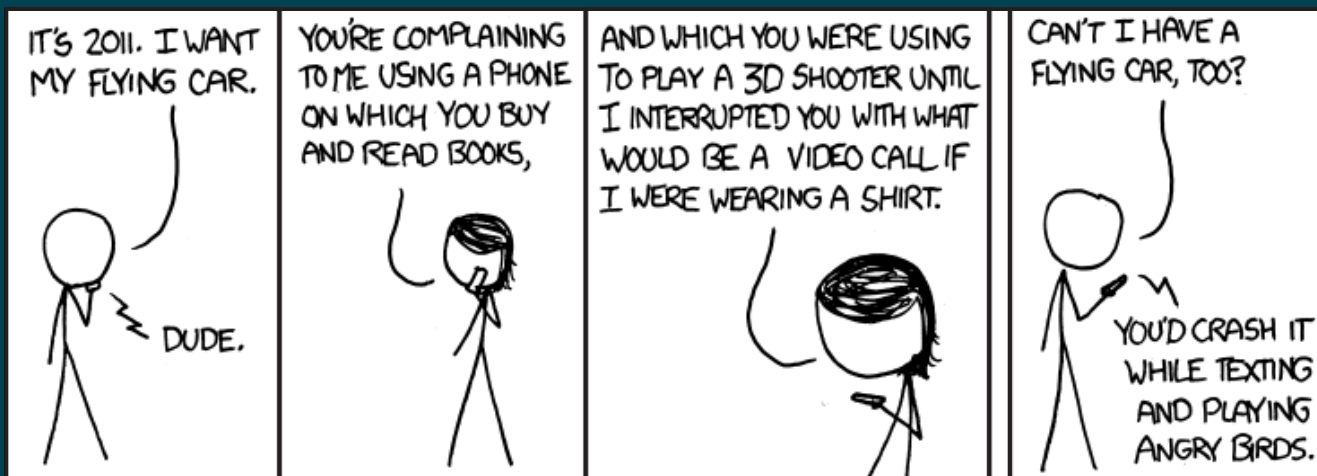
DISKUSSION

Der er flere ting på spil, når vi iagttager, hvordan maskinlæring og kunstig intelligens ændrer på

medier udelukkende skal forstås som udbredelsesmedier for kommunikationen, eller om vi i nogle sammenhænge kan iagttage dem som parter i kommunikationen.

I YouTube-eksemplet ligger problemet i adressatens/egos muligheder for at selektere til kommunikation. Relaterede videoer og reklamer, der præsenteres omkring videoen, sætter videoen ind i en ny kontekst, og samtidig kan videoen også selv danne kontekst for andre videoer. Selvom YouTube ikke er alter, har YouTube alligevel indflydelse på, hvordan alters information bliver meddelt, og dermed hvad ego bliver præsenteret for. Ego selekterer sin forståelse som enheden af forskellen mellem information og meddelelse. Det er altså ikke kun informationen, der afgør forståelsen. Måden, informationen bliver meddelt på, har også en betydning for den forståelse, ego selekterer. At vise relaterede videoer øger sandsynligheden for, at ego tilslutter sig yderligere kommunikation ved at klikke på videoerne. Dette giver god mening, hvis man som YouTube tjener penge på at vise reklamer, men det giver samtidig også YouTube en rolle i forhold til, hvordan ego handler. Spørgsmålet er ikke, om YouTube gør det rigtige/forkerte, eller om det er godt/dårligt. Spørgsmålet er, hvordan vi kan inkludere dette eksempel i kommunikationsbegrebet. Hvor vi i tidligere former for kommunikation kunne gennemskue, hvem der meddelte

vilkårene for kommunikation. Vedrørende de to ovenstående eksempler vil jeg fremhæve tre problemer i forbindelse med forståelsen af kommunikationsbegrebet. Det første er et problem i forhold til adressatens selektion til kommunikation. Dernæst er der et problem med selektionen af information, og sidst et problem i forhold til, hvem der er den meddelende. Dette er problemer, der leder frem mod diskussionen af, om de digitale



noget, og hvordan det blev meddelt, har vi nu en situation, hvor YouTube er part i kommunikationen, fordi tilslutningen til yderligere kommunikation bliver formet af mediet selv.

I eksemplet med den genererede tekst er der også problemer i forhold til kommunikationsbegrebet. For det første er der ingen sammenhæng mellem den information, der blev meddelt på de oprindelige websider, og den information, som bliver meddelt i den genererede tekst. Og for det andet har vi slet ikke noget ophav til teksten. I forhold til vores forståelse af kommunikation er problemet, at alter bliver forstået som et psykisk eller socialt system, men i og med, at teksten ikke har et sådant ophav, og at informationen ikke er blevet selekteret gennem hverken bevidsthed eller kommunikation, får vi problemer, når vi skal forklare, hvordan teksten kan indgå i kommunikation.

Hvis vi insisterer på, at den dobbelte kontingens skal kunne findes på *begge sider* (som det er antydnet i det indledende citat), opstår det problem, at vi ved, at denne tekst er genereret af en maskine og ikke gennem en bevidsthed eller kommunikation. I dette konkrete tilfælde ved vi dog, at der er blevet anvendt et neuralt netværk, og derfor ved vi også, at teksten er genereret ud fra sandsynligheder. Det er spørgsmålet, om det tilfredsstiller problemet med den dobbelte kontingens? En ting er, at computeren ikke opererer gennem hverken bevidsthed eller kommunikation, men kan vi sige, at den står med et kontingent valg, både med hensyn til, hvordan den skal forstå os, og hvordan den skal handle i kommunikationen? Det er et interessant spørgsmål, men spørgsmålet er også, om vi overhovedet behøver at svare på det. Under alle omstændigheder vil det altid være sådan, at vi ikke har nogen vished i forhold til det, vi står over for. Luhmann indleder faktisk selv sin definition af problemet med den dobbelte kontingens ved at kalde parterne for *black boxes* (Luhmann

2000a, s. 149). Han nævner sågar muligheden for en forbindelse til den almene systemteori, altså den del af systemteorien, der beskæftiger sig mere indgående med trivielle systemer. Vi kan altså godt stå i situationer, hvor problemet med den dobbelte kontingens kun findes på den ene side. Det skal ikke forstås som en egenskab, men som et vilkår – altså, at vi, uanset om det er et menneske eller en maskine vi står over for, ikke har adgang til systemets operationer. Dette peger også tilbage til den strukturelle kobling i forbindelse med kunstig intelligens. Hvis teksten bliver meddelt som en del af kommunikationen, er det måske lige meget, hvordan informationen er blevet selekteret – om det er gennem bevidsthed eller kommunikation, eller om teksten er blevet genereret af en computer.

Når vi læser teksten, er vi under alle omstændigheder ikke klar over, hvem eller hvad der har frembragt teksten. Det kunne lige så vel være en person, som det kunne være en maskine. Og samtidig er det heller ikke vigtigt, om der er tale om rigtig eller forkert information. Det væsentlige er, at teksten er blevet meddelt, og dermed er der også nogen eller noget, der har meddelt den. Vi kan bruge Twitter som eksempel og forestille os, at teksten er et tweet. Dermed er der også en Twitter-profil, der står som den meddelende. På samme vis, som Nordjyllands Politi (@NjylPoliti) også har en Twitter-profil, uden at vi nødvendigvis er klar over, om det er en person eller en maskine, der tweeter fra denne profil. Vi prøver at forstå meddelelsen ud fra forudsætningen om, at det er politiet, der vil informere os om noget. Det vil sige, at ego læser teksten, fordi den er blevet meddelt, og ego samtidig har en mere eller mindre klar idé om, hvem der har meddelt informationen. I det øjeblik meddelelsen er blevet forstået, kan vi tale om kommunikation.

I forhold til kommunikationsbegrebet står vi altså i en situation, hvor vi måske har en idé om, hvem eller hvad alter er, men vi kan ikke vide noget

om, hvordan alter opererer, og dermed, hvordan information er blevet selekteret. Alter vil til enhver tid optræde hos ego som et alter ego – altså som egos egen konstruktion af, hvem alter er. Man kan sige, at der sker en form for *antropomorfisering*, f.eks. hvis vi interagerer med computeren, som om den var en person. Vi ser tegn (f.eks. skrift) som et udtryk for, at nogen vil kommunikere med os, selvom den meddelende måske ikke er en person. Dette ændrer som sådan ikke forståelsen af kommunikationsbegrebet, men i en eller anden udstrækning kan man sige, at forståelsen af alter bliver radikaliseret gennem den usikkerhed, der ligger i, hvem eller hvad alter er. En radikalisering, der sætter streg under forståelsen af, at alter til enhver tid er egos egen konstruktion som et alter ego.

Hvis de digitale medier udelukkende kunne iagttages som udbredelsesmedier, ville vi ikke stå med disse problemer. I så fald ville vi kunne sige, at mediet var "transparent" i forhold til det meddelte, eller til kommunikationen i det hele taget. F.eks. at ego hører det, alter siger, eller kan læse det, alter skriver. Det tager vi for givet, men i virkeligheden forholder det sig måske modsat. Kommunikation er mulig til trods for, at vi uundgåeligt må benytte os af et udbredelsesmedie. Så spørgsmålet er, om ego i det hele taget hører det, der bliver sagt? Trods vores opfattelse af, at udbredelsesmedierne er transparente, er dette måske bare én iagttagelse af flere. Den diskussion er der desværre ikke plads til her, men det er tydeligt, at vi ikke bare kan forstå udbredelsesmedierne som transparente. Udbredelsesmedier – og her specielt de digitale medier – er i større eller mindre grad part i kommunikationen, fordi de former det meddelte. I nogle tilfælde forgår dette i mindre grad, som i eksemplet med YouTube, hvorimod eksemplet med den genererede tekst viser, hvordan medier nærmest overtager rollen som en kommunikationspartner.

KONKLUSION

I denne artikel har jeg gennem eksempler diskuteret det overordnede spørgsmål om, hvorvidt maskinlæring og kunstig intelligens giver anledning til at ændre forståelsen af de digitale medier som enten udbredelsesmedier eller som part i kommunikationen.

Det indledende citat af Luhmann åbnede for diskussionen af, om den dobbelte kontingens skal "findes på begge sider". Efter ovenstående diskussion står dette spørgsmål stadig åbent. For det første kan det være svært at afgøre (black box), hvem man står over for. For det andet kan det være svært at afgøre, hvordan computeren opererer – om der er tale om kontingente valg. Dette viser sig specielt i eksemplet med den genererede tekst, hvor det er svært at forestille sig, at man til enhver tid skulle afvise noget meddelt, alene fordi det meddelte ikke er meddelt af et system, der opererer gennem bevidsthed eller kommunikation.

Eksemplerne viste, hvordan kommunikationen via de digitale medier ændrer vilkårene for kommunikationen. Den primære ændring ligger i forståelsen af den meddelende, som vi under normale omstændigheder ville sige opererer gennem enten bevidsthed eller kommunikation. Dette kan vi dog ikke være sikre på,

og vi må derfor se på, hvordan computeren strukturelt kobler sig til enten bevidstheden eller til kommunikationen. I denne ændring ligger samtidig forståelsen af, hvordan information opstår eller selekteres. Konklusionen må derfor være, at det ikke handler så meget om den meddelende og dennes selektion af information, men mere om adressatens mulighed for at selekttere forståelse ud fra det meddelte.

I diskussionen kommer det ligeledes frem, at det ikke handler om et enten-eller – om, hvorvidt de digitale medier er udbredelsesmedier, eller om de er part i kommunikationen. I nogle tilfælde er mediet "transparent" og i andre tilfælde – f.eks. hvis der anvendes kunstig intelligens og maskinlæring – kan mediet nærmest overtage funktionen som den meddelende. Det giver mere mening at tale om vilkår for kommunikationen – altså, at mediet har en form, der meddeler information på en bestemt (eller ubestemt) måde.

Erkendelsen af, at de digitale medier ikke er transparente, er vigtig både i udviklingen af medierne og i anvendelsen af dem. Når man udvikler et digitalt medie, kan intentionen være, at mediet skal være godt, nyttigt, spændende eller sandfærdigt. Men hvis man implementerer en former for maskinlæring, skal man

være klar over, at modellerne kan udvikle sig i forkerte retninger, når de anvendes af mennesker. I denne sammenhæng er der en bevægelse i retning af, at udviklere skal være mere bevidste om de etiske spørgsmål i anvendelsen af maskinlæring. Et kommercielt eksempel på dette er Google, der har formuleret retningslinjer i forhold til ansvarlig og retfærdig anvendelsen af AI (Google u.å.). Tilsvarende kan man sige, at brugere af medierne også skal være opmærksomme. Hvis man f.eks. iagttager det filtrerede nyhedsfeed på sociale medier, er der ikke *nogen*, der har lavet feedet. Feedet er så at sige opstået i mediet selv på baggrund af de anvendte algoritmer. Det kan være et godt eller et dårligt feed, men konklusionen må være, at man som bruger skal forholde sig til feedet som sådan. Disse forhold indrammes af kommunikationsbegrebet, f.eks. ved, at *fake news* godt kan blive "virkelighed", fordi der basalt set er tale om information, til trods for at informationen ikke er korrekt. Den er blevet meddelt, og dermed må kommunikationen også forholde sig til den. På den måde kan man sige, at computeren bliver en del af samfundsdebatten – ikke kun som medie, men også som kommunikationspartner.

Litteraturliste

- Biswal, S.K., Gouda, N.K., 2020. Artificial Intelligence in Journalism: A Boon or Bane? I: Kulkarni, A.J., Satapathy, S.C. (Red.), *Optimization in Machine Learning and Applications. Algorithms for Intelligent Systems*. Singapore: Springer. s.155–167. doi: 10.1007/978-981-15-0994-0_10
- Bolter, J.D., Grusin, R., 2000. *Remediation: Understanding New Media*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Bryant, A., 2020. What the Web Has Wrought. *Informatics*, 7(2). doi: 10.3390/informatics7020015
- Covington, P., Adams, J., Sargin, E., 2016. Deep Neural Networks for YouTube Recommendations. I: *Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems*. New York: ACM. s.191–198. doi: 10.1145/2959100.2959190
- Foerster, H. von, 2003. Perception of the Future and the Future of Perception. [online]. I: *Understanding Understanding*. New York, NY: Springer New York. s.199–210. doi: 10.1007/0-387-21722-3_7
- Google, u.å. *Our Principles – Google AI*. [online]. Hentet fra <https://ai.google/principles/> [set 30.5.2021].
- InferKit, 2020. *Documentation – Text Generation*. [online]. Hentet fra <https://inferkit.com/docs/generation> [set 11.12.2020].
- Joachims, T., Radlinski, F., 2007. Search Engines that Learn from Implicit Feedback. *Computer*, 40(8), 34–40. doi: 10.1109/MC.2007.289
- Luhmann, N., 2016. *Samfundets samfund*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Luhmann, N., 2002. The Cognitive Program of Constructivism and the Reality That Remains Unknown. I: Luhmann, N., Rasch, W. (Red.), *Theories of Distinction: Redescribing the Descriptions of Modernity, Cultural memory in the present*. Stanford, Calif: Stanford University Press. s.128–152.
- Luhmann, N., 2000a. *Sociale systemer: Grundrids til en almen teori*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Luhmann, N., 2000b. *The Reality of the Mass Media*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Turing, A.M., 2009. Computing Machinery and Intelligence. I: Epstein, R., Roberts, G., Beber, G. (Red.), *Parsing the Turing Test*. Dordrecht: Springer Netherlands. s.23–65. doi: 10.1007/978-1-4020-6710-5_3
- XKCD, 2011. *Flying cars*. [online]. Hentet fra <https://xkcd.com/864/> [set 16.2.2021].
- XKCD, 2007. *Turing Test*. [online]. Hentet fra <https://xkcd.com/329/> [set 16.2.2021].

INTERNET OF THINGS I SUNDHEDSBRUG

En sikkerhedsanalyse

Internet of Things (IoT) opnår stigende udbredelse i samfundet, herunder sundhedssektoren. Desværre er informationssikkerheden i disse enheder ofte mangelfuld. Der undersøges, om datatrafikken i et sundheds-IoT-system er forsvarligt sikret. IoT-systemet, som undersøges, er udlånt af en virksomhed og er et system til lokationssporing af demente personer. Sikkerhedsundersøgelsen bliver lavet med udgangspunkt i begreberne confidentiality, integrity og availability. Til at undersøge sikkerheden samt underbygge de fundne sårbarheder udarbejdes en litteraturundersøgelse, hvor informationen søges frem i udbredte tidsskrifter. Desuden laves en forsøgsopstilling til undersøgelsen. Ud fra undersøgelserne kan det ses, at der primært er udfordringer med sikkerheden ift. kodeord samt med kommunikationsprotokoller. Undersøgelserne resulterer i en tjekliste, hvor sårbarheder er listet, samt henvisning til begreberne C, I og A (confidentiality, integrity og availability), og der gives anbefalinger til håndtering af sårbarhederne. Denne tjekliste er tiltænkt IT-ansvarlige i kommuner, på plejehjem mv., som kan bruge listen ved indkøb af sundheds-IoT-udstyr.

FORFATTERE

Henning Thomsen, ph.d., adjunkt,
IT-uddannelserne, UCN

Simon Kongshøj, lektor, IT-uddan-
nelserne, UCN

Ib Helmer Nielsen, lektor, IT-uddan-
nelserne, UCN

Henrik Munk Hvarregaard, lektor,
IT-uddannelserne, UCN

Per Trosborg, lektor, IT-uddannel-
serne, UCN

INDLEDNING

IoT er et begreb, som har fået stigende betydning i det moderne samfund. Dette gælder både inden for områder såsom smarte hjem, sundhed samt sporing af genstande såsom biler, cykler mv. IoT er kendetegnet ved, at de enheder, som indgår i et sådant system, ikke er direkte styret af mennesker, men fungerer autonomt.

IoT er efterhånden blevet særdeles udbredt, herunder til sundhedsbrug. Her kan nævnes enheder såsom fitnesstrackere, blodtryksmålere og intelligente personvægte. Disse er, som andre IoT-enheder, forbundet til internettet, og brugeren og/eller dennes hjælper kan så se status fra f.eks. fitnesstrackeren på sin smartphone. I artiklen ses kun på

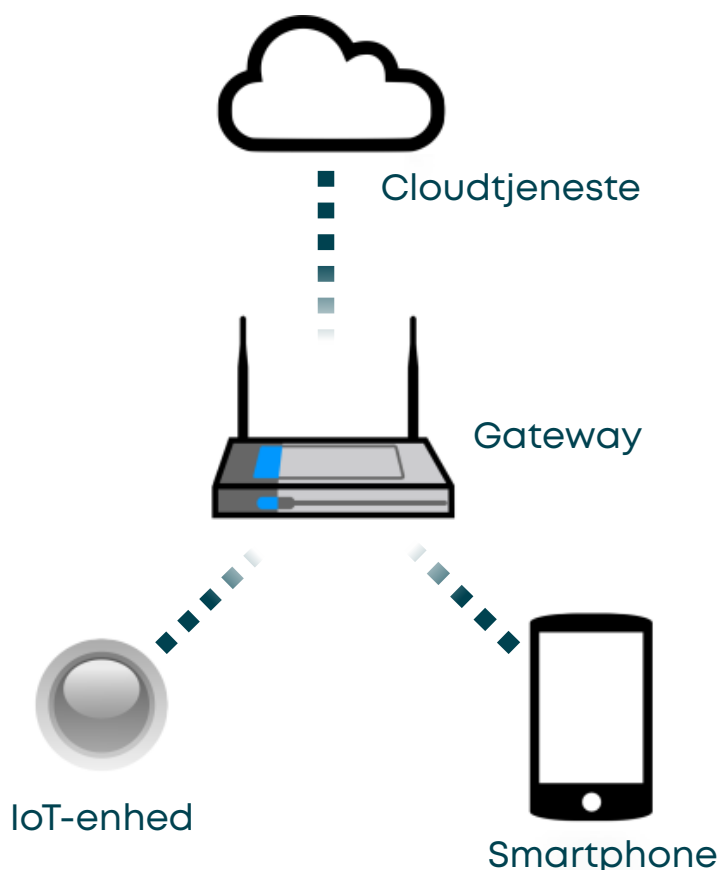
sundheds-IoT-enheder, som bliver anvendt i borgerens hjem og på plejehjem. IoT-enheder, som bliver anvendt på sygehuse, er ikke indbefattet i undersøgelse.

Denne artikel er udarbejdet i forbindelse med et forskningsprojekt, "IT-sikkerhed inden for Sundheds-IoT", som er et samarbejde mellem IT-uddannelserne på UCN, forskningsprogrammet Teknologier i Borgernær Sundhed ved UCN samt en virksomhed, som fremstiller sporingenheder til demente personer. I forskningsprojektet sigtes mod at udarbejde en tjekliste, som IT-ansvarlige personer ved kommuner, plejehjem mv. kan bruge, når de planlægger indkøb af IoT-udstyr til sundhedsbrug.

Arkitekturen i en generisk IoT-løsning er vist i figur 1. På figuren ses en IoT-enhed, som kommunikerer til og fra en central enhed, kaldet en gateway. Mange IoT-enheder til sundhedsbrug har en tilhørende app, som brugeren skal installere på sin smartphone. Denne app bruges f.eks. til at vise status for IoT-enheden og give brugeren et overblik over enheden – eller enhederne, såfremt der er flere. Brugers smartphone (og evt. computer og/eller tablet) kan også kommunikere med IoT-enheden via gatewayen. Endelig er IoT-systemet typisk forbundet til en cloudtjeneste. Formålet med denne er bl.a. at lave databehandling, som så efterfølgende bliver vist for brugeren.

I de senere år er der sket en stor stigning i antallet af IoT-enheder, som er forbundet til internettet, og denne tendens viser en seksdobling i antal forbundne enheder fra 2012 til 2020 (Burhan, et al., 2018). Producenter af IoT-enheder er ofte meget interesserede i at få deres enhed først på markedet. Dette medfører ofte, at IT-sikkerheden i disse

Figur 1: Kommunikationsveje i et IoT-system, (udarbejdet af forfatterne, 2021.)



enheder ikke har førsteprioritet (O'Connor, et al., 2019). Endelig har det medført mange brud på IT-sikkerheden, hvor udefrakommende personer (såsom hackere) har kunnet se personfølsomt data fra sådanne IoT-enheder.

Inden for sundheds-IoT er korrekt og ansvarlig håndtering af personfølsomme data særdeles vigtigt, men det er langt fra altid tilfældet, at sådanne data bliver beskyttet og håndteret forsvarligt. Dette har motiveret til at undersøge IT-sikkerheden i sundheds-IoT nærmere, hvilket er fokus i denne artikel. Denne artikel er struktureret på følgende måde:

I næste afsnit beskrives problemstillingen, som behandles, efterfulgt af baggrundsteori, som benyttes til at underbygge denne problemstilling og dennes løsning. Dernæst

bliver metoden beskrevet, herunder forsøgsopstillingen. Dette efterfølges af en analyse af resultaterne. Dernæst konkluderes på artiklen, og der gives forslag til videre arbejde. Artiklens opbygning er vist på figur 2.

PROBLEMSTILLING OG MOTIVATION

Ud fra ovenstående er der nået frem til følgende problemstilling:

Hvilke sikkerhedsmæssige trusler og risici er der ved installation og ibrugtagning af IoT-enheder til sundhedsbrug, herunder sårbarheder inden for datakommunikation og -lagring.

KARAKTERISERING AF SUNDHEDS-IOT

Sundheds-IoT er en gren af IoT som er i kraftig vækst, og der forventes en firedobling i markedsværdien på

Figur 2: Oversigt over artiklens opbygning. (Figuren er udarbejdet af forfatterne, 2021.)



globalt plan fra 2018 – 2022 (Taylor, et al., 2018). Dette er formentligt en konsekvens af det øgede fokus på sundhed og velvære i samfundet, øgede krav om digitalisering – smartphonens udbredelse. Eksempler på anvendelser er fitnessstrackere, persontrackere, blodtryksmålere, intelligente personvægte, blodsuktermålere mv. Ligesom det er tilfældet i "almindelig" IoT, følger sundheds IoT også den samme overordnede opbygning (se figur 1), samt dataforbrug, strømforbrug mv. Der kan dog være forskelle, f.eks. bruger IoT-enheden, som vi undersøger i denne artikel ikke en gateway, men kommunikerer direkte til en cloud-tjeneste. Kommunikationen i IoT-systemer er typisk autonom.

SIKKERHEDSMÅL

Inden for IT-sikkerhed anvendes CIA-triaden. Denne står for confidentiality, integrity og availability (Pfleege, et al., 2015). På dansk er dette hhv. fortrolighed, integritet og tilgængelighed. Disse begreber er udbredt inden for sikkerhedsanalyse, specielt ifm. klassifikation af sårbarheder (Pfleege, et al., 2015). I en IoT-kontekst betyder fortrolighed, at udefrakommende personer ikke kan læse de data, som bliver sendt mellem komponenterne i systemet (IoT-enheden, gateway og servere). Det betyder også, at data, som gemmes på komponenterne, bliver sikret. Integritet betyder, at uvedkommende ikke kan ændre i de data, som bliver sendt eller er gemt. Tilgængelighed betyder, at systemet (herunder data) skal være tilgængeligt for autoriserede brugere.

Fortrolighed, integritet og tilgængelighed er *sikkerhedsmål* for et IoT-system. Fortrolighed opnås eksempelvis vha. kryptering af datatrafikken. Integritet opnås eksempelvis igennem autentificering af datatrafikken, og endelig kan tilgængelighed opnås ved at blokere for uvedkommende trafik udefra. I yderste konsekvens kan

ændringer i data have alvorlige konsekvenser for patient, behandlere og pårørende.

Brud på fortrolighed sker ofte, når datatrafikken ikke er tilstrækkeligt beskyttet mod læsning af udefrakommende. Dette sker ofte ved, at datatrafikken ikke er krypteret (eller at krypteringen ikke har tilstrækkelig kvalitet). Brud på integritet sker, når der ikke er tilstrækkelig validering af datatrafikken. Dette sker ofte, hvis de metoder, som bliver brugt til validering, er forældede eller uegnede til formålet. Endelig sker brud på tilgængeligheden når IoT-enheder (her tænkes specielt på cloudtjenesten) bliver udsat for en stor mængde forespørgsler inden for kort tid. Dette medfører, at de bliver utilgængelige.

METODE

I projektet bruges design and development research (Ellis & Levy, 2010), hvilket er en udbredt fremgangsmåde inden for forskning i emner vedrørende IT, herunder IT-sikkerhed. Dette er kendetegnet ved, at forskningen resulterer i et artefakt, som kan anvendes af målgruppen. I nærværende tilfælde er artefaktet en tjekliste, og målgruppen er IT-ansvarlige i kommuner og regioner.

Design and development research er kendetegnet ved, at der er seks trin i forskningen. Første trin er identificering af problemet, efterfulgt af en beskrivelse af målene. Dernæst skal et artefakt designes og udvikles. Dette kan være et softwareprodukt, en anbefaling eller lignende. Fjerde trin er test af artefaktet, og trin fem er evaluering af testen. Det sidste trin er formidling af resultaterne.

I første trin er litteraturen omhandlende IT-sikkerhed undersøgt mhp. at få et overblik over, hvilke sårbarheder der er relevante og udbredte inden for IoT. I trin to er målene i projektet beskrevet i form af en problemformulering. Det tredje trin er design af et artefakt, som i denne artikel er en tjekliste. I

det fjerde trin tages udgangspunkt i en case, hvor sikkerheden bliver testet. Evalueringen af testen, som er det femte trin, munder ud i tjeklisten. Det sidste trin er formidling i form af nærværende artikel. Se figur 2 for artiklens opbygning.

RELEVANT LITTERATUR

I litteraturstudiet undersøges artikler udgivet på konferencer såsom USENIX Security Symposium, IEEE Security & Privacy Conference og ACM SIGCOMM samt mere uformelle publikationskanaler såsom hjemmesider, blogs mv. af ledende forskere inden for IT-sikkerhed.

Artiklen (Newaz, et al., 2020) er en oversigtsartikel over 96 artikler vedrørende IT-sikkerhed, som behandler og kategoriserer angrebstyper inden for IoT til sundhedsbrug. De når frem til, at 24 % af angrebene påvirker fortrolighed, 44 % påvirker integritet, og 32 % påvirker tilgængelighed. De viser også, at 37 % af angrebene er på invasive enheder (såsom pacemakere), 22,2 % af angrebene er på aktive terapeutiske enheder (såsom høreapparater) og 40,7 % er på ikke-invasive enheder.

I (Wood, et al., 2017) undersøger de omfanget og typen af informationslækage i forskellige IoT-enheder. Disse er blodtryksmålere, smarte personvægte og blodsuktermålere. I deres forskning laver de også et program, IoT-Inspector, som brugeren kan benytte til at se, hvor i IoT-systemet der er informationslækage, hvilket ofte skyldes manglende og/eller utilstrækkelig kryptering af data. De når frem til, at en del af de undersøgte enheder sender personfølsomme data (f.eks. blodtryk) ukrypteret, hvilket medfører, at uvedkommende kan læse disse data.

Manglende og utilstrækkelig kryptering bliver også undersøgt i (Loi, et al., 2017), hvori forfatterne undersøger 20 IoT-enheder for omfanget af kryptering sendt over tre kanaler: IoT-enhed til smartphone, smartphone til cloud og

IoT-enhed til smartphone. De når frem til, at de fleste tilfælde af manglende kryptering sker i kommunikationen mellem IoT-enhed og smartphone, mens de andre to kanaler er sikret ret godt. Desuden bliver der vist, at mange enheder lagrer vigtige data (personoplysninger og -målinger) ukrypteret.

En sikkerhedsundersøgelse af en fitnessstracker, som bruger Bluetooth er udført i (Mendoza, et al., 2018). Heri undersøges en fitnessstracker samt dennes tilhørende app og cloudløsning. Deres hovedkonklusion er, at appen bruger http Basic Authentication ifm. brugergodkendelse. Dermed sendes e-mail og kodeord ukrypteret til serveren, hvilket gør, at det er muligt at aflytte disse.

Ud fra ovenstående ses, at der er store udfordringer med fortrolighed i form af manglende og svag kryptering. Disse mangler findes i alle kommunikationskanaler i IoT-systemer. Desuden ses, at der er svagheder med autentificering, blandt andet ift. kodeord. En anden mangel er opdatering og registrering af enheder. Det ses, at sårbarhederne er inden for alle tre grene af CIA.

TJEKLISTER OG ANBEFALINGER

Indenfor IoT har flere aktører udarbejdet oversigter, top-10-liste over sårbarheder og tjeklister til IoT enheder, programmer og opsætning. En udbredt top-10-liste er OWASP IoT Top-10 (OWASP, 2017). Denne liste er resultatet af input fra udviklere, hvor de identificerer de 10 alvorligste sårbarheder inden for IoT. Sårbarhederne på denne liste relaterer sig både til selve IoT-enheden, dennes gateway, cloudløsning samt web- og appløsning. På listen er sårbarhederne delt i tre dele, netværkssikkerhed, softwaresikkerhed (programsikkerhed) og fysisk sikkerhed. Netværkssikkerhed henviser til kommunikationen imellem de enkelte dele i løsningen (se figur 1), herunder manglende/svag kryptering, utilstrækkelig autentificering (af enheder og brugere) samt

netværkstjenester, som accepterer indgående forbindelser unødvendigt.

Et element, som er højt på denne liste, er valg af kodeord. Dette er et punkt, som ikke udelukkende er et problem ved IoT, men også inden for andre IT-områder. Konkret er der tale om, at kodeordene er for korte, eller at de allerede findes i en ordbog. Dette gør det nemt for udefrakommende personer at lave automatiserede programmer, som tester alle mulige kodeord mhp. at få adgang til IoT-systemet (og dermed brugerens data). Ansvarligt valg af kodeord beror på, at uvedkommende personer ikke kan gætte sig frem til kodeordet. Et godt udgangspunkt i denne sammenhæng er, at kodeordet er mindst 10 tegn og indeholder små og store bogstaver, tal samt specialtegn. Desuden bør kodeord ikke kunne findes i en ordbog (Zhang-Kennedy, et al., 2016).

Opdatering af IoT-enheder er også et sårbarhedspunkt. Selve IoT-enhederne kører noget firmware. Denne firmware skal ligesom alle andre programmer sikkerhedsopdateres, når der er behov for det. En udfordring heri, som også er blevet påpeget i (Ly & Jin, 2016) ifm. undersøgelse af fitnessstrackere, er, at denne firmware ikke er valideret af

fabrikanten. Dette medfører, at det i teorien er muligt for udefrakommende personer at installere en modificeret firmware på en sådan enhed. Inden for CIA er dette et brud på integritet.

En anden liste er IoT-tjekliste til virksomheder, udarbejdet af Rådet for Digital Sikkerhed (Rådet for Digital Sikkerhed, 2020). I lighed med OWASP-listen har denne fokus på adgangskoder. Desuden er der også fokus på netværkssikkerhed såsom opdeling af netværk (så IoT-enhederne er på et separat netværk), frakobling af UPnP (UPnP står for Universal Plug and Play og gør det muligt for IoT-enheden at åbne for adgang til udefrakommende trafik uden brugerens eksplicitte samtykke) og kryptering af datatrafik og -lagring.

SUNDHEDS-IOT-ENHEDEN, SOM BLIVER UNDERSØGT

Til at undersøge IT-sikkerheden i et konkret produkt er et IoT-produkt udlånt til personsporing af en samarbejdspartner. Dette produkt er tiltænkt ældreplejen og bruges både af personer med mild demens (som p.t. bor hjemme) samt personer med svær demens, som bor på et plejehjem. De enkelte komponenter i produktet er vist på figur 3.

Figur 3: De enkelte komponenter i IoT-enheden, som undersøges.



Billedet er udarbejdet af forfatterne, 2021

Selve produktet, som vist på figuren, består af en brik (polet), som den demente person skal have i lommen. Desuden består systemet af en base, som skal placeres i borgerens hjem eller plejehjem. Denne base indikerer for systemet, hvor borgerens hjem er. Når brikken ikke er inden for basens rækkevidde, vil dette opfattes som, at borgeren ikke er i sit hjemmeområde. Systemet består også af en app, som plejepersonalet installerer på deres smartphone. Denne app viser status for de personer, som har bevæget sig uden for deres hjemmeområde (enten hjemme hos sig selv eller på plejehjemmet). Systemet består også af en oplader til trådløs opladning af brikken.

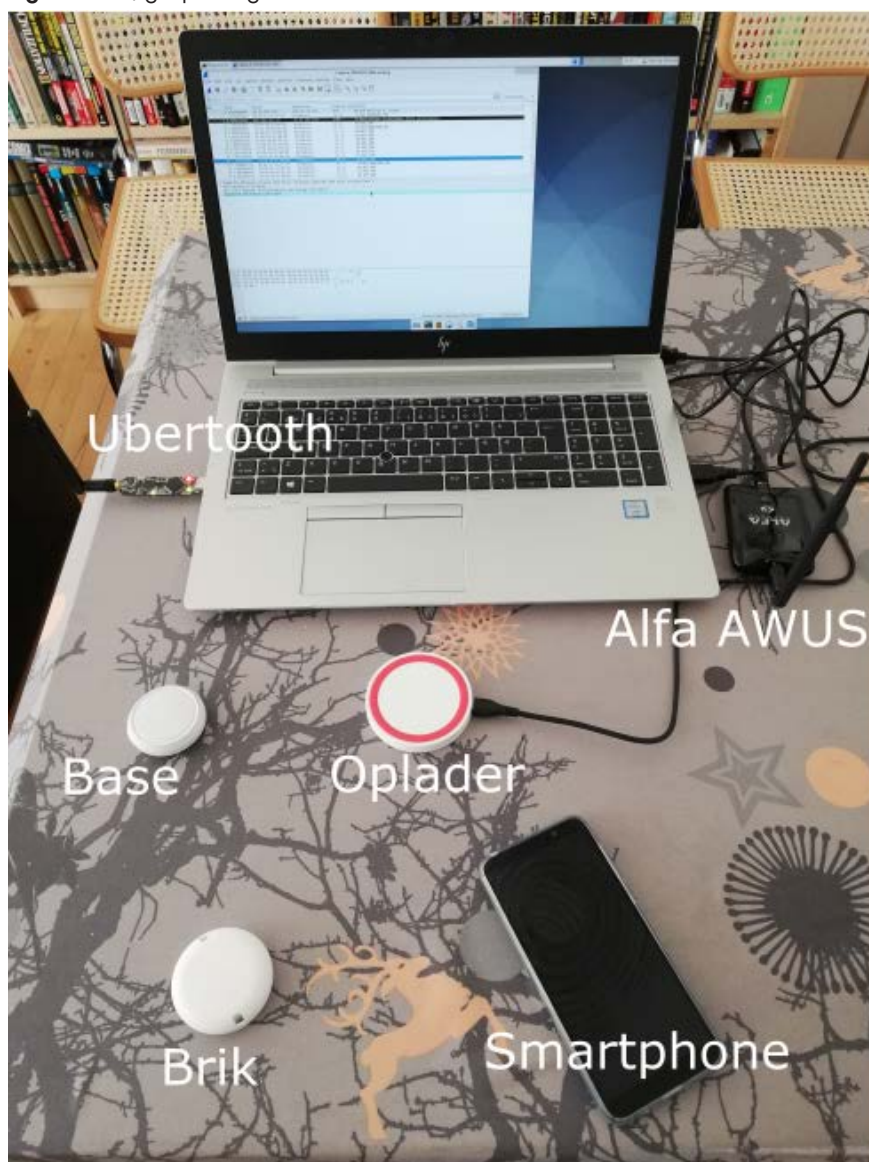
Ud fra vores litteratursøgning, søgning i eksisterende tjeklister samt med udgangspunkt i den udlånte enhed behandles følgende spørgsmål:

- (1): Er der nogen regler for valg af kodeord, i så fald hvilke?
- (2): Er datakommunikationen og -lagringen i IoT-systemet sikret tilstrækkeligt, og er det muligt at måle dette (også automatisk)?
- (3): Er det muligt at forfalske basen i IoT-systemet og dermed sætte systemet i en tilstand, hvor det altid er i alarm?
- (4): Er det muligt at aflytte og/eller ændre datatrafikken mellem IoT-enheden (både brik og base) og dennes app?

FORSØGSOPSTILLING

Vores forsøgsopstilling er vist på figur 4. Spørgsmålene 1, 2, 3 og 4 i forrige afsnit vil blive undersøgt med udgangspunkt i denne opstilling. På figuren ses brikken, som er den enhed, brugeren (f.eks. den demente person) skal have med sig. Desuden vises hjemmebasen. Der ses også en smartphone, hvorpå den tilhørende app bliver installeret. Endelig vises en laptop til dataopsamling og -behandling, inklusiv udstyr til at undersøge Bluetooth Low Energy- (BLE) trafik (Ubertooth

Figur 4: Forsøgsopstillingen.



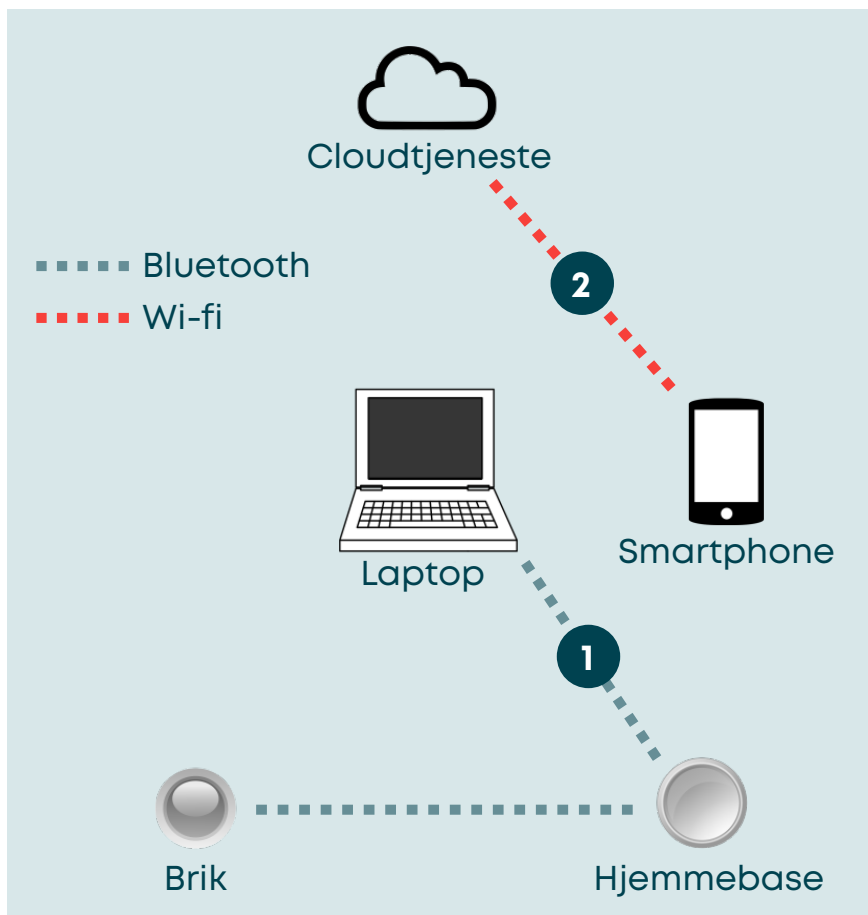
på figuren) samt wi-fi-trafik (Alfa AWUS på figuren). Dette er i overensstemmelse med en typisk IoT-opstilling (se figur 1).

Brikken sender regelmæssige lokationsdata via Narrow-Band IoT (NB-IoT) til cloudserveren. NB-IoT er et landsdækkende telenetværk tiltænkt IoT-enheder. Hjemmebasen, som skal monteres i brugerens eget hjem eller plejehjem, sender regelmæssigt signaler (kaldet beacons) over BLE. Hvis brikken kan modtage disse BLE signaler, er den inden for rækkevidde og sender dermed ikke lokationsdata over NB-IoT. Hvis den modsat ikke kan modtage disse signaler, opfattes

det som, at brikken (og dermed personen, som bærer den) er uden for sit hjem/plejehjem, og dermed sendes en alarm til cloudserveren samt en alarm til smartphonen. Appen kommunikerer med en cloudserver. På figur 5 er vist et diagram over enheden og kommunikationsveje, herunder de målepunkter, som er relevante for vores undersøgelser.

I forsøget måles BLE-trafik (indikeret med et "1" på figuren) og wi-fi-trafik (indikeret med et "2"). Førstnævnte bliver målt med en Ubertooth One r161-p14, som er en enhed, der kan opsamle BLE-trafik. Wi-fi-trafik bliver målt med en Alfa

Figur 5: Kommunikationsveje og -målepunkter i opstillingen.
(Figuren er udarbejdet af forfatterne, 2021.)



AWUS036NHA wi-fi-usb-dongle. Begge enheder tilkobles en HP EliteBook 850 G6 laptop, og selve datatrafikken (BLE og wi-fi) opsamles og undersøges med programmet på denne laptop.

Ud over ovenstående undersøgelser er der lavet en brugstest af enheden. Der er fra fabrikantens side oprettet en brugerkonto til formålet. Følgende er undersøgt:

1. Er kodeordet ved oprettelse af bruger fra fabrikantens side sikkert og forsvarligt?
2. Ved skift af brugerens kodeord: Hvilke regler er der ved valg af nyt kodeord (længde af kodeord, valg af tegn i kodeordet, genbrug af gammelt kodeord)?

RESULTATER

I dette afsnit besvares spørgsmålene 1, 2, 3, og 4, som er fundet ved undersøgelsen i forrige afsnit.

Det første spørgsmål vedrører valg af kodeord. Der er, ud fra undersøgelsen, ikke noget krav om at ændre kodeordet ved sin brugerprofil, efter at denne er oprettet fra fabrikantens side. Ved valg af nyt kodeord viser testen, at korte kodeord (mindre end 10 tegn) samt kodeord, som kan findes i en ordbog, accepteres. Desuden kan man, efter at have skiftet til et nyt kodeord, skifte tilbage til sit gamle kodeord igen. Dette er mangelfuldt jf. (Zhang-Kennedy, et al., 2016).

For at besvare spørgsmål 2 er datakommunikationen undersøgt (via wi-fi og Bluetooth), som vist i forrige afsnit. Vedrørende wi-fi (målepunkt 1 i figur 5) så benytter enheden sig af WPA-PSK2, hvilket i skrivende stund giver god beskyttelse både ifm. fortrolighed og integritet (Pfleege, et al., 2015).

Selve datakommunikationen mellem smartphone og cloud er beskyttet med Transport Layer Security (TLS), hvilket giver god sikkerhed ift. fortrolighed og integritet. TLS er en udbredt standard til sikker datakommunikation på computernetværk.

Undersøgelsen af Bluetooth har vist, at produktet bruger en udfaset version af Eddystone-protokollen, hvilket kan udgøre en sikkerhedsrisiko.

Vedrørende spørgsmål 3, så er basen, som bliver brugt, et standardprodukt, og undersøgelserne har vist, at der er en mulighed for at forfalske denne base. Dette kan gøres ved at oprette en Bluetooth-enhed med samme MAC-adresse (en slags ID) som den eksisterende base. Selve brikken bruger enten Bluetooth eller NB-IoT, alt efter om den er inden for basens rækkevidde. Konsekvensen af en sådan forfalskning vil være, at brikken bliver opfattet som værende inden for rækkevidden, hvilket vil svare til, at brugeren vil blive opfattet som værende i sit hjem, selvom brugeren har bevæget sig uden for hjemmet.

Til at besvare spørgsmål 4 viser undersøgelsen, at det ikke er muligt at ændre datatrafikken pga. de anvendte stærke krypteringsmetoder. Det er heller ikke muligt at aflytte private data pga. samme årsag. Det er dog muligt at aflytte metadata. Heri kan være information om afsender og modtager i form af IP-adresser og/eller MAC-adresser.

Tabel 1 viser, ud fra litteratursøgningen og undersøgelsen af IoT-enheden, hvilke opmærksomhedspunkter der er relevante. Denne tabel viser også, hvilke af de tre sikkerhedsmål (CIA) der bliver kompromitteret. Desuden beskrives en anbefaling ud for hvert sårbarhedspunkt. Bemærk, at denne liste ikke er udtømmende, men primært baseres på svarene til spørgsmålene 1, 2, 3 og 4. Denne tabel kan anvendes som en tjekliste for IT-ansvarlige.

Tabel 1: Sårbarheder og anbefalinger ift. sikkerhedsanalysen, 2021. (Tabellen er udarbejdet af forfatterne).

Sårbarhed	Beskrivelse	Sikkerhedsmål kompromitteret	Anbefaling
Svage adgangskoder	Brugere bruger adgangskoder, som er for korte, med ord, som findes i en ordbog mv.	C, I	Kodeord bør være mindst 10 tegn, en blanding af små og store bogstaver, tal og specialsymboler.
Svag opdateringsmekanisme	Opdatering af firmware sker igennem ukrypterede datakanaler, selve firmwaren er ikke integritetstjekket.	I, A	Opdatering bør foregå igennem sikrede netværk og hentes fra pålidelig kilde. Opdatering af IoT-enhed bør ikke sendes via smartphone, men sendes direkte.
Standardkodeord på enheder	Enheder har standardkodeord fra fabrikantens side, f.eks. admin, root eller lignende.	C	Ved ibrugtagning bør disse udskiftes til forsvarlige kodeord.
Registrering af enheder	Enheder bliver koblet til IoT-systemet på en uforsvarlig/ad hoc-metode.	A	Administrator bør lave en liste over enhederne.
Aktivér kryptering af datatrafik	Ukrypteret datatrafik mellem IoT-enheden og internettet gør, at andre personer kan aflytte trafikken.	C, I	Der bør sikres, at enheder anvender tilstrækkelig kryptering: Bluetooth: som minimum version 5. Wi-fi: Brug WPA2-PSK eller WPA2 Enterprise.
Aflytning af datatrafik	En ordartet person kan aflytte datatrafikken, dog kun metadata.	C, I	Der bør sikres, at enheden kører på et separat netværk, som uvedkommende ikke har adgang til (netværkssegregering).

KONKLUSION

Ud fra litteraturstudiet samt casestudiet kan det udledes, at der er problemer med kryptering og autentificering af enhederne. Her skal specielt den manglende kryptering fremhæves. I litteraturen samt casestudiet er der observeret, at sikkert valg af kodeord ikke bliver håndhævet. Det kan her anbefales, at brugeren informeres om regler ifm. valg af kodeord. Casestudiet viser, at det er vigtigt at sikre brugerens data ved at anvende de nyeste krypteringsmetoder af højeste standard.

Der er givet et bud på en liste over sårbarheder samt anbefalinger ift. et IoT-system til sundhedsbrug. Denne liste er baseret på forskningsspørgsmålene, det

dertilhørende litteraturstudie og undersøgelsen af IoT-enheden i casestudiet.

PERSPEKTIVERING

Resultaterne i denne artikel har en direkte anvendelse på uddannelser inden for teknologi og sundhed. På IT-uddannelserne er casen blevet brugt på professionsbachelor i IT-sikkerhed, i forbindelse med undervisning i faget IoT & Cloud. Den er blevet brugt som et eksempel på at vise de studerende, hvordan et IoT-system er opbygget, samt hvilke sikkerhedsaspekter der er relevante. Ligeledes tænkes resultaterne anvendt på IT-teknolog-uddannelsen, i forbindelse med faget Internet of Things.

Inden for sundhedsuddannelserne kan resultaterne f.eks. bruges i faget teknologi på sygeplejerskeuddannelsen mhp. at give de studerende mulighed for at se et eksempel på sundheds-IoT og på, hvad man skal være opmærksom på ift. IT-sikkerhed. Her tænkes f.eks. på anbefalingerne ift. kodeord på appen.

Undersøgelsen er afgrænset til at undersøge enheder inden for borge-rens hjem og plejehjem. Fremtidige studier bør indeholde flere enheder inden for sundheds IoT for at få et mere fuldstændigt billede af sikkerheden. Desuden bør IoT-enheder anvendt på hospitalerne undersøges nærmere ift. sikkerheden, da disse har skærpede sikkerhedskrav. Her tænkes f.eks. på enheder såsom pacemakere.

Litteraturliste

- Burhan, M., Rehman, R. A., Kim, B.-S. & Khan, B., 2018. IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey. *Sensors* 18(9), 24 august, pp. 1-38.
- Ellis, T. J. & Levy, Y., 2010. A Guide for Novice Researchers: Design and *Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE)*, pp. 107-118.
- Jingjing Ren, D. J. D. D. C., Mandalari, A. M., Kolcun, R. & Haddadi, H., 2019. Information exposure from consumer iot devices: A multidimensional, network-informed measurement approach. *Proceedings of the Internet Measurement Conference*, pp. 267-279.
- Loi, F. et al., 2017. Systematically evaluating security and privacy for consumer iot devices. *Proceedings of the 2017 Workshop on Internet of Things Security and Privacy*, pp. 1-6.
- Ly, K. & Jin, Y., 2016. Security Studies on Wearable Fitness Trackers. *IEEE 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*.
- Mendoza, F. A. et al., 2018. Assessment of fitness tracker security: A case of study. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, pp. 12 - 35.
- Newaz, A. I., Sikder, A. K., Rahman, M. A. & Uluagac, A. S., 2020. A Survey on Security and Privacy Issues in Modern Healthcare Systems: Attacks and Defenses. *ArXiv preprint*, 15 maj, pp. 1-40.
- O'Connor, T., Enck, W. & Reaves, B., 2019. Blinded and confused: uncovering systemic flaws in device telemetry for smart-home internet of things. *Proceedings of the 12th Conference on Security and Privacy in Wireless and Mobile Networks*, Issue 140-150.
- OWASP, 2017. *Owasp top 10 - 2017: The ten most critical web application security risks*. [Online]
- Available at: <https://owasp.org/www-pdf-archive/OWASP-IoT-Top-10-2018-final.pdf>
- [Senest hentet eller vist den 19 februar 2021].
- Pfleeger, C. P., Pfleeger, S. L. & Margulies, J., 2015. *Security in Computing*. 5. red. s.l.:Pearson.
- Rådet for Digital Sikkerhed, 2020. *IoT-tjekliste til virksomheder*. [Online]
- Available at: <https://sikkerdigital.dk/media/12542/iot-tjekliste-til-virksomheder.pdf>
- [Senest hentet eller vist den 19 februar 2021].
- Taylor, K., Steedman, M., Sanghera, A. & Thaxter, M., 2018. *Medtech and the Internet of Medical Things: How connected medical devices are transforming health care*, s.l.: Deloitte.
- Wood, D., Apthorpe, N. & Feamster, N., 2017. Cleartext data transmissions in consumer iot medical devices. *Proceedings of the 2017 Workshop on Internet of Things Security and Privacy*, pp. 7-12.
- Zhang-Kennedy, L., Chiasson, S. & Oorschot, P. v., 2016. Revisiting password rules: facilitating human management of passwords. *IEEE 2016 APWG symposium on electronic crime research (eCrime)*, pp. 1 - 10.

XR-GRANSKNING AF INSTALLATIONER

Extended reality-teknologier til granskning, produktion samt kvalitetskontrol af tekniske installationer i byggeriet
– et indledende scoping review

I forskning og på tværs af industrier er der bred enighed om, at extended reality (XR) – en paraplybetegnelse for virtual reality (VR), augmented reality (AR) og mixed reality (MR) – kan øge effektiviteten af arbejdsprocesser samt forbedre kvaliteten af produktionen generelt. Forskning inden for byggeindustrien indikerer, at denne industri ikke er nogen undtagelse. Frem til nu er teknologierne undersøgt ifm. sikkerhed, ledelse, visualisering, design, granskning, produktion, kvalitetskontrol mm. Disse undersøgelser omfavner dog en bred faglighed inden for byggeindustrien og giver derved ikke en særlig indsigt i anvendelsen af XR ifm. tekniske installationer. Formålet med denne undersøgelse er at afdække eksisterende litteratur inden for forskningsområdet. Ved et indledende scoping review afdækkes den videnskabelige litteratur gennem de seneste 10 år ved søgning i Scopus samt gennemgang af conferenceberetningen ConVR. Ved en statistisk gennemgang af 53 relevante artikler og efterfølgende en deskriptiv gennemgang af 14 heraf udvalgte, viser resultaterne, at XR har potentiale til at forbedre gransknings-, kontrol og produktionsprocesser. Desuden viser det sig, at eksisterende studier i høj grad mangler at blive afprøvet i praksis på aktuelle byggeprojekter, samt at disse studier i mindre grad fokuserer på tekniske installationer.

FORFATTER

Meinhardt Thorlund Haahr, Energi- og miljøuddannelserne, UCN

INTRODUKTION

Et byggeprojekt betragtes som vellykket, hvis byggeriet er udført til tiden, til aftalt pris og kvalitet samt opnår en høj grad af kundetilfredshed. Der ses desværre ofte eksempler på, at dette ikke opnås. Det skønnes, at udbedring af svigt, fejl og mangler udgør op til 10-12 % af de samlede omkostninger i byggesektoren.

Afvigelserne opstår hyppigt inden for tekniske installationer, hvilket medfører, at de ikke kan opretholde det ønskede indeklima, eller at de leverer det ønskede indeklima med et væsentligt højere energiforbrug end projekteret. Problemer med forsinkelser, fejl og mangler skyldes bl.a. øget kompleksitet og stigende krav til de tekniske installationer, indeklima og energipræstation (Haahr, Svidt og Jensen, 2019).

Design og udførelse af byggeri og dets tekniske installationer er en

kompleks proces, da byggerier er unika, og samarbejdspartnerne er mange og forskellige fra projekt til projekt. De nuværende design- og granskningsprocesser i designfasen kommunikerer overvejende via medier som Building Information Model (BIM), hvor gransknings-, produktions- og kontrolprocesser i udførelsesfasen i overvejende grad kommunikerer via medier såsom 2D-tegninger og beskrivelser samt i mindre grad 3D-modeller (Johansson og Roupé, 2019; Haahr, Svidt og

Jensen, 2019). Disse eksisterende medier stiller høje krav til den enkelte aktørs evne til at indkode og afkode informationer, hvilket resulterer i en højere kognitiv belastning for aktøren (Johansson and Roupé 2019; Kwiatek et al., 2019).

Extended reality (XR) giver en løsning på dette problem. XR er et fagudtryk, der henviser til alle virkelige og/eller virtuelle kombinerede miljøer og interaktioner mellem mennesker og maskiner genereret af computerteknologi og kropsbåren teknologi, hvor 'X' repræsenterer en variabel for enhver nuværende eller fremtidig rumlig computerteknologi. Det inkluderer repræsentative former som virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR) og områderne interpoleret blandt dem. Ved brug af XR er det muligt at opnå en mere naturlig og intuitiv gennemgang i størrelsesforhold 1:1, svarende til den, der benyttes i opførte bygninger, se figur 1. Litteraturstudier viser, at XR kan fremme mange formål i byggebranchen, herunder bl.a. 1) granskning, 2) visualisering, 3) tværfagligt samarbejde 4) kvalitetskontrol og 5) beslutningsproces (Rankohi and Waugh, 2014; Alizadehsalehi, Hadavi og Huang, 2020; Wen og Gheisari, 2020). Granskning, produktion og kontrol af byggeri ved brug af VR (Zaker og Coloma, 2018; Wolfartsberger, 2019; Johansson og

Roupé, 2019), AR (Kwiatek et al., 2019) og MR (El Ammari og Hammad, 2019) er undersøgt i nævnte studier. XR kan afklare mange aspekter af designet, der er vanskelige at forstå gennem traditionelle designdokumenter, heriblandt kollisionskontrol og mangel på plads til tekniske installationer (Zaker og Coloma, 2018). Derudover viser det sig, at aktører med mindre erfaring med brug af informationsteknologi (IT) og BIM, hvilket ofte er tilfældet ved tekniske installationer, har en præference for at bruge XR, da det i højere grad afspejler det reelle arbejdsmiljø (Wolfartsberger, 2019). I stedet for at tale i abstraktioner giver teknologierne en mere håndgribelig referenceramme, hvilket formindsker forståelsesgabets mellem aktørerne, herunder særligt for visuelle og ikke-visuelle tænkere (Johansson og Roupé, 2019).

Eksisterende studier argumenterer positivt for, at XR kan forbedre kommunikationen af informationer ved granskning, produktion og kontrol af et byggeri. Dog har forfatteren ikke fundet et litteraturstudie rettet specifikt mod tekniske installationer. Formålet med dette studie er derfor at afdække litteraturen inden for dette område.

METODE

Dette indledende litteraturstudie anvender en systematisk litteraturgennemgang, der er inspireret af

Forskningsspørgsmål (RQ):

"Hvilken videnskabelig litteratur findes der inden for XR-understøttet granskning, produktion og kontrol i byggeindustrien, og hvordan anvendes XR til at forbedre tekniske installationer."

scoping review (Arksey og O'Malley, 2005) til at afdække videnskabelig litteratur, hvor det ønskes at belyse state-of-the-art inden for området samt identificere og analysere videnskab. Fremgangsmåden er vist på figur 2 og indeholder fire trin: (1) identifikation, (2) udvælgelse, (3) kvalifikation og (4) inkluderet.

(1) Identifikation: Data kommer fra søgninger i forskningsdatabasen Scopus samt konferenceberetningen *Construction Applications of Virtual Reality* (CONVR), jf. figur 2. Databasen favner globalt og har en faglig bredde, hvor konferenceberetningen er meget specifik inden for forskningsområderne XR og

Figur 1: (venstre) Håndholdt AR-enhed til fremvisning af BIM. (Højre) VR til fremvisning af BIM.



Foto: Billeder taget af forfatteren.

Tabel 1: Oversigt over forskningsområder, søgeord og -strategi. (Udarbejdet af forfatteren.)

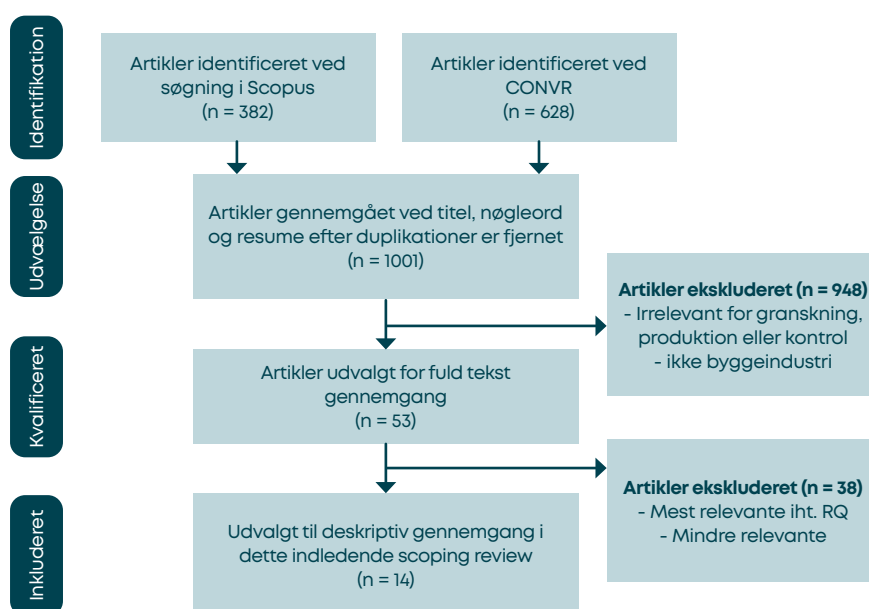
EXTENDED REALITY	AND	BYGGEINDUSTRIEN	AND ()	TEKNISKE INSTALLATIONER	OR	GRANSKNING, PRO- DUKTION OG KONTROL
Extended reality Virtual reality Augmented reality Mixed reality		AEC Architect* Engineer* Construction BIM		Technical installations Building services HVAC MEP Plumbing Sanitary Ventilation		Design review Production Control Review Inspection Quality assurance Quality control Clash detection Fabrication Construction management

byggeindustrien. Undersøgelsen omfatter litteratur i perioden 2011 til og med 2020.

(2) *Udvælgelse:* For begge kilderne var det et krav, at artiklerne i deres titel, nøgleord eller resumé som minimum skulle indeholde søgeord inden for forskningsområderne XR, byggeindustrien og tekniske installationer eller granskning, produktion og kontrol. På tabel 1 ses en oversigt over søgestrategien. Der blev i alt fundet 1001 artikler, jf. figur 2.

(3) *Kvalifikation:* Af de i alt 1.001 artikler blev titler, nøgleord og resumé gennemgået. Artiklerne blev vurderet kvalificeret, hvis de blev vurderet som relevante for forskningsspørgsmålet. Kriterierne for ekskludering var artikler, der ikke var inden for forskningsområdet byggeindustrien, eller som ikke omhandlede granskning, produktion eller kontrol. Der blev fundet i alt 53 kvalificerede artikler, jf. figur 2. For at få et overblik af den eksisterende litteratur blev der foretaget en statistisk gennemgang af disse.

(4) *Inkluderet:* I dette indledende litteraturstudie blev der udvalgt 14 relevante artikler, jf. figur 2, der har til formål at belyse, hvilken viden der findes, og hvordan den kan understøtte processerne ved tekniske installationer. Kriterierne for udvælgelsen var, hvem der bedst kunne belyse granskning, produktion og kontrol samt relateret arbejde og teknologiens modenhed.

Figur 2: Flowdiagram af processen for valg af relevante og udvalgte artikler. (udarbejdet af forfatteren.)

RESULTATER OG ANALYSE

Dette afsnit er todelt, hvor det første er statistisk gennemgang af de 53 kvalificerede artikler, og det andet er en deskriptiv gennemgang af 14 udvalgte artikler blandt dem.

Statistisk gennemgang

Dette afsnit består af fem underafsnit, der statistisk gennemgår litteraturen, hvor artiklerne klassificeres efter landområde samt årgang, forskningsmetode, teknologi, målgruppe og fagområde. Underafsnittene sammenfatter de mest aktuelle resultater fra litteraturstudiet.

Tabel 2: Antal artikler efter land og år. (udarbejdet af forfatteren.)

	Total	%	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Australia	1	1,9 %							1			
Austria	1	1,9 %		1								
Canada	10	18,9 %		3	1				2	3	1	
Brazil	1	1,9 %									1	
China	1	1,9 %					1					
Denmark	2	3,8 %		1		1						
France	1	1,9 %						1				
Germany	4	7,5 %			3						1	
Hong Kong	2	3,8 %	1								1	
Italy	1	1,9 %			1							
New Zealand	2	3,8 %					1					1
Portugal	1	1,9 %								1		
South Korea	3	5,7 %						1	1	1		
Spain	1	1,9 %			1							
Sweden	2	3,8 %		2								
Taiwan	3	5,7 %		1			1			1		
United kingdom	3	5,7 %	1						1			1
United States	14	26,4 %	5	2	3	1			1	1	1	
%		100 %	13,2 %	18,9 %	17 %	3,8 %	5,7 %	3,8 %	11,3 %	13,2 %	9,4 %	3,8 %
Total	53		7	10	9	2	3	2	6	7	5	2

Landområde og årgang

Tabel 2 kortlægger data, der er opgivet af forfatterne til artiklerne. Det ses, at der blev publiceret flest artikler i året 2019 (n = 7, 18,9 %). Generelt er det i perioden 2018 til 2020, der er publiceret flest artikler, efterfulgt af perioden 2012 til 2014. Endvidere ses det, at landområde for første forfatter er højest i USA (n = 14, 26,4 %) efterfulgt af Canada (n = 10, 18,9 %). Samlet set står

Nordamerika for knap halvdelen af publikationerne (n = 28, 45,3 %). I de resterende lande er fordelingen nogenlunde jævn. I Europa består af godt en fjerdedel (n = 13, 24,5 %), hvorimod der i Skandinavien (n = 4, 7,5 %) tilsyneladende er få, der arbejder med området.

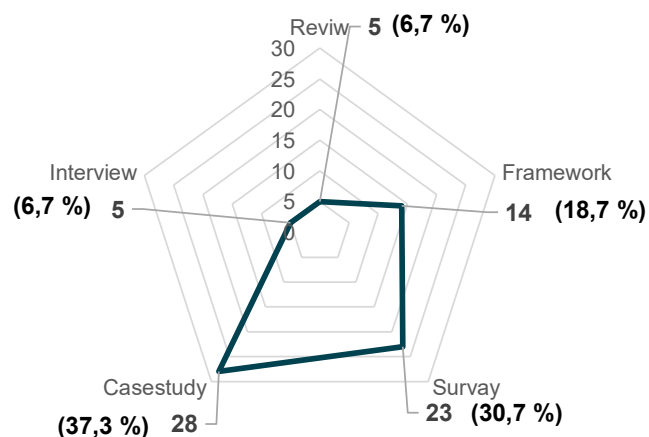
Forskningsmetoder

I dette afsnit klassificeres artikler ud fra anvendt forskningsmetode,

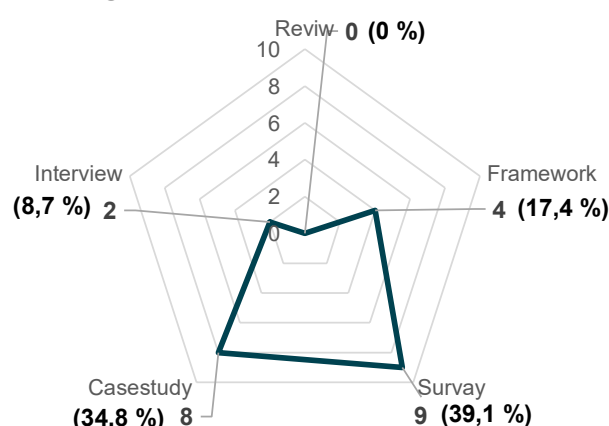
hvilket er opdelt i fem kategorier. I flere (n = 21) af tilfældene er det registreret, at artiklerne anvender to eller flere forskningsmetoder, hvor de resterende (n = 32) anvender en enkelt. Figur 3 viser et radardiagram, der beskriver andelen af artikler baseret på forskningsmetode(r). Det fremgår, at langt de fleste artikler er baseret på casestudier (n = 28, 37,3 %) samt surveys (n = 23, 30,7 %). På den anden side er der relativt få

Figur 3: Begge diagrammer viser andel af artikler fordelt iht. forskningsmetoder. (Venstre) inkluderer alle, hvor (højre) inkluderer tekniske installationer. (udarbejdet af forfatteren.)

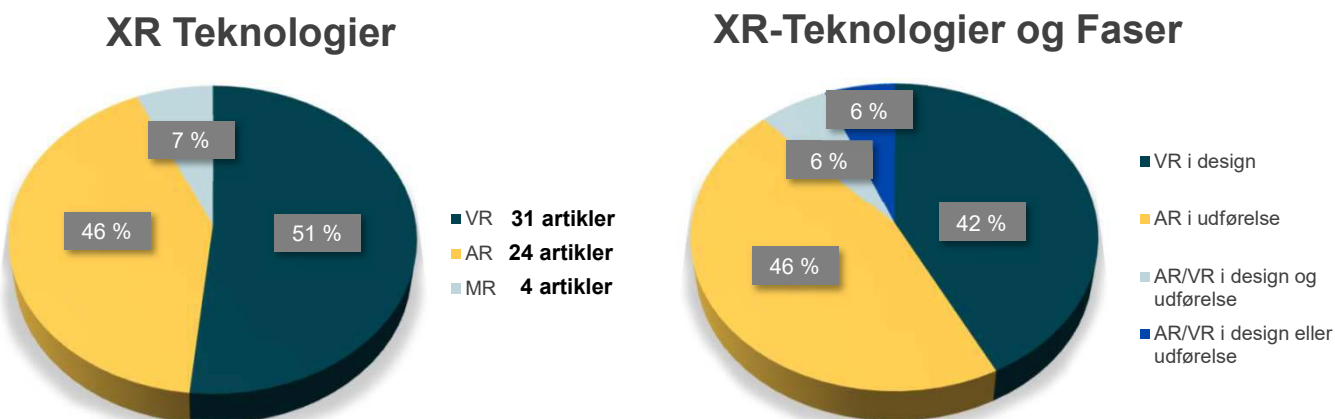
Forskningsmetode for alle artikler



Forskningsmetode for tekniske installationer



Figur 4: (Venstre) Andel af artikler fordelt iht. XR-teknologier. (Højre) andelen af artikler fordelt efter XR-teknologier og byggeriets faser. (udarbejdet af forfatteren.)



artikler, der er baseret på litteraturstudier ($n = 5$, 6,7 %) eller interview ($n = 5$, 6,7 %). For artikler, der omhandler tekniske installationer, er det bemærkelsesværdigt, at ingen artikler anvender litteraturstudier ($n = 0,0$ %).

Teknologier

I dette afsnit klassificeres artikler efter anvendte XR-teknologier, hvilke opdeles i tre kategorier; VR, AR og MR. Hertil skal tilføjes, at seks artikler undersøger mere end en teknologi. På figur 4 (venstre) ses, at de fleste artikler undersøger VR ($n = 31$, 52 %) efterfulgt af AR ($n = 24$, 41 %). Yderligere kan det til højre ses, at

når byggeriets faser krydses med anvendt teknologi, er det entydigt, at VR bliver anvendt i designfasen og AR i udførelsesfasen.

Målgruppe

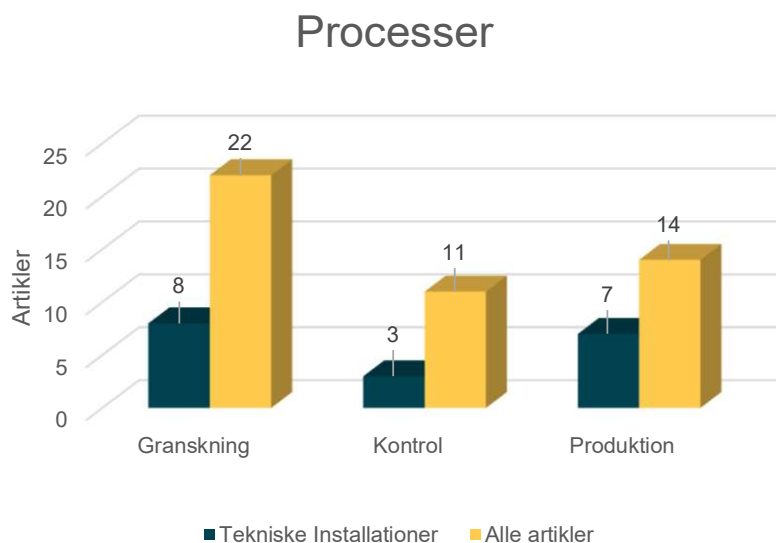
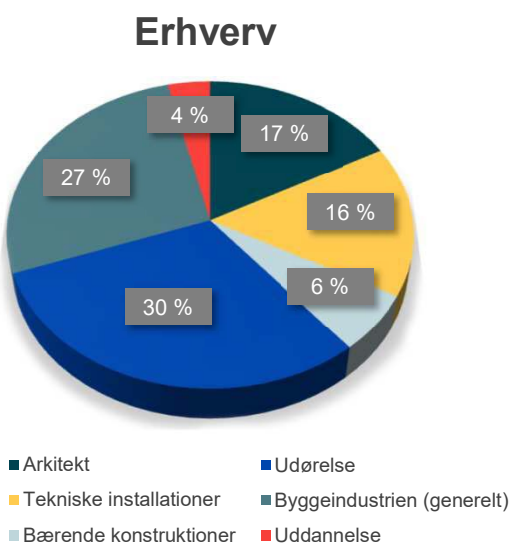
I dette afsnit klassificeres artikler ud fra deres målgruppe, hvilke opdeles i de seks kategorier: arkitekt, bygningsinstallationer, bærende konstruktioner, udførelse, byggeri generelt og uddannelse inden for byggeri. Her skal det bemærkes, at artiklerne kan være målrettet flere erhverv. På figur 5 (venstre) ses det, at der i majoriteten af artikler undersøgelses udførelse ($n = 25$, 30 %) samt byggeri generelt ($n = 22$, 27 %), hvor der

i et mindre omfang arbejdes med tekniske installationer ($n = 13$, 16 %).

Fagområde

I dette afsnit klassificeres artikler ud fra de tre undersøgte processer. Her skal det bemærkes, at flere artikler undersøger mere end et fagområde. Når alle artikler betragtes samlet, jf. figur 5 (højre) ses det, at flest artikler undersøger granskning ($n = 22$), efterfulgt af produktion ($n = 14$) og kontrol ($n = 11$). Ses der på artikler målrettet tekniske installationer, ses at flest artikler undersøger granskning ($n = 8$) og produktion ($n = 7$), efterfulgt af kontrol ($n = 3$)

Figur 5: (Venstre) Artikler fordelt iht. erhverv. (Højre) Fordeling af kvalificerede artikler – samt artikler, der undersøger tekniske installationer iht. processer. (udarbejdet af forfatteren.)



GENNEMGANG AF EKSISTERENDE VIDEN

Dette afsnit er en deskriptiv gennemgang af 14 udvalgte artikler og tager udgangspunkt i tabel 6.

Granskning

Følgende seks udvalgte artikler undersøger XR-understøttede granskningsprocesser (Haahr, Svidt og Jensen, 2019; Johansson og Roupé, 2019; Windham og Liu, 2018; Zaker og Coloma, 2018; Wolfartsberger, 2019; Riexinger et al., 2018).

Haahr m.fl. (2019) har undersøgt 1) omfang og 2) årsag til fejl og mangler af tekniske installationer i byggeriet endvidere, 3) hvordan dette traditionelt løses ved granskning samt 4) potentialet ved at anvende VR og AR understøttede granskningsprocesser. Ved komplekse bygninger øges risiko for fejl og mangler, hvilket særligt gør sig gældende for tekniske installationer. Her opstår problemer med teknikrum, føringsveje og skakke samt ved nedhængte lofter. Fejl og mangler skyldes ofte manglende tværfagligt samarbejde mellem parterne i byggeprojektet samt manglende tværfagligt samarbejde mellem de forskellige discipliner inden for de tekniske installationer. Traditionelt set løses problemer i designfasen i 3D med udgangspunkt i BIM og i udførelsesfasen med udgangspunkt i 2D-tegninger. Haahr m.fl. konkluderer, at særligt AR vurderes at have værdi ved granskning af tekniske installationer i udførelsesfasen, hvor VR kan fungere som et godt supplement til eksisterende granskning i BIM, når der er tale om indretning samt bygbarhed.

En af de største fordele med VR er, at aktører kan granske bygningsdesignet i 1:1. Målet er, at teknologien vil resultere i, at aktører kommer frem til de samme konklusioner, som de ville ved en granskning i den virkelige verden. I et studie (Windham og Liu, 2018) granskes bygnings funktionalitet, hvor

processen afprøves og sammenlignes i VR-miljø samt i den virkelige verden. De erfarer, at VR i høj grad giver 1) en tydelig forståelse af rum, 2) mulighed for at forstå potentielle problemer og 3) opfattelse af funktionalitet.

Wolfartsberger (2019) undersøger brugen af VR til tværfaglig granskning af tekniske installationer i et industrielt byggeri. Resultaterne indikerer, at en VR-understøttet granskning giver aktørerne mulighed for at opdage flere fejl i udførelsesfasen sammenlignet med en CAD-softwarebaseret tilgang. Ifølge Wolfartsberger (2019) er VR's største fordel dens positive effekt på kommunikationen blandt granskningsholdet, da den reducerer risikoen for udelukkelse af visse faggrupper fra processen, herunder særligt aktører med ikke-teknisk baggrund.

I fem store og komplekse byggeprojekter har Johansson og Roupé (2019) undersøgt værdien af, at aktører inden for tekniske installationer bruger VR på byggepladskonkretet. De erfarer, at VR giver en fælles referenceramme i 1:1, hvilket giver erfarne aktører fra byggebranchen en bedre mulighed for 1) at forstå byggeriet som helhed, 2) at afkode tåltænkte design sammenlignet med traditionelle 2D-tegninger og 3D-modeller i BIM samt 3) at opdage kollisioner og designfejl inden påbegyndt arbejde. I et tværfagligt granskningsmøde blandt designere og udførende af de tekniske installationer i et aktuelt byggeprojekt dokumenterer Zaker og Coloma (2018) aktørernes erfaringer med VR ved observationer og et spørgeskema. De erfarer, at møder understøttet af VR giver gode forudsætninger for at granske tilgængelighed. F.eks. ved drift og vedligehold af tekniske installationer, hvor tilgængeligheden er yderst vigtig, da den har betydning for reparation og udskiftning af komponenter. Generelt vurderer aktørerne også, at VR-understøttet

granskning er meget brugbart ved både intern såvel som ekstern tværfaglig granskning.

Produktion

Følgende tre udvalgte artikler undersøger XR understøttet produktionsprocesser (Johansson og Roupé, 2019; Riexinger et al., 2018; Kwiatek et al., 2019).

Ved observation og en spørgeskemaundersøgelse undersøger Johansson og Roupé (2019) også VR som en støtte til produktionen af tekniske installationer på byggepladsen. Ved sammenligning af traditionelle metoder, der i høj grad består af 2D-tegninger og i mindre grad af 3D-modeller i BIM, oplever de, at de byggefaglige respondenter kommer med forskellige tilbagemeldinger. På den positive side ytres der, at VR giver god mulighed for at forstå planlægning og koordination af nuværende eller nært forestående arbejde, hvilket resulterer i, at de oplever, at produktionen går hurtigere. Samtidig ser respondenter, der har god erfaring med BIM, ikke en bemærkelsesværdig forbedring sammenlignet med BIM.

Kwiatek m.fl. (2019) undersøger, om brugen af AR-understøttet produktionsproces kan forbedre produktiviteten ved samling af rør. Dette ved, at AR kan skanne de samlede rør og automatisk sammenligne dem med det tåltænkte design. Analysen blev brudt ned i fire delstykker, hvor følgende undersøges: 1) forskellen i produktivitet mellem en traditionel samleproces og AR-understøttet proces, 2) betydningen af AR-understøttet afkodning af information, 3) effekten af AR ved forståelse af evt. omarbejde samt 4) effekten af AR ved færdiggørelse af omarbejdet. Kwiatek (2019) konkluderer, at visualisering og kontrol af samlingsprocessen har en væsentlig betydning for respondenterne, både for ingeniører og montører, hvilket også kan ses af tabel 3.

Tabel 3: Viser anvendt tid af respondenter til at fuldføre angivne aktiviteter – uddrag fra Kwiatek (2019).

	Montør (21 deltagere)		Ingeniører (40 deltagere)	
	Traditionel	AR	Traditionel	AR
1) produktivitet	3 h : 12 m : 18 s	0 h : 30 m : 43 s	5 h : 51 m : 53 s	0 h : 59 m : 53 s
2) afkode information	11 m : 49 s	05 m : 36 s	14 m : 03 s	11 m : 43 s
3) forstå omarbejde	08 m : 56 s	01 m : 01 s	04 m : 17s	04 m : 49 s
4) færdiggøre omarbejde	01 m : 33 s	02 m : 46 s	08 m : 54 s	03 m : 42s

Kontrol

Følgende fire udvalgte artikler undersøger XR-understøttede kontrolprocesser (El Ammari og Hammad, 2019; Riexinger et al., 2018; Rost, Jahn og Friedewald, 2018; Dudhee og Vukovic, 2020).

Som en del af projektet INSITER præsenterer Riexinger m.fl. (2018) fire demonstrationer af AR-, MR- og VR-tilgange inden for byggeri. En af demonstrationerne har til formål at udvikle et håndfri hovedmonteret display (HMD) AR-applikation til kontrol på byggepladsen. Appen overlejrer udvalgte BIM-komponenter, såsom ventilationsrør, spjæld, armatur og aggregater oven på den virkelige verden. Derved er det muligt at foretage en 1:1 visuel sammenligning imellem design og virkelighed. Derved kan bl.a. projektledere effektivt og på enkel vis kontrollere, om de tekniske installationer er korrekt installeret. Riexinger m.fl. (2018) oplever også udfordringer med HMD, da de tilgængelige enheder har begrænset levetid og synsfelt og er tunge og stressende, hvis de bæres i lang tid. Lette HMD er også tilgængelige, men de giver en ringere indlevende oplevelse

eller skal være tilsluttet en PC. De forudsiger dog, at fremtidige hardwareløsninger forventes at løse disse problematikker.

Dudhee og Vukovic (2020) undersøger og afprøver kommercielt tilgængelige AR-HDM- og BIM-AR-applikationer, der kan overlejre virtuelle modeller oven på virkeligheden. På tabel 4 ses deres resultater, der bl.a. viser at *trial and error* er den langsomste overlejringsmetode (15-20 min.), efterfulgt af *reference point* og *QR-code* (5-10 min.). Den hurtigste metode er *Landmark* (~2 min.). Ved vellykket overlejring af model ved enhver enhed eller applikation, observerer de ikke væsentlig forskel i billedkvalitet. Dog, som den eneste applikation, understøtter 3D-Viewer Beta ikke BIM, hvilket medfører tab af mange væsentlige informationer ved kontrol, såvel som granskning og produktion af byggeri. Sidst, men ikke mindst, vurderer Dudhee og Vukovic (2020), at positioneringsteknikkerne er for ineffektive og unøjagtige til virkelig brug. Dog forventes dette at blive løst ved fremtidige enheder og applikationer.

Rost m.fl. (2018) har udviklet en

AR-applikation til tablets, der integrerer building collaboration format (BCF) med overlejring af virtuelle BIM-komponenter oven på virkeligheden, svarende til den, der er udviklet af Riexinger m.fl. (2018). BCF er et struktureret filformat, der anvendes til at kommunikere modelbaserede problemer blandt aktører ved at registrere informationer såsom placering, billeder, afsender, modtager m.m. Samlet set finder Rost m.fl. (2018), at AR-applikationen giver aktører fra byggeriet mulighed for at foretage en intuitiv, gennemsigtig og sporbar kontrol af et design samtidigt. I studiet viser de, at AR-applikationen har potentiale til at medvirke til en mere tidsbesparende og effektiv kontrolproces i udførelsesfasen af et byggeri.

El Ammari og Hammad (2019) har udviklet en MR-baseret samarbejdstilgang; i det her tilfælde en kombination af AR og VR, til kontrol af drift og vedligeholdelsesopgaver. Tilgangen integrerer informationer fra BIM-modeller, inspektionsplan, placeringen af feltarbejder, visualiserer inspektions- og vedligeholdelsesoperationer og understøtter

Tabel 4: Afprøvede, kommercielt tilgængelige AR-HDM- og AR-applikationer, der understøtter BIM og overgearing – uddrag fra Dudhee og Vukovic (2020).

AR-HMD	BIM-AR-Applikation	Overlejringsmetode
Microsoft HoloLens 1 Development Edition	3D Viewer Beta * BIM Holoview HoloLive	T T, R T, QR, R
Dagri Smart Glasses	Model-BIM	QR, L

* Understøtter ikke BIM, TE = trial and error, R = reference point, QR = QR-code, L = landmark Method

Tabel 5: Angiver litteraturstudier samt deres undersøgte teknologier og fokusområde. (udarbejdet af forfatteren.)

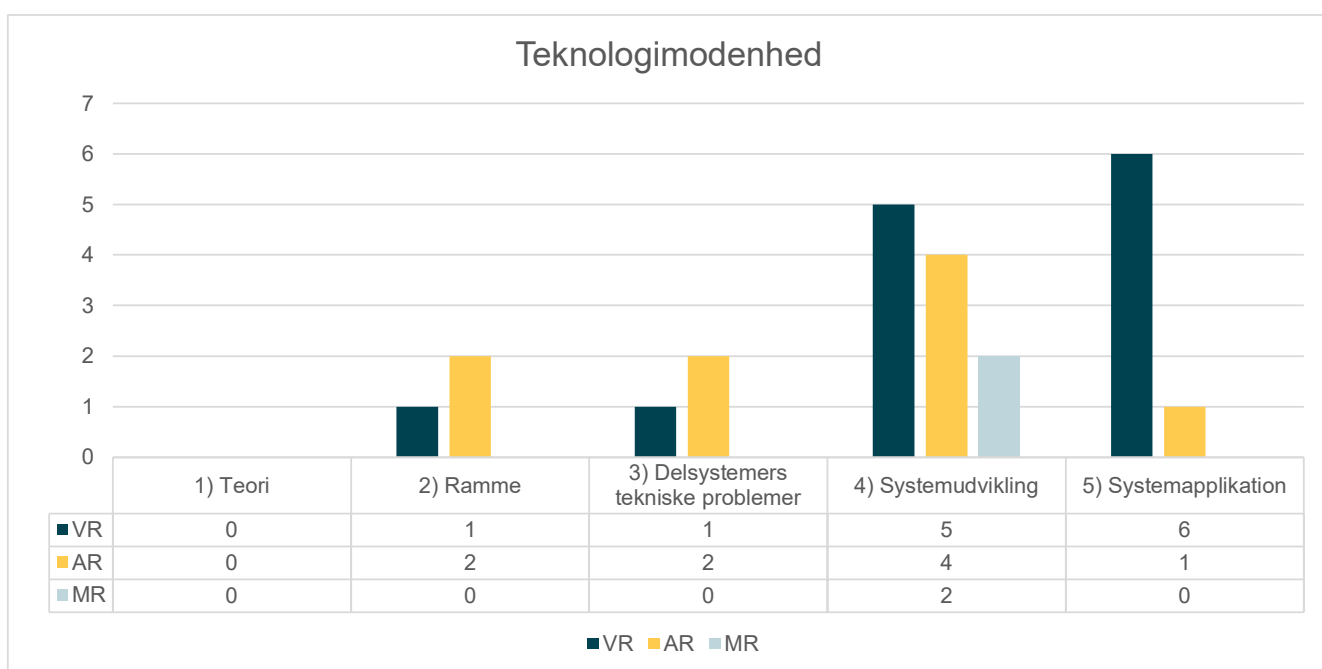
Reference	AR	VR	MR	Periode	Fokusområde	Artikler
(Alizadehsalehi, Hadavi og Huang, 2020)	x	x	x	2010-2019	Byggeindustri- en generelt og BIM	30
(Wen og Gheisari, 2020)		x		2004-2019	Byggeindustri- en generelt og kommunikation	41
(Rankohi og Waugh, 2014)		x		1999-2012	Byggeindustri- en generelt	259
(Rankohi og Waugh, 2013)	x			1999-2012	Byggeindustri- en generelt	133

visuel og verbal kommunikation mellem feltarbejder og eksperten på kontoret. Eksperten på kontoret bruger en VR-applikation, der med udgangspunkt i BIM-modeller samt position, verbal og visuel feedback fra feltet giver ham bedre mulighed for at forstå opgaven og derved give en bedre støtte til feltarbejderen. Feltarbejderen bruger en AR-applikation ude i felten, hvor han får vist udvalgte virtuelle komponenter fra BIM-modellen oven på virkelighedens. Endvidere har aktørerne mulighed for at

interagere med hinanden i form af animationer, såsom farvekodede pile og cirkler, hvilket beriger kommunikationen. El Ammari og Hammad (2019) finder frem til, at MR-tilgangen reducerede tiden til arbejdsopgaver med op til 85 %, samt at antallet af fejl reduceres med 62 %. Derudover var alle deltagere enige om, at virtuel overvejring på virkeligheden samt virtuel interaktion i et MR-miljø er ekstremt nyttigt i kommunikationen mellem feltarbejder og ekspert.

Relateret arbejde

Af de udvalgte artikler er der fire litteraturstudier. Af tabel 5 fremgår, at to af studierne er over syv år gamle og inkluderer mange artikler, hvor de to andre studier fra 2020 inkluderer væsentligt færre artikler. Alle studierne har til fælles, at de afdækker byggeindustrien generelt, hvor studierne fra 2020 undersøger byggeindustrien i forhold til BIM eller kommunikation. Til sidst ses, at litteraturstudierne i høj grad beskæftiger sig med VR.

figur 6: Angiver modenhed af teknologi, der er undersøgt i de udvalgte artikler (jf. tabel 6). (udarbejdet af forfatteren.)

Teknologier og Modenhed

Modenheden af teknologier kan vurderes efter fem stadier: 1) *teori*, 2) *ramme*, 3) *delsystemers tekniske problemer*, 4) *systemudvikling* og 5) *systemapplikation* (Rankohi og Waugh, 2013). På figur 6 ses, at de fleste artikler, der anvender VR, AR og MR befinder sig i systemudviklingsstadiet, hvilket bl.a. betyder, at teknologierne i høj grad bliver udviklet til konkrete formål, såsom understøttelse af granskning, produktion og/eller kontrol. Endvidere fremgår, at særligt VR også befinder sig systemapplikationsstadiet, hvilket bl.a. betyder, at den bliver afprøvet i et afgrænset eller virkelighedsnært scenarie.

DISKUSSION

Dette indledende litteraturstudie forsøger at afdække eksisterende vedrørende XR-understøttet granskning, produktion og kontrol inden for byggeindustrien, herunder med særlig fokus på bygningens tekniske installationer. Resultaterne viser, at kun 16 % (n = 13) af artiklerne fokuserer på tekniske installationer, jf. figur 5 (venstre), hvor (højre) viser fordelingen mellem granskning, produktion og kontrol. Overordnet viser resultaterne, at XR-understøttet granskning, produktion og kontrol af tekniske installationer i byggeriet i lavt omfang er undersøgt. Dette underbygger generelt behovet for flere studier inden for forskningsområdet.

Af de 53 relevante artikler blev der i alt fundet fem artikler, der udarbejder litteraturstudier. Tre af dem blev udgivet i perioden 2012-2014, og de andre to i året 2020. Kendetegnet ved dem er, at de er målrettet den generelle byggeindustri. Jf. figur 3 (højre) blev der ikke fundet litteraturstudier, der undersøger fagområdet tekniske installationer samt granskning, produktion og kontrol heraf. Dette underbygger behovet for et litteraturstudie svarende til dette.

Ved gennemgang af karakteristika ses det, jf. tabel 2, at der over de

seneste 10 år har været en stigende interesse i forskning af anvendelsen af AR og VR inden for byggeindustrien, hvilket også understøttes af andre forskere (Alizadehsalehi, Hadavi og Huang 2020; Wen og Gheisari, 2020). Ser man yderligere 10 år tilbage, ser man ligeledes samme tendens (Rankohi og Waugh, 2013; 2014). Dette hænger også sammen med, at teknologierne er blevet mere udbredt og accepteret, samt at byggeindustrien globalt set har accepteret teknologien som forretningsværktøj (Alizadehsalehi, Hadavi og Huang, 2020).

Modenheden af VR ligger i overvejende grad på niveauet *systemudvikling og systemapplikation*, jf. figur 6. I fire aktuelle byggeprojekter har Johnsson og Roupé (2019) afprøvet VR, hvor professionelle aktører fra byggebranchen oplevede byggeriet i det virtuelle miljø. Dette svarer til en modenhed mellem *systemudvikling og systemapplikation*. Undersøgelsen demonstrerede, at teknologien fungerede i praksis, og aktørerne var meget positivt stemt over for den værdi, VR potentielt kan skabe. Imidlertid skaber teknologien ikke værdi i sig selv, da dette kræver yderligere forståelse imellem teknologien, mennesket, opgaven og organisationen. Andre studier undersøger teknologien i granskningssessioner, dog i afgrænset laboratorie-setup, hvor fokus er på at evaluere teknologien alene (Zaker og Coloma, 2018; Wolfartsberger, 2019).

Modenheden af AR er lidt bagud for VR, jf. figur 6, hvor det fremgår, at teknologien er nået til stadiet *delsystemers tekniske problemer*. Her er kendetegnet ved studierne, at de undersøger præcision af teknologien (Dudhee og Vukovic, 2020), samt at de bliver afprøvet i lukkede miljøer (Kwiattek et al., 2019; El Ammari og Hammad, 2019). Afprøvning og brug i aktuelle byggeprojekter er endnu ikke undersøgt. Ligesom ved VR har

disse studier fokus på teknologien og er ikke afprøvet i virkeligheds situationer.

Det er en generel opfattelse blandt mange forskere, at der mangler studier, der undersøger XR-virkelige situationer i byggeindustrien (Zaker og Coloma, 2018; Haahr, Svidt og Jensen 2019; Riexinger et al., 2018; Kwiatek et al., 2019), da det kan give mere omsættelige resultater (Wolfartsberger, 2019). Dette kræver andre forskningstilgange, såsom *explanatory research*, der kan anvendes til at udforske teknologien i virkelig praksis ved kvalitative tilgange, såsom interviews, observationer m.m. Som det fremgår af figur 2 (venstre), viser resultaterne, at relativt få studier (n = 5, 6,7 %), der anvender interview. Desuden er der ingen af de udvalgte studier, der udforsker interaktionen mellem teknologien, mennesket, opgaven og organisationen.

Resultaterne, jf. figur 4 (højre) viser, at der er en stærk sammenhæng mellem anvendelsen af VR i designfasen samt AR i udførelsesfasen, hvilket også fremgår i et tidligere studie af forfatteren m.fl. (Haahr, Svidt og Jensen 2019). VR giver byggeriets aktører mulighed for at opleve en 3D-model af bygningen i størrelsesforhold 1:1, længe inden byggeriet igangsættes (Rankohi og Waugh, 2014). AR er en tilsvarende teknologi, der overlejrer virtuelle modeller og informationer oven på den fysiske verden. Dette giver helt nye muligheder for at vise, hvor og hvordan de tekniske installationer skal placeres i råhuset (Rankohi og Waugh, 2013). Traditionelt set afholdes regelmæssige koordinations-, gransknings- og kontrolmøder, hvor bl.a. de tekniske installationer granskes og kontrolleres. I deres undersøgelse argumenterer Haahr m.fl., at VR og AR kan indtræffe her (Haahr, Svidt og Jensen, 2019).

Selvom mange studier viser, at XR giver stor værdi ved granskning, produktion og kontrol i

byggeindustrien, påpeger Wolfartsberger (2019), at de teknologierne ikke kan erstatte eksisterende processer, men skal ses som en tilføjelse. F.eks. kan eksisterende BIM-software anvendes til automatisk lokation af kollisioner, hvor XR kan give værdi, når der er tale om bygbarhed (Haahr, Svidt og Jensen, 2019) og tilgængelighed (Zaker og Coloma, 2018). Særligt ved store og komplekse byggeprojekter kan XR give mere værdi (Rankohi og Waugh 2013).

Det der er særligt for VR er, at det giver en fordybet oplevelse af et virtuelt miljø for den enkelte bruger, hvis mange fordele er nævnt i denne artikel. Udfordringen er dog, at granskning, produktion og kontrol i byggeindustrien i særlig grad er et tværfagligt samarbejde blandt mange aktører. Wolfartsberger (2019) påpeger et behov for funktioner, der gør andre aktører synlige i et virtuelt miljø.

Selvom forskning har påvist mange af XR's fordele, er der forhindringer for en bred anvendelse i byggeindustrien, herunder investering i ny teknologi samt generel modstand for ibrugtagning nye teknologier (Zaker og Coloma, 2018). XR har sine teknologiske udfordringer, såsom opretholdelse af nøjagtig position (Dudhee og Vukovic 2020) og okklusion af bevægende objekter (El Ammari og Hammad, 2019). Endvidere er levetid og synsfelt begrænset, og enhederne er tunge og stressende, når de bæres i længere tid (Riexinger et al., 2018). Alligevel forventes det, at de teknologiske udfordringer ophæves inden for overskuelig fremtid, i takt med den hurtigt accelererende udvikling (Wolfartsberger, 2019; Dudhee og Vukovic, 2020).

KONKLUSION

Formålet med denne undersøgelse er at afdække eksisterende litteratur, der undersøger XR-understøttet granskning, produktion og kontrol inden for byggeri, med særligt fokus

på tekniske installationer. Undersøgelsen er baseret på en systematisk gennemgang af videnskabelig litteratur i forskningsdatabasen Scopus samt konferenceberetningen ConVR. De vigtigste fund er:

- **Litteraturstudie:** Der er foretaget fem litteraturstudier igennem de seneste 10 år, hvor to af disse er udarbejdet i 2020, og de andre tre er syv eller flere år gamle. Desuden er de alle målrettet byggeindustrien generelt, hvor ingen af dem er specifikt rettet imod tekniske installationer samt granskning, produktion og kontrol heraf.
- **Værdiskabelse:** Eksisterende studier argumenterer positivt for, at XR kan forbedre granskning, produktion og kontrol af et byggeri. Dog er litteraturen mangelfuld, når det gælder tekniske installationer, i et tværfagligt samarbejde samt i et aktuelt byggeprojekt.
- **Anvendelse:** Der er en tydelig sammenhæng mellem anvendt teknologi og byggeriets faser. Det ses, at VR i høj grad anvendes i designfasen, hvor AR i høj grad anvendes i udførelsesfasen. Desuden er der gode argumenter for, at XR kan anvendes som en tilføjelse til eksisterende processer og kan indtræffes i de traditionelle og regelmæssige koordinations-, granskings- og kontrolmøder.
- **Modenhed:** VR's modenhed placeres imellem stadierne *systemudvikling* og *systemapplikation*, og AR's modenhed placeres på stadiet *delsystemers tekniske problemer*. Eksisterende forskning har meget fokus på teknologien, hvor der undersøges præcision af teknologien, samtidig med at de afprøves i lukkede miljøer.
- **Forskningshuller:** Nuværende forskning opfordrer til at undersøge XR-teknologier i virkelige miljøer med flere aktører i et tværfagligt miljø, da det vil give

mere omsættelige resultater.

Endvidere har eksisterende studier fokus på teknologien, frem for på interaktionen mellem teknologien, mennesket, opgaven og organisationen.

Begrænsninger

Denne undersøgelse er et afgrænset litteraturstudie, der tager udgangspunkt i søgninger i forskningsdatabasen Scopus og konferenceberetningen CONVR, hvilket i forskningsverden anses som relativt afgrænset. Studiet består af en statistisk gennemgang af 53 kvalificerede artikler og en deskriptiv gennemgang af 14 udvalgte artikler. De kvalificerede artikler er publiceret ved 16 forskellige publikationsområder, hvoraf syv er tidsskrifter, og ni er konferenceberetninger. Af de relevante artikler er 15 artikler fra tidsskrifter, og 38 artikler fra konferenceberetninger. Dataene i dette studie er derved i høj grad repræsenteret af konferenceberetninger, hvilket ofte har en lavere forskningsmæssig tyngde end dem i tidsskrifter. På den anden side er konferenceberetninger det sted, hvor selvsamme forskere kommer for at berette om deres igangværende forskning. Alt i alt kan dette studie derved anses som indikator for de globale forskningsmæssige tendenser.

Fremtidig indsats

Dette studie kom til verden som en del af en større indsats, der har til formål at udvikle professioner samt disses relaterede uddannelser inden for byggeri. Dette studie skal ses som et indledende litteraturstudie, der ved udvidelse kan sige noget mere endegyldigt om XR-teknologier, granskning, produktion og kontrolprocesser af tekniske installationer i byggeriet. Ambitionen er at afprøve teknologierne og processerne i aktuelle byggeprojekter og dermed være med til udvikling og øgning af værdiskabelse i byggeindustrien.

Tabel 6: Systematisk gennemgang af artikler. Modenhed kategoriseres efter: 1) teori, 2) ramme, 3) delsystemers tekniske problemer, 4) systemudvikling og 5) systemapplikation. (udarbejdet af forfatteren.)

Titel	Forfatter(e)	År	Loka-tion	Under-søgelses-gruppe	Formål	Metodologi	Anvendelse	Relevante resultater	Moden-hed
From BIM to extended reality in AEC industry	Alizadehsalehi, Sepehr Hadavi, Ahmad Huang, Joseph Chuenhuei	2020	USA	Review (2010-2020) spørgeskema og interview 40 fra erhvervslivet	at identificere fordele og ulemper samt mulighederne for at anvende VR-, AR- og MR-teknologier i byggeriet	Kortfattet litteraturstudie af eksisterende litteratur samt interview/ spørge-skema og observation ved et casestudie	MR-, VR-, AR- arbejdsgang	XR vs. BIM XR vs. 2D mockup trends	4
Remote interactive collaboration in facilities management using BIM-based mixed reality	El Ammari, Khaled Hammad, Amin	2019	CAN	Spørge-skema 30 deltagere fra erhvervslivet	at diskutere udviklingen af en MR-understøttet samarbejdsplatform, der har til formål at understøtte drift og vedligeholdelsesopgaver i feltet.	evaluerer anvendeligheden af den foreslåede fremgangsmåde ved et casestudie samt spørgeunder-søgelse	MR-, VR-, AR- inspektion og samarbejde	Inspektion produktion kommunikation samarbejde	4 5
How can Virtual Reality and Augmented Reality support the design review of building services	Haahr, Meinhardt Thorlund Svidt, Kjeld Jensen, Rasmus Lund	2019	DK	Interview 5 fra erhvervslivet	at identificere, hvordan AR og VR kan understøtte gennemgang af tekniske installationer	Semistruktureret interview med personer fra erhvervslivet	VR- og AR- granskning	Tværfaglighed granskning kommunikation mockup	2
BIM and Virtual Reality (VR) at the construction site	Johansson, Mikael Roupé, Mattias	2019	SE	Spørge-skema 28 fra erhvervslivet	at afprøve en brugervenligt VR-understøttet applikation i udførelsesfasen af et byggeri	Ved observation og spørgeskema at evaluere anvendeligheden af den foreslåede fremgangsmåde ved et casestudie	VR- granskning og produktion i udførelsesfasen	VR vs. BIM VR vs. 2D bygbarhed modenhed	4 5
Impact of augmented reality and spatial cognition on assembly in construction	Kwiatek, C. Sharif, M. Li, S. Haas, C. Walbridge, S.	2019	CAN	Spørge-skema 21 vvs-montører 40 ingeniør-studerende	at undersøge, hvilken effekt AR har på rekognition ved samling af rør	Evaluerer effekten af forslået AR- applikation ved et afgrænset laboratorieforsøg	AR- installation og inspektion	Produktion effektivitet omarbejde inspektion	2 3
Review and analysis of augmented reality literature for construction industry	Rankohi, Sara Waugh, Lloyd	2013	CAN	Review (1999-2012) 8 tidsskrifter 133 artikler	at give et udvidet fundament for fremtidig forskning ved statistisk gennemgang af AR-teknologi i byggeindustrien	Systematisk litteraturstudie af 8 tidsskrifter	AR- byggeplads-besøg, kontrol, inspektion, planlægning og samarbejde træning	AR i udførelsesfasen ARtrends Gab i forskning	-
Virtual reality in the AEC industry: a literature review	Sara Rankohi Lloyd Waugh	2014	CAN	Review (2000-2012) 4 tidsskrifter 259 artikler	at give et udvidet fundament for fremtidig forskning ved statistisk gennemgang af VR-teknologi i byggeindustrien	Systematisk litteraturstudie af 4 tidsskrifter	VR- byggeplads-besøg, kontrol, inspektion, design, planlægning og samarbejde	Designsteam teknologi modenhe VR-trends	-

Titel	Forfatter(e)	År	Loka- tion	Under- søgel- ses- gruppe	Formål	Metodologi	Anvendelse	Relevante resultater	Moden- hed
Using virtual reality to facilitate communication in the AEC domain: a systematic review	Wen, J. Gheisari, M.	2020	USA	Review (2004-2019) 41 artikler	at undersøge, hvordan VR er blevet anvendt, samt hvad den fremtidige forskningstrend inden for kommunikationsformål er	Systematisk litteraturstudie	VR- byggeplads- besøg, kontrol, inspektion, design, planlægning og samarbejde	VR-inspektion drift og vedligehold undervisning træning design granskning VR-trends	-
Analyzing the potential of virtual reality for engineering design review	Wolfarts- berger, Josef	2019	AT	72 studerende 16 fra erhvervslivet	at evaluere et VR-baseret værktøj til understøttelse af granskning af komplekse installationer i produktionsindustrien.	værktøjet evalueres i to casestudies. 1) afgrænset studiemiljø 2) ægte industrielt miljø i en rigtig granskningsproces	VR-granskning	Bygbarhe granskning inspektion kommunikation	4 5
Virtual reality-integrated workflow in BIM-enabled projects collaboration and design review: a case study	Reza Zaker Elói Coloma	2018	ES	9 fra erhvervslivet	at undersøge anvendelsen af en VR-baseret arbejdsgang i et rigtigt projekt	via interviews og observationer undersøges VR-baseret arbejdsgang i en casestudy	VR-granskning, designfasen	Tværfaglighed granskning kommunikation opmåling 1:1	5
Mixed Reality for On-Site Self-Instruction and Self-Inspection with Building Information Models	Riexinger, Günther Kluth, Andreas Olbrich, Manuel Braun, Jan Derrik Bauern-hansl, Thomas	2018	DE	4 demonstra- tioner	at demonstrere AR-understøttede planlægningsprocesser, produktions- og installationsprocesser	Proof-of-concept af 4 demonstrationsprojekter	AR-inspektion, planlægning, produktion og installation	Inspektion kontrol 4D	4
Smart inspection: Documenting issues in 3D With augmented reality	Rost, Robert Jahn, Niklas Friedewald, Dr.-Ing. Axel	2018	DE	1 demonstration	at undersøge potentialet ved AR-understøttet inspektion	Proof-of-concept af demonstrationsprojekt	AR-Inspektion	Inspektion BCF kontrol	4
Comparing Perceptions of Occupant low and space functionality in virtual reality and an actual space	Windham, Andrew Liu, Fangxiao	2018	USA	56 studerende	at undersøge potentialet ved VR-understøttet gennemgang	Spørgeskemaundersøgelse	VR-granskning	Funktionalitet granskning slutbruger	4 5
Superimposing building information models in augmented reality	Dudhee, Vishak Vukovic, Vladimir	2020	UK	2 AR- HMD 4 AR-applikationer	at undersøge eksisterende, kommercielt tilgængeligt AR-HMD og -applikationer til overlejring af BIM	Afprøvning i en casestudy, hvor opsætningstid og nøjagtighed måles, og virtuel oplevelse sammenlignes	AR-inspektion	Overlejring af informationer nøjagtighed ved overlejring kontrol	4

Litteraturliste

- Alizadehsalehi, Sepehr, Ahmad Hadavi og Joseph Chuenhuei Huang, 2020. "From BIM to Extended Reality in AEC Industry." *Automation in Construction* 116 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103254>.
- Ammari, Khaled El, and Amin Hammad. 2019. "Remote Interactive Collaboration in Facilities Management Using BIM-Based Mixed Reality." *Automation in Construction* 107 (January): 102940. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102940>.
- Arksey, Hilary og Lisa O'Malley, 2005. "Scoping Studies: Towards a Methodological Framework." *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice* 8 (1): 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>.
- Dudhee, Vishak og Vladimir Vukovic, 2020. "SUPERIMPOSING BUILDING INFORMATION MODELS IN AUGMENTED REALITY." In 20th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 11–18.
- Haahr, Meinhardt Thorlund, Kjeld Svdt og Rasmus Lund Jensen, 2019. "How Can Virtual Reality and Augmented Reality Support the Design Review of Building Services." In *Proceedings of the 19th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2019)*, 19:84–93. <http://convr2019.com/PROCEEDINGS-CONVR19.pdf>.
- Johansson, Mikael og Mattias Roupé, 2019. "BIM and Virtual Reality (VR) at the Construction Site." *Proceedings of the 19th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, no. November 2019: 1–10.
- Kwiatek, C., M. Sharif, S. Li, C. Haas og S. Walbridge, 2019. "Impact of Augmented Reality and Spatial Cognition on Assembly in Construction." *Automation in Construction* 108 (November). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102935>.
- Rankohi, Sara og Lloyd Waugh, 2013. "Review and Analysis of Augmented Reality Literature for Construction Industry." *Visualization in Engineering* 1 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1186/2213-7459-1-9>.
- Rankohi, Sara og Lloyd M. Waugh, 2014. "VIRTUAL REALITY IN THE AEC INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW." In *Proceedings of the 14th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*.
- Riexinger, Günther, Andreas Kluth, Manuel Olbrich, Jan Derrik Braun og Thomas Bauernhansl, 2018. "Mixed Reality for On-Site Self-Instruction and Self-Inspection with Building Information Models." *Procedia CIRP* 72: 1124–29. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.160>.
- Rost, Robert, Niklas Jahn og Dr.-Ing. Axel Friedewald. 2018. "Smart Inspection: Documenting Issues in 3d With Augmented Reality." In 18th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 311–20.
- Wen, J., and M. Gheisari, 2020. "Using Virtual Reality to Facilitate Communication in the AEC Domain: A Systematic Review." *Construction Innovation* 20 (3): 509–42. <https://doi.org/10.1108/CI-11-2019-0122>.
- Windham, Andrew og Fangxiao Liu, 2018. "Comparing Perceptions of Occupant Low and Space Functionality in Virtual Reality and an Actual Space." In 18th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 266–74.
- Wolfartsberger, Josef, 2019. "Analyzing the Potential of Virtual Reality for Engineering Design Review." *Automation in Construction* 104: 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.018>.
- Zaker, Reza og Eloi Coloma, 2018. "Virtual Reality-Integrated Workflow in BIM-Enabled Projects Collaboration and Design Review: A Case Study." *Visualization in Engineering* 6 (1). <https://doi.org/10.1186/s40327-018-0065-6>.

I4.0 PÅ DATAMATIKER- UDDANNELSEN

Inddragelse af Industri 4.0 i programmering på datamatikeruddannelsen

Over den seneste årrække er Internet of Things (IoT) og Industri 4.0 (i4.0) kommet i voksende fokus. Derfor er det yderst relevant, at datamatikeruddannelsens dimittender forberedes til at kunne understøtte aftager-virksomhederne inden for i4.0. Derfor eksperimenter vi med at indføre brug af i4.0-teknologier i programmeringsundervisningen. Eksperimentet antager, at motivation og læring øges, når den studerende arbejder med noget konkret (fysisk). Spørgsmålet er, om den forøgede kompleksitet vil påvirke læringen negativt. De studerende inddeles i en interventionsgruppe, som deltager i forsøget, og en referencegruppe, som deltager i et uændret forløb. Begge grupper testes i forhold til læringsmål før og efter forløbet. De foreløbige resultater viser, at det ikke kan påvises, at interventionsgruppen lærer mindre inden for programmeringsfagets centrale læringsmål end referencegruppen. Endvidere er der indikationer på, at motivation og læring forøges i interventionsgruppen. Derfor overvejes det og diskuteres, hvordan brugen af disse eksempler og teknologier i undervisningen kan inddrages bredere i undervisningen.

FORFATTERE

Mogens Holm Iversen, lektor,
IT-uddannelserne, UCN

Istvan Knoll, lektor,
IT-uddannelserne, UCN

Finn E. Nordbjerg, lektor,
IT-uddannelserne, UCN

INDLEDNING

Internet of Things (IoT) og Industri 4.0 (i4.0) (Kagermann, Wahlster and Helbig, 2013) er begge områder, der er kommet mere og mere i fokus hen over de seneste år (se fx Seidelin, 2020). IoT dækker over, at flere og flere apparater bliver forbundet til internettet. Det være sig forbrugerelektronik, biler mv., men i høj grad også maskiner i produktionsapparatet. Dette er et centralt element i,

hvad der er døbt "den fjerde industrielle revolution" eller blot "Industri 4.0". Dette dækker over integration mellem den digitale og den fysiske verden i fremstillingssektoren. Elementer i produktionsapparatet forbindes, der opsamles data, produktionen automatiseres i højere og højere grad, og data udnyttes til optimering af produktionen (*Hvad er Industri 4.0 - Teknologisk Institut, 2020*). Dette er gældende både i Danmark,

EU og resten af verden. Samtidigt er også flere og flere virksomheder i Nordjylland begyndt at udnytte disse muligheder både i produktionen og i produkterne. Endvidere har en stor del af disse virksomheder store udfordringer med at komme i gang med at udnytte potentialet (Hofman-Bang, 2020),(Hansen and Bøgh, 2019)). Groft generaliseret er deres digitale modenhedsniveau ofte for lavt. For uddannelser, der leverer medarbejdere til disse virksomheder, er det derfor nødvendigt, at dimittenderne fra uddannelserne har kendskab til dette område, således at de kan gå ind og hjælpe virksomhederne i en situation, hvor man enten ønsker at begynde en transformation, er i gang med en – eller allerede navigerer i IoT- og i4.0-universet. Dette gælder i særlig grad for datamatikeruddannelsen, som uddanner til at varetage udvikling af software til erhvervsmæssig anvendelse. Traditionelt har datamatikeruddannelsen fokus på administrativ software, hvilket afspejles i de opgaver, eksempler, cases og projekter, som tages op på uddannelsen. Som beskrevet ovenfor er i4.0 et nyt og vigtigt anvendelsesområde for software. Derfor igangsatte vi i 2019 et eksperiment, hvor vi vil prøve at række i4.0 ind som anvendelsesområde i programmeringsundervisningen. Målet er gennem valg af opgaver, eksempler, cases og projekter at give de studerende indsigt i og erfaring med i4.0-universet. Samtidigt er det vigtigt, at de studerende stadig når de samme læringsmål fastsat i den nationale studieordning.

BAGGRUND

På denne baggrund har vi startet et eksperiment omkring at lade noget af undervisningen i programmeringsfaget foregå på en platform, som er meget anvendt inden for i4.0. Platformen er også udbredt til mange hjemme-IoT-projekter og vil være kendt for mange af de studerende. Den del af i4.0, som belyses,

kan kort beskrives som en decentral computer koblet op til en ekstern enhed (et perifert board), hvorpå der er monteret noget elektronik. Parametre for valg af denne decentrale computer vil typisk være processor-kraft, energiforbrug og pris per enhed. Dette kunne f.eks. pege på anvendelse af en eller anden form for Arduino board (Arduino, 2021) eller andet baseret på denne teknologi. Da formålet med projektet er læring, er den vigtigste udvælgelsesparameter i stedet et board, der kan programmeres med et sprog, som de studerende allerede kender, nemlig Java. De studerende benytter Java gennem et BlueJ-udviklingsmiljø (IDE) (BlueJ, 2021), og en Raspberry Pi (Raspberry Pi, 2021) har computerkraft nok til at køre BlueJ. BlueJ er præinstalleret på Raspberry Pi. Derfor vælges at køre med Raspberry Pi og seneste version (4B), så fokus kan holdes på motivationen, og det at anvende kendt teknologi (Java-programmering) i en ny kontekst. Den typiske kontekst for de studerende er at anvende Java til at løse opgaver inden for salg og udlægning. Disse løses 100 % på den studerendes computer. Ved at benytte Raspberry platformen med tilhørende elektronik tydeliggøres det over for den studerende, at der er andre områder, hvor Java-teknologien kan benyttes. Her er kongs-tanken, at dette belyses ved, at den studerende fysisk skal flytte filer fra sin computer til Raspberry Pi. Der er ikke tale om at benytte en eller anden form for weboverførsel, da denne vurderes til at blive opfattet som magi af den studerende og derfor ikke vil leve op til formålet. Så den studerende skal lave opgaver på sin computer og teste det af i et kontrolleret miljø, for derefter at konfigurere det til at køre på Raspberry Pi, inden koden fysisk flyttes (via en USB-stick) til den indlejrede platform. Typisk, når man arbejder i en indlejret i4.0-verden, så er det forbundet med tid og andre ressourcer at overføre programmerne til

den indlejrede platform. I nogle situationer vil hardwaren heller ikke være designet og tilgængelig på det tidspunkt, hvor softwareudviklingen finder sted. Løsningen på dette har traditionelt været at anvende en eller anden form for simulator og i nyere tid en digital tvilling (Barricelli, Casiraghi and Fogli, 2019). Til dette forsøg er der udviklet en simpel digital tvilling, hvor der er en bit, der styrer om koden skal køre på tvillingen eller på hardwaren.

En række opgaver til programmeringsundervisningen er blevet udviklet. Opgaverne støtter de samme faglige mål (objektinteraktion og loops og collections) som tidligere opgaver, men konteksten er ændret fra det administrative univers til i4.0 universet. Formålet er endvidere at vise de studerende, at programmering ikke kun foregår på deres medbragte lap-top, men også kan køre på andre platforme, fx en indlejret enhed som Raspberry Pi. Programmering er en abstrakt aktivitet, hvor en computer instrueres vha. abstrakte koder. Resultaterne manifesterer sig ofte i form af ændringer i dataværdier (tal og andre symboler) – også meget abstrakt. Mange erfaringer fra programmeringsundervisning viser, at arbejdet med konkrete fysiske enheder er motiverende for mange studerende, fx LEGO Mindstorms forløb (Lykke et al., 2014). Det er derfor vores forventning, at en række studerende vil opleve arbejdet med de fysiske elementer mere motiverende end den traditionelle programmeringsundervisning.

Studieordningen for datamatikeruddannelsen fastlægger en række læringsudbytter, som er udmøntet i konkrete læringsmål i fag- og semesterplaner. På dette sted i semestret arbejdes der med konkrete programmeringsfærdigheder inden for emnerne objektinteraktion samt loops og collections. Introduktion af yderligere materiale (her Raspberry Pi og diverse fysiske komponenter) kan stjæle fokus fra

disse centrale læringsmål. Derfor besluttede vi sideløbende med eksperimentet at undersøge, om de studerende fortsat når de krævede læringsmål. Herudover forventer vi, at de oplever øget motivation og opnår indsigt i i4.0-universet.

Konkret ønsker vi kvantitativt at undersøge, om de studerende, som deltager i forsøget, når mindst de samme læringsmål som de studerende, der deltager i vores normale undervisning inden for de berørte emner. Herudover vil vi kvalitativt undersøge om, de studerende, som deltager i forløbet, oplever øget motivation for programmeringsundervisningen og indsigt i i4.0.

METODE

På datamatikeruddannelsen er de studerende opdelt i hold på 20-30 studerende. Hvert efterår starter vi to danske og to internationale hold, og hvert forår starter vi et dansk hold. De studerende er delt i to grupper (randomiseret): interventionsgruppen: de studerende, som deltager i det nye forløb, og referencegruppen: de studerende, som deltager i det traditionelle forløb. Et hold er altid i samme gruppe.

Resultatet af forsøget undersøges på to måder: kvalitativt og kvantitativt. De studerendes opnåelse af de konkrete faglige læringsmål måles kvantitativt:

For at vurdere de deltagende studerendes udbytte i forhold til de konkrete læringsmål inden for programmeringsfærdigheder, så gennemfører vi to faglige test for begge grupper. I hver test stilles en række små programmeringsopgaver, som de studerende skal løse så mange som muligt af inden for et fastsat tidsrum. Opgavesættets omfang er fastsat ved at lade et antal undervisere løse sættet. Programmering er tæt beslægtet med matematik, og erfaringer herfra viser, at en underviser bør kunne løse et sæt (næsten) fejlfrit på ca. halvdelen af den tid, som de studerende får til sættet.

Det er vigtigt at bemærke, at denne type test kun afprøver konkrete færdigheder, men opnåelse af konkrete programmeringsfærdigheder er også helt centrale læringsudbytter på dette stadie i uddannelsen.

Som nævnt, så tester vi to gange med to forskellige test. Vi vil gennemføre en test inden forsøget og en anden test efter forsøget og derpå sammenligne, hvor meget de to grupper har flyttet sig.

Den første test (baseline) har et dobbelt formål. Vi ønsker at måle, i hvilken grad de enkelte studerende opfylder fagets læringsmål på tidspunktet for forsøgets start. Erfaringsmæssigt kommer en ikke ubetydelig gruppe studerende med en række programmeringsmæssige færdigheder erhvervet på anden uddannelse og/eller gennem hobbyaktiviteter. For at måle effekten af forsøget vil vi gerne kunne regulere for disse evt. forskelle i forkundskaber. Tilsvarende vil baselinetesten gøre det muligt at tage højde for evt. tilfældige udsving mellem grupperne pga. forskellige læringsforudsætninger, forskelligt talent og forskellige undervisere mv. Dette styres gennem en rettenøgle: Der kan i alt opnås 100 point, hvor 70 point er det, som vi forventer, at en studerende uden særlige forudsætninger, som opfylder læringsmålene, vil opnå, mens de sidste 30 point kun gives til løsningselementer, der går ud over det forventelige. Der er ikke en bonus for at slutte før tid, da vi ikke ønsker at give den studerende ekstra stress i testsituationen.

Den anden test (effekttest) tages, efter at de studerende har gennemført Raspberry Pi-undervisningen i klassen. Formålet med testen er at måle, om de studerende har opnået de forventede læringsmål på dette tidspunkt af semestret.

Vi ønsker at undersøge, om de studerende i interventionsgruppen har lært mindst det samme som de studerende i referencegruppen. For

at kunne sammenligne resultaterne af de to test beregner vi forskellen (gain) mellem scoren i baseline- og effekttesten. Da 100 % målopfyldelse i baselinetesten svarer til en score på 70 point, justeres baseline-score med følgende formel: $(\text{baseline-score}/70)*100$, inden gain beregnes. Hermed vil scoren i de to test kunne sammenlignes direkte.

Herefter vil vi sammenligne de to gruppers gennemsnitlige gain. Endvidere vil vi også se de enkelte studerendes progression.

Selve forsøget er tilrettelagt som et forløb, hvor de studerende i referencegruppen gennemfører den sædvanlige undervisning i emnerne objektinteraktion, loops og collections, mens de studerende i interventionsgruppen undervises i disse emner i et nyt forløb, hvor Raspberry Pi og i4.0-universet inddrages.

De to grupper følger samme studieordning og skal opnå samme læringsmål. Referencegruppen følger den for semestret sædvanlige lektionsplan. Undervisningsforløbet i programmeringsfaget i starten af semestret er opbygget med henblik på at etablere et stabilt fundament hos alle studerende, hvor især nybegyndere inden for programmering har brug for at forstå grundelementerne i faget og få øvelse i grundlæggende programmeringsstrukturer. Dette opnås igennem emner, bestående af to til tre dage med en gradvis udforskning af det givne emne – f.eks. "objektinteraktion" eller "collections og loops", efterfulgt af en dag med fordybelse, hvor de studerende først og fremmest løser opgaver. Vi har placeret Raspberry Pi-dagene på disse fordybelsesgange, hvor referencegruppen får en emnedag med Raspberry Pi. Som det fremgår af sammenligningen mellem referencegruppens og interventionsgruppens lektionsplaner, indgår de samme elementer i begge med små variationer i rækkefølge affødt af praktiske forhold på det enkelte semester. Dagene med Raspberry Pi

Tabel 1: Lektionsplaner for reference- og interventionsgruppe. (Tabellen er udarbejdet af forfatterne.)

Session	Referencegruppe	Interventionsgruppe
1	Fundamental building blocks of object-oriented programming	Fundamental building blocks of object-oriented programming
2	Introduction to the class definition, methods, fields	Introduction to the class definition, methods, fields
3	Review on classes and objects	Review on classes and objects
4	Object interaction	Object interaction
5	Object interaction	Object interaction
6	Collections of objects, sweep and search pattern	Raspberry Pi – day (Object interaction, conditional statement)
7	Collections of objects, sweep and search pattern	Object interaction review
8	Collections of objects, sweep and search pattern	Collections of objects, sweep and search pattern
9	Collections of objects, sweep and search pattern	Collections of objects, sweep and search pattern
10	Object interaction, debugger	Collections of objects, sweep and search pattern
11	Documentation, library classes, packages, other types of collections, class interfaces	Raspberry Pi – day, debugger (Collections of objects, sweep and search pattern)
12	Documentation, library classes, packages, other types of collections, class interfaces	Fixed sized collections - arrays
13	Collections of objects, sweep and search pattern	Documentation, library classes, packages, other types of collections, class interfaces
14	Fixed sized collections - arrays	Documentation, library classes, packages, other types of collections, class interfaces

for interventionsgruppen ligger på dage, hvor referencegruppen afslutter et emne med fordybelse, se tabel 1.

I forløbet med Raspberry Pi benyttes samme programmeringssprog (Java) og udviklingsmiljø (BlueJ (BlueJ, 2021)), som de studerende er vant til, og som benyttes i det traditionelle forløb. Dette er valgt for at nedbringe eventuelle negative effekter af at bevæge sig ud af det kendte miljø (den studerendes laptop) og over på det indlejrede miljø (Raspberry Pi). I de undervisningsmoduler, som inddrager Raspberry Pi, udlånes færdige sæt af hardware til de studerende. Vi har under udviklingen af hardwaren brugt læringsmålene i studieordningen, så opgaverne, der knytter sig til disse undervisningsgange, holder sig inden for de læringsmål, der gælder for det pågældende semester. En konsekvens er f.eks., at de studerende

ikke selv skal bygge eller samle udstyret, da det ikke indgår i læringsmålene. Hardwaren består af en Raspberry Pi-enhed, et til formålet fremstillet prototypekort – et hulprint – med et simpelt kredsløb, forbundet af et GPIO-kabel, et skærmerkabel samt parrede periferier som mus og tastatur. De studerende låner en skærm, som de kan tilkoble hardwaren. Prototypekortet omfatter en LED, som er en lysende diode, samt en trykknop. Raspberry Pi-aktiviteterne er placeret på dage, som normalt har repetition og fordybelse som primært formål. Som det fremgår af tabel 1, er læringsmålene for første Raspberry Pi-dag relateret til grundlæggende programstruktur i et objektorienteret program. Der arbejdes med objekter, metodekald på tværs af og internt i objekter, og programmets afvikling styres af if-sætninger. Med Raspberry Pi bliver de studerende instrueret i at

reagere på knappetryk på hardwaren og lade hardwaren reagere på forskellige simple måder. Der inddrages et element af leg, da de studerende opfordres til at udvikle et lille reaktionsspil. På den anden Raspberry Pi-dag er loops og collections i fokus, hvor de studerende med Raspberry Pi skal udvikle en oversætter til Morse-alfabetet med den indbyggede LED som interface. Referencegruppen skal løse de sædvanlige øvelser med søgning i lister med eksempler fra primært forretningsverdenen, mens interventionsgruppen skal bruge samme teknikker til at slå bogstaver op i Morse-alfabetet for at få lampen til at blinke den ønskede Morse-kode.

På datamatikeruddannelsen er programmeringsundervisningen tilrettelagt i dage af seks lektioner. Der er afsat to forskellige dage, hvor de studerende arbejder med et opgavesæt, som kræver, at de

programmatisk interagerer med hardwaren. Når udstyret er samlet og tændt, fungerer knappen og LED'en ikke. Det bliver således en central del af opgaven for den studerende at implementere funktionaliteten. Igennem anvendelsen af det softwareudviklingsmiljø, de studerende allerede er fortrolige med, implementerer de studerende først simpel tænd-sluk-funktionalitet, siden mere komplekse opgaver, herunder et simpelt spil, der måler reaktions- evnen hos spilleren. Hardwaren kan ses på figur 1 og 2.

Hardwaren suppleres, som tidligere omtalt, af et simulationsprogram, en simpel form for digital tvilling. Denne programmeres gennem det samme IDE, som de studerende allerede benytter og er mere eller mindre fortrolige med (BlueJ). Digitale tvillinger benyttes ofte i i4.0-løsninger, idet de åbner mulighed for at afprøve forskellige løsnings interaktion med hardwaren (ofte et produktionsanlæg) uden at tilgå hardwaren og derved forstyrre driften af anlægget. Da installation på hardwaren spares, er det også muligt langt hurtigere at afprøve forskellige løsninger. Endvidere giver digitale tvillinger også mulighed for at simulere forskellige ændringer i det fysiske anlæg (simuleringer). I undervisningssammenhæng giver den digitale tvilling mulighed for hurtigt at afprøve programmer, der udvikles som led i opgaveløsningen, inden programmet overføres til hardwaren. Da antallet af hardware-sæt er begrænset, er en gruppe på fem til seks studerende nødt til at deles om et sæt. Med den digitale tvilling har de studerende mulighed for at arbejde selvstændigt og afprøve på egen computer og siden overføre og teste på hardwaren. Herved opleves, hvordan det udviklede program interagerer med hardwaren, så det ses, at LED'en lyser, slukker eller blinker efter det ønskede mønster, når der trykkes på kontakten. Introduktionen af en

Figur 1: Prototypeboardet med monteret diode og knap.

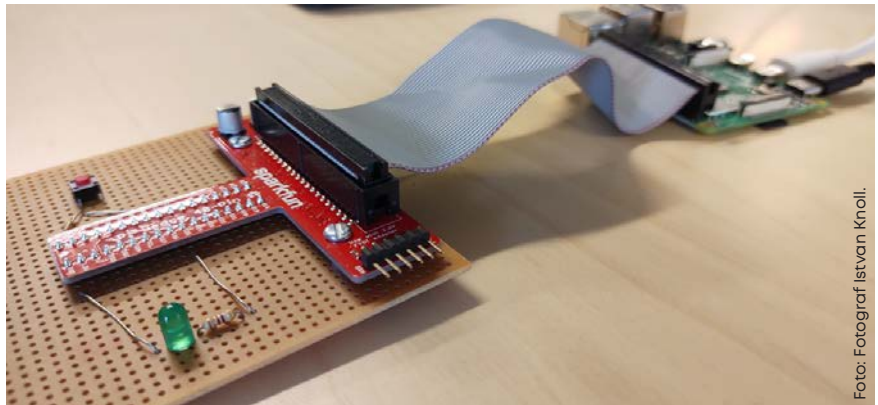


Foto: Fotograf Istvan Knoll.

Figur 2: Den samlede hardwareopstilling med perifere enheder.



Foto: Fotograf Istvan Knoll.

digital tvilling demonstrerer også en central i4.0-teknologi og giver en række muligheder for videre forløb (se "Perspektivering").

Den digitale tvilling er programmeret i det samme udviklingsmiljø, som de studerende anvender til deres undervisning. Dette forventes at give en følelse af genkendelse hos den studerende og derigennem nedsætte antallet af ubekendte, som den studerende skal forholde sig til. Den

digitale tvilling er udviklet i Java under anvendelse af Pi4J biblioteket (Pi4J, 2021). Dette er et standard Java-bibliotek udviklet til at kunne kommunikere med GPIO porten på en Raspberry Pi og supporterer i skrivende stund op til og med Raspberry Pi 4B. Det har den yderligere fordel, at den studerende relativt nemt vil kunne købe egen Raspberry og tilbehør og så udvide programmet, så det nu understøtter den

opsætning som den studerende vil forsøge sig med. I denne sammenhæng betragtes den digitale tvilling som en "blackbox", hvis indre opbygning og funktion er irrelevant. Design, arkitektur og funktionalitet af den digitale tvillings software er dog udviklet under anvendelse af principper og mønstre, som den studerende vil stifte bekendtskab med senere på uddannelsen (se "Perspektivering").

Oplevelse af motivation og kompetencer inden for i4.0 søger vi at vurdere kvalitativt gennem semistrukturerede interviews med hver enkelt studerende, som deltager i forsøget. Interventionsgruppen er blevet interviewet individuelt med henblik på at vurdere, hvordan de har oplevet forløbet (motivation, interesse mv.). Dette er gjort i forbindelse med de midtvejssamtaler, som afholdes ca. midtvejs i semestret. Midtvejssamtaler falder efter ca. 15 undervisningsgange, og det nye forløb afsluttedes efter ca. 10 undervisningsgange (tabel 1), hvilket er passende tid efter, at forløbet er afsluttet. Der har været tid til at reflektere, og de studerende har fået indsigt i, hvordan den traditionelle

undervisning forløber. Der bliver udarbejdet en spørgeramme til midtvejssamtalen, som bliver brugt til at styre indholdet og retningen i de studerendes refleksioner. I dette år blev interventionsgruppen bedt om at besvare følgende spørgsmål:

- 1.) *Hvordan oplever du undervisningen – hvordan synes du, at uddannelsen passer til dig?*
- 2.) *Hvordan oplever du at være i klassen og i den gruppe, du er kommet i?*
- 3.) *Hvordan går det med det enkelte fag – er der noget, du gerne vil have, vi gør mere af eller mindre af?*

I forlængelse af spørgsmål 3 blev interventionsgruppen også bedt om at fortælle om deres oplevelse af at arbejde med Raspberry Pi i forhold til den almindelige undervisning, som de kendte fra de andre undervisningsgange. Også her blev de bedt om at forholde sig til, hvorvidt de gerne ville have mere eller mindre af denne form for opgaver.

RESULTATER

Der er kørt forsøg med Raspberry Pi undervisning i fem klasser af datamatikerstuderende fordelt på tre

studiestarter (efterår 2019, forår 2020 og efterår 2020). Disse udgør interventionsgruppen. Referencegruppen udgøres af fire klasser af datamatikerstuderende (efterår 2019 og efterår 2020). En klasse består af mellem 20 og 30 studerende, og begge grupper indeholder både internationale og danske studerende. Der har i alt været 170 studerende fordelt på 77 i referencegruppen og 93 i interventionsgruppen. Det har været frivilligt for de studerende at deltage i undersøgelsen (men ikke i undervisningen), ligesom de studerende har haft mulighed for at springe fra testene efter første undervisningsgang. Yderligere kunne den studerende være syg, have fortrudt studievalg eller have anden grund til ikke at fuldføre forsøget. Derfor er der for begge grupper kun medtaget testsvar, hvor den studerende har deltaget i både baseline- og effekttesten. Resultaterne er anonymiseret og kan ses af tabel 2 og 3 nedenfor.

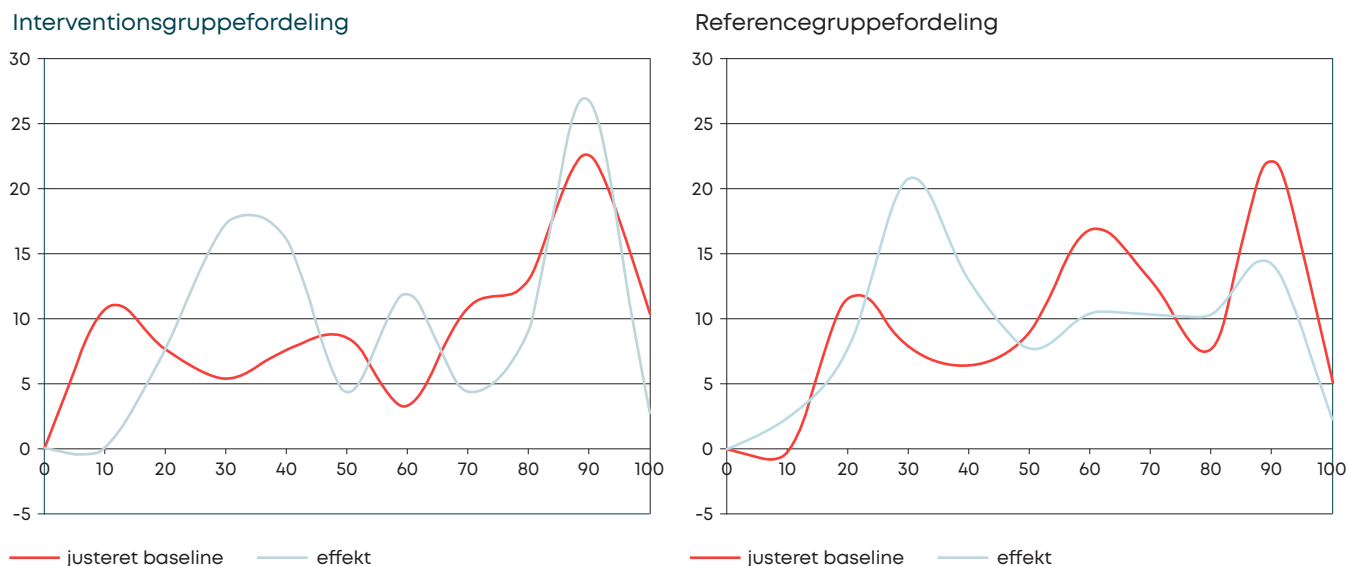
For at få et bedre overblik over resultaterne plottet disse ind i et diagram, der er justeret efter, hvor mange procent af svarene som ligger inden for det enkelte interval.

Tabel 2: Lektionsplaner for reference- og interventionsgruppe. (Tabellen er udarbejdet af forfatterne.)

	baseline	adjusted baseline	effekt	gain
antal	77	77	77	77
minimum	14	20	15	-60
maksimum	80	100	100	31
median	47	67	54	-5
gennemsnit	47	66	59	-7
spredning	17,84	24,71	25,06	18,88

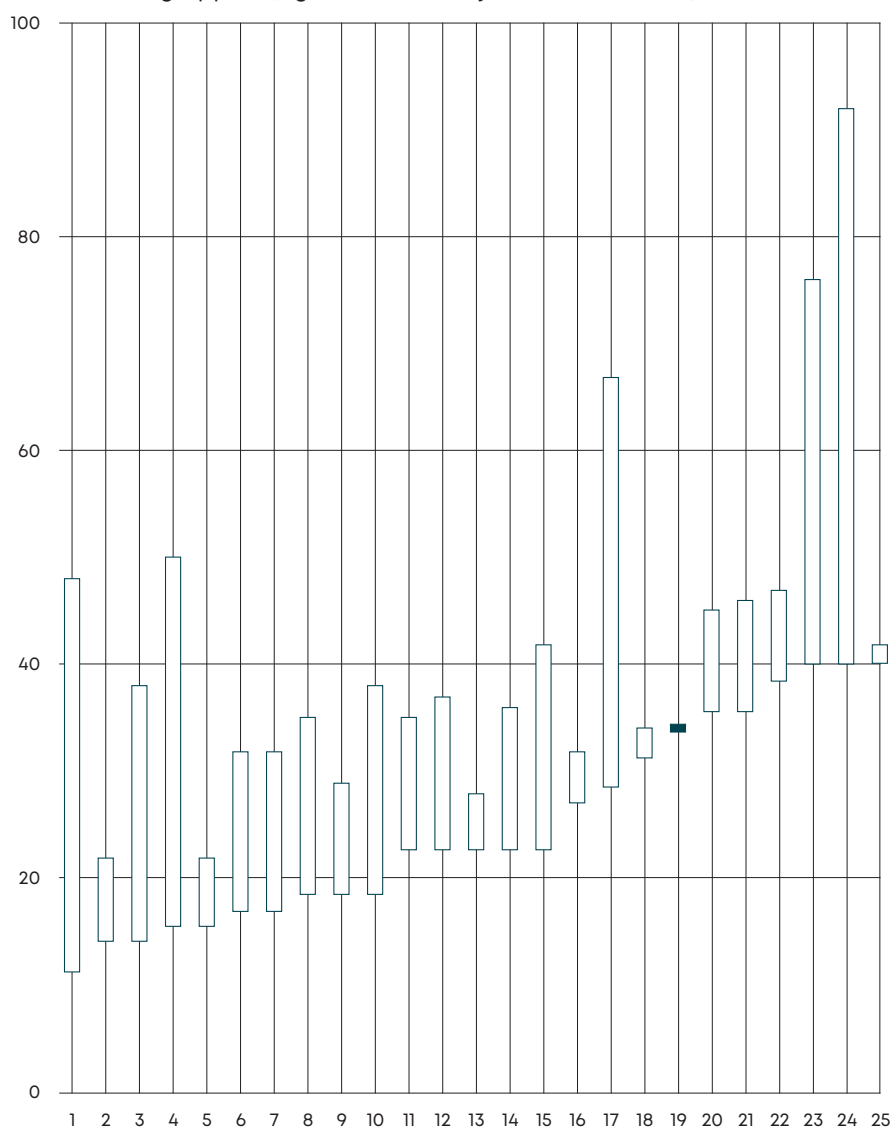
Tabel 3: Resultater for interventionsgruppe. (Tabellen er udarbejdet af forfatterne.)

antal	93	93	93	93
minimum	8	11	22	-56,57
maksimum	87	100	100	52
median	52	74,29	65	-3
gennemsnit	46,82	66,36	64,13	-2,23
spredning	21,12	29,43	25,69	18,35

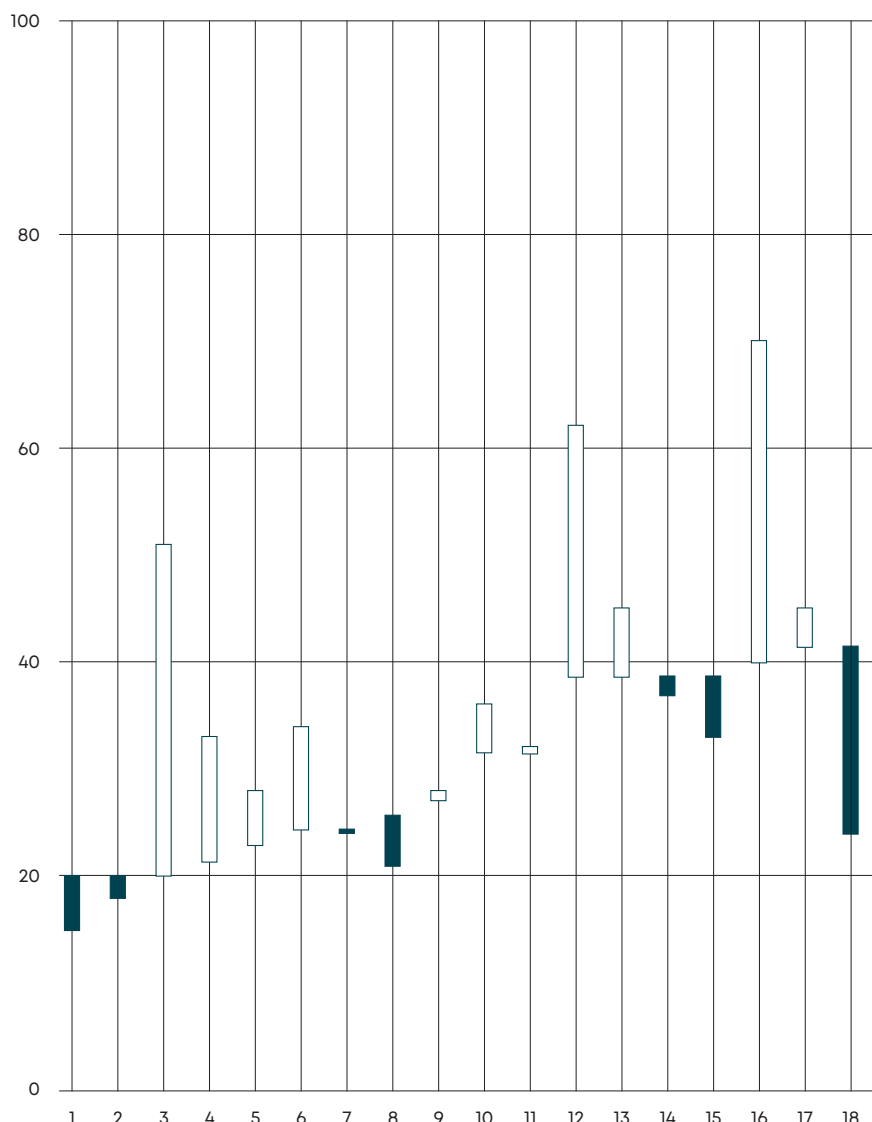
Figur 3: Fordelingen af svarene i grupperne. (Figuren er udarbejdet af forfatterne.)

For nemheds skyld er antallet i intervallet placeret ved afslutningen af intervallet. Figuren kan derfor kun bruges til at skabe et groft overblik over fordelingen. Er detaljer nødvendige, skal tabel 2 og 3 bruges. Som tidligere omtalt, er det nødvendigt at justere baselinescoren, for at den er sammenlignelig med effekttestscoren. Dette fordi baselinescoren også skal måle, om der er studerende, der i forvejen har programmeringskundskaber, noget, der er typisk blandt en del af 1. semesters datamatikerstuderende. Fordelingen efter justering i både referencegruppe og interventionsgruppe fremgår af figur 3.

Fordelingen rejser en række spørgsmål omkring læringen hos de studerende fordelt i tre grupper: den svage gruppe (de, der scorer op til 41 point i baselinetesten), middelgruppen (placeret mellem 42 og 80 point) og de øvede/gode (placeret over de 80 point). Bemærk, at disse pointintervaller er for den justerede score i baseline. En simpel måde at visualisere dette på er ved at anvende et diagram kendt fra aktiehandel, nemlig et open/close-diagram. Data sorteres fra lav baselinescore til høj, og diagrammet konfigureres med baseline som åbningspris, 100 som maksimumspris, 0 som minimumspris og effekttest som lukkeprisen.

Figur 4: Den individuelle *gain* sorteret efter baselinescoren for interventionsgruppen. (Figuren er udarbejdet af forfatterne.)

Figur 5: Den individuelle *gain* sorteret efter baselinescoren for referencegruppen. (Figuren er udarbejdet af forfatterne.)



Dermed skabes et diagram, der viser den enkelte studerendes *gain* fra baseline til effekt. På figur 4 og 5 er et udsnit af disse diagrammer vist for de lavestscorende studerende.

Af disse diagrammer (figur 4 og 5) ses, at de studerende, som har den lavest justerede score i baselinetesten, har det højeste *gain* i interventionsgruppen, sammenlignet med de tilsvarende studerende i referencegruppen.

Midtvejssamtalernes svar er overvejende positive, ca. 90 % fremhæver, at det, at de fik et apparat til at fungere, har været motiverende. Af de studerendes

feedback fremgår det endvidere, at ca. 70 % gerne så, at der var flere dage med Raspberry Pi.

Sammenfattende tyder resultaterne af den kvalitative analyse på, at de studerende oplever øget motivation for at arbejde med programmering og har fået et forøget kendskab til i4.0 som anvendelsesområde for softwareudvikling. Samtidigt viser de kvantitative resultater, at de studerende, som har deltaget i forsøget, har nået de konkrete læringsmål i mindst samme grad, som de studerende, der har deltaget i den traditionelle undervisning i de samme emner.

DISKUSSION AF RESULTATERNE

Den overvejende positive modtagelse af Raspberry Pi i undervisningen hos de studerende peger i retning af, at vores antagelse om, at arbejdet med de fysiske elementer højner motivationen for at lære programmering holder. Den noget mere begrænsede interesse (70 % mod 90 %) for endnu flere opgaver af samme slags kan skyldes, at dag nr. 2 anvender samme hardwareløsning og derfor ikke har den samme nyhedsværdi, som den havde på første dag. De studerendes kommentarer peger i retning af, at flere Raspberry Pi-opgaver bør udvikles, så nyhedsværdien kan opretholdes for fortsat at virke motiverende. Disse resultater er dog noget usikre, hvorfor det vil være hensigtsmæssigt at undersøge den evt. motivationsfaktor nærmere gennem flere kvalitative analyser.

Som nævnt havde vi frygtet, at introduktion af en ny platform kunne føre til, at de studerende ikke nåede de obligatoriske læringsmål i samme omfang som gennem det traditionelle forløb, men dette ser ikke ud til at være tilfældet. Referencegruppens *gain* har en middelværdi på -7 og interventionsgruppens på -2. Dvs., at interventionsgruppen tilsyneladende har lært mest (målt ved de beskrevne test). For at udelukke, at forskellen skyldes statistiske tilfældigheder, har vi kigget nærmere på *gain* for både referencegruppen og for interventionsgruppen. I begge tilfælde er *gain* normalfordelt med nogenlunde samme varians. Dvs. der kan udføres en variansanalyse (ANOVA). Denne viser, at de to middelværdier er forskellige med en p-værdi på 0,076. Dvs., sandsynligheden for at begå en fejl ved at konkludere, at der er forskel på de to middelværdier er 7,6 %. Man kan med god statistisk sikkerhed fastslå, at tallene ikke bekræfter vores frygt om, at interventionsgruppen ville opnå en lavere grad af målopfyldelse i forhold til de traditionelle

læringsmål for programmering end referencegruppen. Tværtimod ser der ud til at være svag evidens for, at interventionsgruppen har lært lidt mere.

De individuelle ændringer (figur 4 og 5) tyder endvidere på, at de lavestscorende studerende har et højere udbytte af det nye forløb end referencegruppen. Dette skyldes måske, at for disse studerende er den konkrete oplevelse af at have fysiske apparater i hånden endnu mere fremmende for motivation og læring.

PERSPEKTIVERING

Disse resultater underbygger, at det vil være hensigtsmæssigt at fortsætte udvikling af flere i4.0-forløb baseret på Raspberry Pi-plattformen.

Noget af det, vi forestiller os, er et forløb inden for databaseprogrammering (2. semester), hvor Raspberry Pi'en bruges til dataopsamling og evt. til noget af arbejdet med at rense og aggregere data (Iftikhar, Liu and Nordbjerg, 2015). Dette kan udvides ved at benytte Raspberry Pi som en edge-computer i et distribueret netværk (3. semester). Knudepunkterne i dette netværk vil så være mikroprocessorer, f.eks. baseret på Arduino-plattformen og tilkoblede sensorer. Data opsamles på Pi'en og skal delvis behandles der, før de sendes til en cloud-baseret server.

En anden mulighed vil være i slutningen af 1. semester at se nærmere på den digitale tvilling (se Metode). Gennem det tidligere forløb har den digitale tvilling været en sort kasse, hvis interne opbygning og funktion var skjult for de studerende, men ved at åbne den og undersøge koden vil de studerende lære en del om designmønstre og avancerede objektorienterede programmeringsteknikker, hvilket er en del af de studieordningsfastsatte læringsudbytter for faget, mens de studerende arbejder i i4.0-universet og ser eksempler på

teknikker vedr. simulering samt styring og regulering.

Selve montagen af elektronikken på et element vil være oplagt at lade foregå i et samarbejde med produktionsuddannelserne, der finder ud af, hvorledes den faktiske elektronik skal monteres på det emne, der skal arbejdes med, og IT-teknologuddannelsen, der får lavet programmeringen til sensorer og den generelle styring på Arduino. Dette arbejde startes i regi af det EU-finansierede projekt DigiDemo (DigiDemo, 2020)).

Som det fremgår af interviewresultaterne, vil det virke motiverende, hvis man kunne inddrage nye hardwarekomponenter på en simpel måde. Derfor vil vi undersøge muligheder for en hardwarekonfiguration, hvor de studerende lettere kan koble nye periferier på og selv være med til at bestemme den fysiske funktionalitet af deres devices.

Når vi har opbygget og afprøvet en tilstrækkeligt omfattende portefølje af opgaver, eksempler mv., så skal Raspberry Pi på boglisten og være obligatorisk, så den kan anvendes gennem hele uddannelsen.

Det langsigtede mål for datamatikeruddannelsen er altså, at de studerende fra start har en Raspberry Pi og et board, hvor forskellige sensorer og aktuatorer kan monteres. I løbet af uddannelsen vil de på hvert semester møde et eller flere forløb, hvor der arbejdes med i4.0-relaterede problemstillinger med Raspberry Pi som platform. Dette kan danne basis for, at de studerende i deres specialisering på 4. semester kan arbejde sammen med produktionsvirksomheder – en gruppe af virksomheder, som datamatikeruddannelsen ønsker at udvikle og styrke samarbejdet med. Dette samarbejde kan endvidere danne basis for praktikophold og afsluttende projekter og ultimativt job, hvor de erhvervede i4.0-kompetencer udnyttes til fordel for

erhvervslivet. Derudover ser vi, at IT- og softwareudviklingsvirksomheder interesserer sig mere og mere for produktionsvirksomheder, hvorfor i4.0-kompetencer blandt vore dimittender også vil styrke disse virksomheder.

KONKLUSION

De statistiske resultater viser, at introduktion af i4.0-universet og den nye platform ikke har medført, at de studerende i interventionsgruppen har lært mindre i forhold til de givne læringsmål end studerende i referencegruppen. Dette er et meget vigtigt resultat for os, da introduktion af nye elementer ofte fører til, at andre elementer bliver nedprioriteret. Endvidere tyder midtvejssamtalerne på, at de fleste studerende oplever i4.0-forløbet som ekstra motiverende. Endelig tyder de individuelle gain på, at specielt de studerende i interventionsgruppen, som har scoret lavt i baselinetesten, har haft forøget læring gennem forløbet sammenlignet med tilsvarende studerende i referencegruppen.

Alt i alt er der altså ikke noget i resultaterne, som indikerer, at forløbet har haft negative sideeffekter på de studerendes opnåelse af studieordningens læringsudbytter. Som tidligere nævnt mener vi, at i4.0 vil blive mere og mere udbredt blandt produktionsvirksomheder både lokalt, regionalt, nationalt og globalt. Hermed er og vil i4.0 blive et meget vigtigt anvendelsesområde for software. Derfor skal fremtidens softwareudviklere (bl.a. vores dimittender) have kompetencer inden for dette felt. Da det samtidigt ser ud til at øge de studerendes motivation og læring, så vil vi fortsætte og udvide inddragelsen af i4.0 (jf. forrige afsnit).

Litteraturliste

- Arduino (2021) *Arduino - Home*. Available at: <https://www.arduino.cc/> (Accessed: 6 May 2021).
- Barricelli, B. R., Casiraghi, E. and Fogli, D. (2019) 'A survey on digital twin: Definitions, characteristics, applications, and design implications', *IEEE Access*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 7. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2953499.
- BlueJ (2021) *BlueJ*. Available at: <https://bluej.org/> (Accessed: 24 February 2021).
- DigiDemo (2020) *Digitizing products - Creating demonstrators for Future Education - DigiDemo - Digitizing products*. Available at: <https://www.digidemo-project.eu/> (Accessed: 24 February 2021).
- Hansen, E. B. and Bøgh, S. (2019) 'Artificial Intelligence and Internet of Things for Small & Medium-Sized Enterprises : A Survey', *Submitted to Journal of Manufacturing Systems*.
- Hofman-Bang, T. (2020) 'Industriens Fond, Netværks-og Informationsmøde'. Available at: https://www.industriensfond.dk/sites/default/files/praesentation_af_fonden_-_temaendkaldelsesmoede_150120.pdf (Accessed: 2 March 2020).
- *Hvad er Industri 4.0 - Teknologisk Institut* (2020) *Teknologisk Institut*. Available at: <https://www.teknologisk.dk/hvad-er-industri-4-0/36707> (Accessed: 16 April 2021).
- Iftikhar, N., Liu, X. and Nordbjerg, F. E. (2015) 'Relational-Based Sensor Data Cleansing', in *New Trends in Databases and Information Systems*. Springer, pp. 108–118. doi: 10.1007/978-3-319-23201-0_13.
- Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. (2013) *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 -- Securing the Future of German Manufacturing Industry*. München. Available at: http://forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_final_report.pdf.
- Lykke, M. et al. (2014) 'Motivating programming students by problem based learning and LEGO robots', in *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. IEEE Computer Society, pp. 544–555. doi: 10.1109/EDUCON.2014.6826146.
- Pi4J (2021) *The Pi4J Project - Home*. Available at: <https://pi4j.com/1.3/> (Accessed: 24 February 2021).
- Raspberry Pi (2021) *Teach, learn and make with raspberry pi*. Available at: <https://www.raspberrypi.org/> (Accessed: 24 February 2021).
- Seidelin, C. A. (2020) *Ny teknologi på dagsordenen i flere SMV'er - DI*. Available at: <https://www.danskindustri.dk/arkiv/analyser/2020/1/ny-teknologi-pa-dagsordenen-i-flere-smver/> (Accessed: 15 April 2021).

FORANKRING AF VIDEN VIA PRAKTIK

Virtuelle prototyper i små og mellemstore virksomheder

Virtuelle prototyper, i form af 3D-CAD-modeller, indgår i mange sammenhænge, blandt andet som et redskab til design og analyse af produkter, eksempelvis komponenter, maskiner, tekstiler og møbler. Aftagerne til Professionshøjskolen UCN's uddannelser inden for fremstillingsindustrien bruger kun virtuelle prototyper i begrænset omfang. Derfor har underviserne ved disse uddannelser tidligere forsket i, hvad barriererne er for brugen af virtuelle prototyper. Den genererede forskningsviden er blandt andet udbredt via studerende i praktik-ophold ved små og mellemstore virksomheder. Denne praktikantbaserede udbredelsesform har ikke samme skalerbarhed som mere almene netværks- og publikationskanaler. Den giver derimod en dybere forankring i den enkelte virksomhed, og den styrker således relationen mellem de studerende, videninstitutionerne og virksomhederne, der bidrager som praktikværter. Metodisk tager denne artikel udgangspunkt i empiri fra tre produktionsteknologstuderendes praktikophold. Data er indsamlet via semistrukturerede interviews og efterfølgende analyseret gennem en clusteranalyse (Gioia-metodikken). Formålet med denne artikel er at undersøge, i hvilket omfang og på hvilke måder de studerende via praktikophold kan bruges som medie til at udbrede forskningsbaseret viden til små og mellemstore virksomheder. Artiklen konkluderer, at studerende og praktikvirksomhederne deler læring og nye tekniske indsigter. Slutteligt drages perspektiver til andre brancher, ligesom betydningen for uddannelse og industri diskuteres.

FORFATTERE

Mikkel Graugaard Antonsen, adjunkt, energi- og miljøuddannelserne, UCN

Thorbjørn Borregaard, lektor, design- og produktionsuddannelserne, UCN

Lasse Christiansen, lektor, design- og produktionsuddannelserne, UCN

Bent Rosenkilde, lektor, design- og produktionsuddannelserne, UCN

INTRODUKTION

Professionshøjskolerne (og erhvervsakademierne) har en regional forpligtelse til at forsyne deres region med ny viden, affødt af den forskning, de bedriver (Uddannelses- og Forskningsministeriet, 2018). Der findes mange relevante metoder til at udbrede forskningsviden, eksempelvis udgivelse i mange forskellige formater rettet mod forskellige målgrupper, udbredelse gennem netværk, fyraftensmøder og webinarer (European Commission, 2012). Denne tilgang bygger på en antagelse om, at forskningen kommer i anvendelse, når og hvis aftageren ser et aktuelt behov for brugen af forskningsresultaterne. Det er dog ikke nødvendigvis sikkert, at der er en kobling imellem denne bevidsthed og den senere ibrugtagning af den opnåede viden (Jacquin et al., 2016). For at virksomheden absorberer den nye viden kan det eksempelvis være nødvendigt at se denne viden udnyttet i virksomhedens egen kontekst og dermed forankre den nye viden (Zahra and George, 2002).

Professionshøjskolerne har et bundet samarbejde med erhvervslivet gennem projekter og praktik (Uddannelses- og Forskningsministeriet, 2018). Mens mange vidensinstitutioner har andre samarbejder af høj kvalitet med erhvervslivet, er denne forpligtelse specifik for professionshøjskolerne og erhvervsakademierne. Derfor er det en mulighed for professionshøjskolerne og erhvervsakademierne at lade forskningen indgå som grundlag for

disse aktiviteter. Herved vil der, semester for semester, være en bunden vidensudbredelsesaktivitet.

Forskellen på de bevidsthedsskabende aktiviteter og eksempelvis praktik kan beskrives med Merrills *First Principle of Instruction* (Merrill, 2015). Mange typer af videnskabeligt arbejde skaber demonstratorer (Li et al., 2019), hvor udbredelsesaktiviteterne er funderet i genkaldelse af eksisterende viden (aktivering) og dernæst demonstration af en given teknik (Merrill, 2002). Merrills arbejde bygger på, at der findes to yderligere niveauer: ibrugtagning og integration (Merrill, 2002). Netop det autentiske er et centralt begreb i forståelsen af teknik i undervisning (Oura, 2001), idet både projekter og praktikker med virksomheder arbejder med at bruge og integrere viden i autentiske virksomhedssamarbejder. Praktik kan derfor være en mulighed for at skabe en – om end mindre skalerbar – dybere udbredelse af forskningsviden end de bredere bevidsthedsskabende aktiviteter alene (Merrill, 2015).

Baggrunden for denne artikel er forskningsprojektet Virtuelle Prototyper. Her har forskere ved Professionshøjskolen UCN arbejdet med virtuelle prototyper i forbindelse med 3D-CAD-modeller. Begrebet virtuelle prototyper beskriver brugen af disse modeller til test og validering af fysiske produkter i produktudviklingen (Wang, 2002). I forskningsprojekt Virtuelle Prototyper blev det undersøgt, hvor udbredt anvendelse af virtuelle prototyper er i små og mellemstore fremstillingsvirksomheder. Resultaterne viste en række barrierer for udnyttelse af teknologien blandt disse SMV'er. De identificerede barrierer fordeler sig i seks kategorier: organisation, forretning (business) og teknologi, samt om den udspringer af interne eller eksterne forhold. Forskningsresultaterne er efterfølgende blevet implementeret i undervisningen på erhvervsakademiuuddannelserne produktionsteknolog, automationsteknolog og

professionsbacheloruddannelsen i produktudvikling og Teknisk integration.

På uddannelsen produktionsteknolog er denne udbredelse af forskningsresultater i undervisningen foregået som en løbende proces. Denne proces har bestået af følgende aktiviteter, forankret på tredje semester på produktionsteknologuddannelsen:

- Præsentation og diskussion af indsamlede data med studerende
- Udbredelse af resultater fra tidligere foretagne undersøgelser og analyser
- Uddeling af videnskabelige artikler

Med baggrund i disse tre aktiviteter er der foregået en diskussion af resultaterne i relation til de studerendes egen praksis, samtidig med at der er undervist i det tekniske grundlag for at arbejde med grene af anvendelse af virtuelle prototyper i et 3D-CAD-miljø; parametriske konstruktion og simulering.

Denne artikel beskæftiger sig med potentialet af denne udbredelse for at besvare forsknings-spørgsmålet: "I hvilket omfang og på hvilke måder kan studerende via praktikophold bruges som medie til at udbrede forskningsbaseret viden til små og mellemstore virksomheder?" Dette søges besvaret gennem interviews med tre praktikanter fra produktionsteknologuddannelsen.

METODE

Deltagerne er udvalgt efter det eksemplariske princip, da der er tale om tre cases med en høj grad af implementering af ny viden og deraf følgende færdigheder hos praktikværten. Specifikt har praktikanterne:

- arbejdet med virtuelle prototyper i deres projekt
- løst opgaven på et højt fagligt niveau (målt i forhold til deres eksamenskarakter)
- delt deres viden med praktikvirksomheden.

Kriterierne er valgt for at give beskrivelser af forløb, hvor overførslen er lykkedes. Ved at

sammenholde disse vellykkedes forløb kan der dannes grundlag for videre observationer af et bredere felt af praktikforløb. Da de udvalgte cases alle er meget vellykkede, kan de beskrives som ekstreme cases efter Flyvbjergs beskrivelse (Flyvbjerg, 2006).

Formålet med interviewene har været at indsamle eksempler på udbredelse af forskning gennem virksomhedspraktik. Interviewene er udført og optaget som semistrukturerede interviews med praktikanter med afsæt i en spørgeramme (Kvale and Brinkmann, 2015). Interviews og datahåndteringen er udført i henhold til UCN's retningslinjer for GDPR. Denne spørgeramme bestod af følgende spørgsmål og en forklarende tekst:

- Indhold
- Fortæl, hvor du var i praktik.
- Fortæl, hvad du lavede.
- Overdragelse
- Hvilken viden oplevede du at give til virksomheden?
- Hvordan ser du dig selv i denne rolle som teknologibærer?
- Oplevelse
- Fortæl om, hvordan du oplevede processen med at bruge viden, der var ny for virksomheden i praktiken.
- Fortæl om dine egne refleksioner over arbejdet.

Efterfølgende er interviewene gennemlyttet og refereret.

RESULTATER

Interviewene med de tre produktionsteknologistuderende om deres praktikophold har givet et billede af, hvordan studerende kan deltage i overførslen af viden mellem uddannelsesinstitution og virksomhed.

PRAKTIKANT 1

Praktikvirksomheden var en mellemstor virksomhed med hovedkontor i lokalområdet, landsdækkende salgskontorer og serviceværksteder samt produktion på flere lokaliteter. Den konkrete praktikplads var i konstruktionsafdelingen, som er

placeret på hovedkontoret. I denne afdeling havde der længe været en interesse for at effektivisere arbejds gange ved en bedre udnyttelse af de digitale muligheder, som fandtes i 3D-CAD-softwaren med tilhørende tilføjelsesprogrammer. Afdelingen havde dog ikke kunnet afse ressourcerne i den daglige drift og blev derfor enige med Praktikant 1 om, at han gerne måtte kaste sig over opgaven.

Praktikant 1 startede sit praktikophold med at danne sig et overblik over virksomheden og produktporteføljen ved at arbejde med mange mindre opgaver. Dette bidrog til at øge produktkendskabet og aktivere

“Jeg lavede en instruktionsbog for at vise, hvordan man kan sætte tingene op. Der var de ikke sådan superskarpe lige der. Det sad jeg alene med.”

- Praktikant 1

hans for forståelse for teknik og organisation, da virksomheden var god til at inddrage ham i de daglige arbejds gange. Det opnåede produktkendskab dannede grundlag for en projektopgave om, hvordan en del af de eksisterende arbejdsprocesser i konstruktionsarbejdet kunne automatiseres, og der derved kunne opnås en effektivisering af nogle af virksomhedens arbejds gange. Løsningen var konstruktionen af en produktkonfigurator i 3D-CAD-miljøet baseret på virtuelle, parametriske modeller. Virksomheden havde derved fået

teknologien demonstreret inden for egne rammer, og Praktikant 1 havde demonstreret de færdigheder, som var opnået gennem arbejdet med virtuelle prototyper og deres sammenhæng med virksomheden mere generelt.

I forhold til virksomheden bidrog Praktikant 1 med en forståelse for opgaven og de nødvendige kompetencer til at løse den, erhvervet gennem den forudgående undervisning med rod i forskning, som blandt andet har sat fokus på potentialet for udnyttelse af 3D-CAD-modeller. Disse modeller er typisk forankret i virksomheders konstruktionsafdelinger, men kan føre til gunstige samarbejder med salgs-, service- og kundesupportfunktioner. Denne forståelse udnyttede Praktikant 1 i sit arbejde i virksomheden. Som opfølgning på projektet skal nævnes, at virksomheden efter praktikens afslutning påbegyndte integration af processer mellem konstruktionsafdelingen og salgsafdelingen via den instruktionsbog, som han udarbejdede for at sikre projektets videre liv.

PRAKTIKANT 2

Praktikant 2 mødte en lokalt forankret praktikvirksomhed i den nedre del af virksomhedskategorien 'mellemstore virksomheder', med alle funktioner samlet på én adresse. Ledelsen var mindre afklaret omkring sine tekniske muligheder i forhold til anvendelse af virtuelle prototyper end ledelsen i den virksomhed, Praktikant 1 var i praktik hos. Virksomheden var præget af korte kommandoveje og havde mest faglærte medarbejdere med en høj ekspertise i deres kerneopgaver. Derfor var Praktikant 2's primære bidrag også et nyt perspektiv på løsningen af opgaven, hvilket virksomheden i løbet af praktiksamarbejdet tog til sig. Med afsæt i forståelsen af, at virksomhedens produkt var modulært, pegede Praktikant 2 derfor selv på udarbejdelsen af en konfigurator,

“Det er en af de ting, jeg lærte. Der er rigtig mange ting, der bliver påvirket af det, man laver i organisationen, ordrehåndteringen, forsyningskæden og leverandørsamarbejdet ... Det er en stor tværfaglig opgave.

- Praktikant 2

som kunne generere alle udgaver af virksomhedens primære produkt ved hjælp af indstilbare parametre, hvor virksomheden indtil da havde tegnet dem enkeltvis.

Det lykkedes Praktikant 2 at løse denne opgave, og i tillæg dertil blev der også fundet en række forbedringsområder i sammenhæng med denne. Eksempelvis var arbejdsfiler til laserskæring hidtil blevet udfærdiget manuelt, men Praktikant 2 viste, hvordan opgaven kunne automatiseres. Medarbejderen fik dermed frigivet tid til andre opgaver. Ligeledes gav projektet basis for en automatisk generering af kostpriser, der med +/- 10 % præcision ramte salgsafdelingens manuelt udregnede estimater.

Ligesom med Praktikant 1 viste interviewet med Praktikant 2, at det er vigtigt for vidensbærende praktikanter at kunne overskue virksomhedens produktportefølje for derved at aktivere praktikantens forforståelse. Med et overblik over en mindre virksomhed og dets produkt var det muligt at identificere relevante problemstillinger, som kunne løses med de tillærte kompetencer inden for teknisk dokumentation, konstruktion, produktionsteknik og virksomhedsteknik. Med denne viden var det muligt at argumentere for ændringer i de daglige arbejdsgange, som kunne gøre virksomhedens interne processer mere effektive. Denne gevinst har virksomheden også udnyttet ved at arbejde med den tilførte viden, efter at samarbejdet

sluttede. Dertil var den studerende også flere gange i kontakt med undervisere fra UCN, som havde indsigt i emnet og talte om relevante tilføjelser, aspekter af arbejdet i virksomheden m.m. Disse dialoger byggede på det forskningsbaserede undervisningsforløb, som har sat den studerende i stand til at dygtiggøre sig yderligere ved selvstudie.

PRAKTIKANT 3

Den tredje praktikant, Praktikant 3, havde en dyb forståelse for arbejdet med virtuelle prototyper og de udfordringer, man kan møde derved. Den studerende havde arbejdet med relevante emner både før og under uddannelsen og var derfor indgået aktivt i diskussionen af de opnåede forskningsresultater. Den velforankrede forståelse for virtuelle prototyper gik hånd i hånd med en bred forståelse af virksomheden, og derfor foreslog Praktikant 3 en række procesforbedringer, hvilket afstedkom en del modstand i virksomheden. Disse

“Det med at tage ny teknologi med ud giver den udfordring, at du er den eneste, der ved noget om den..

- Praktikant 3

barrierer overvandt Praktikant 3 ved hjælp af sin gode tekniske forståelse og ved demonstration – for den enkelte medarbejder – af, hvordan den alternative tilgang kunne lette arbejdsgangen.

Praktikervirksomheden var en lokalt forankret underleverandør med loyale medarbejdere med høj anciennitet. Størrelsesmæssigt lå den på grænsen mellem lille og mellemstor virksomhed, og alle virksomhedens funktioner var samlet på samme adresse. De havde en bred maskinpark med en aldrende IT-infrastruktur. Netop IT-delen var desuden supporteret af konsulenter, da de interne kompetencer var begrænsede. Samtidig var der ny software tilgængelig, som kun var ibrugtaget til enkelte, specifikke handlinger og derfor ikke integreret i virksomhedens digitale arbejdsgange. Virksomheden var, efter Praktikant 3's egen vurdering, klar til forandringer, og det var også et ledelsesmæssigt ønske, men der manglede både ressourcer og kompetencer.

Det aftalte praktikforløb tog udgangspunkt i udvikling af virtuelle prototyper af virksomhedens standardprodukter med henblik på variantskabelse og -styring. Denne afgrænsede opgave kombinerede Praktikant 3 med at lytte til dialogen i den tekniske afdeling og lærte derved virksomheden bedre at kende. Ud fra sin forforståelse begyndte Praktikant 3 at komme med forbedringsforslag til digitale overleveringer, produktdatastyring og opbygning af teknisk dokumentation. For at vinde indpas for sine forbedringsforslag argumenterede Praktikant 3 ud fra sin brede viden om virksomhedens opbygning, arbejdsgange og teknik. Han demonstrerede dem herefter med sine specifikke tekniske kompetencer.

Praktikant 3 havde stor succes med sine forslag til større og mindre forandringer af digitale arbejdsgange i virksomheden og tilskrives

dette til sin evne til at se effektiviseringer af eksisterende arbejdsgange. Samtidig reflekterede Praktikant 3, at det nok ikke er alle, der kunne have gennemført dette, da den givne kombination mellem faglighed og personlighed passede godt i lige netop denne virksomhed. Virksomheden valgte at fortsætte samarbejdet efter praktikkens afslutning for at sikre sig denne viden for fremtiden.

DISKUSSION

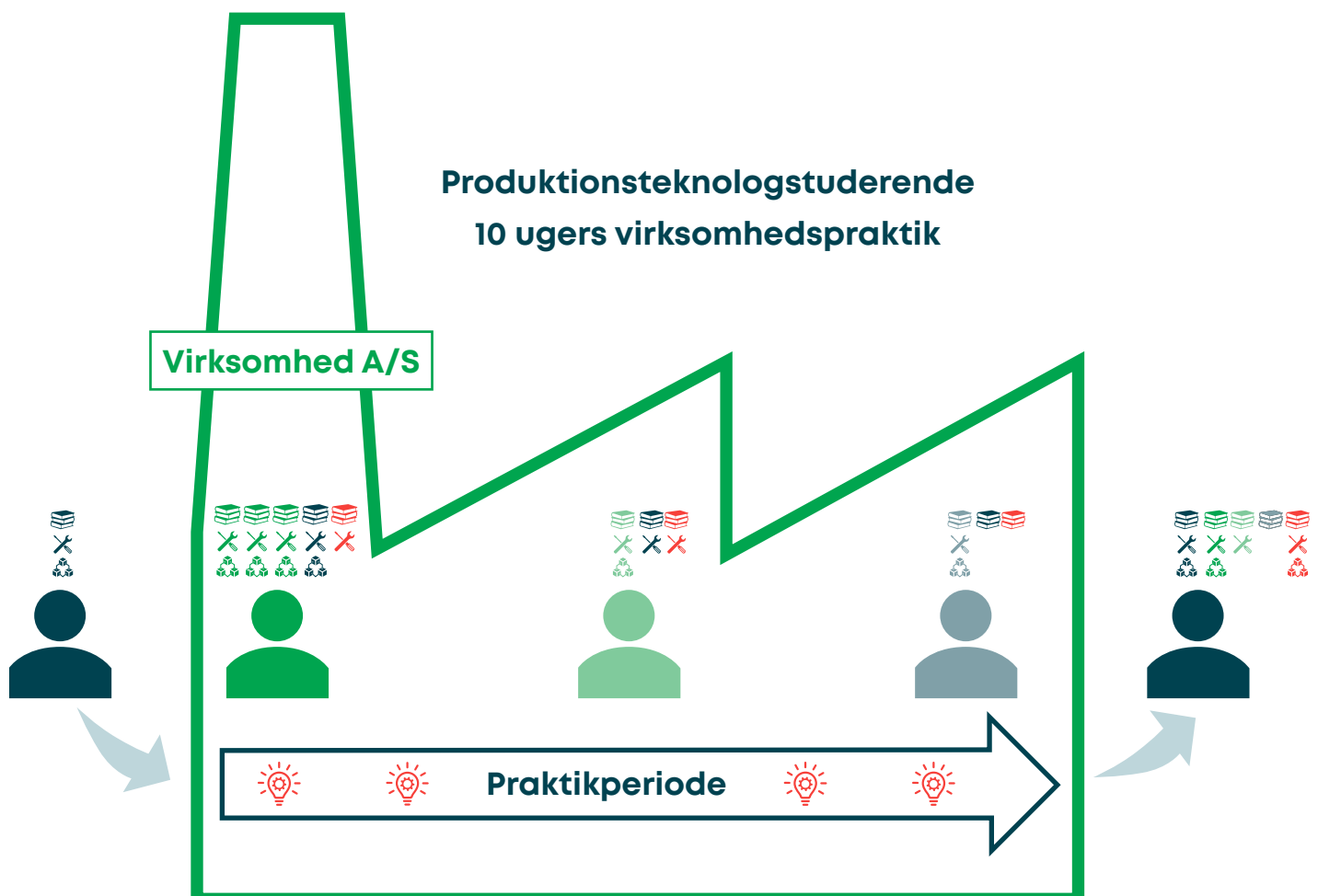
Vidensudbredelse til virksomheder kan være en vanskelig proces, som samtidig modtager meget fokus blandt forskningsudøvere og -støtter (European Commission, 2012). I denne artikel har interviewene med de tre

praktikanter vist, at man gennem praktikken kan opnå en forankring af viden i virksomhederne. Denne forankring kan ses som en udmøntning af tilpasning og transformation af viden ind i virksomhedens egen kontekst, som er to underlæggende faktorer, der sikrer, at virksomheder absorberer viden (Zahra and George, 2002). Dette ses i alle tre cases, hvor praktikvirksomheden efter praktikkens ophør har arbejdet videre med de studerendes projekter: Virksomhederne, som var værter for Praktikant 1 og 2, arbejdede videre internt med praktikprojekterne og har integreret dem efterfølgende, og den sidste virksomhed har ansat praktikant 3. Dette er en måde at sikre fremtidig brug af den viden,

praktikanten kommer med, hvilket svarer til, at det er absorberet helt af virksomheden (Zahra and George, 2002). Derved kan uddannelsesinstitutionens samarbejde med den enkelte virksomhed være længere. Som strategi til udbredelse af viden kan denne forankring dermed være med til at sikre levedygtigheden af den udbredte viden, hvilket er et generelt mål for (eksempelvis) dem, der støtter forskningen økonomisk.

De tre praktikanter havde en ting til fælles: De havde en bred forståelse for virksomhedens interne og eksterne forhold og sammenhænge. Eksempelvis siger Praktikant 2, at det var en fordel at forstå virksomheden og dens arbejdsgange, ligesom Praktikant 3 nævner det at kunne

Figur 1: Det ideelle praktikophold for en produktionsteknologstuderende (blå farve) i en virksomhed (medarbejdere er grønne og grå). Viden 📖, færdigheder ✂, kompetencer 🧠, og idéudveksling 💡 som basis for udvikling og udveksling af viden, færdigheder og kompetencer hos både den studerende og virksomhedens medarbejdere. (Figuren er udarbejdet af forfatterne.)



overskue virksomheden som grundlaget for at se optimeringspotentialer. Denne forståelse var en betingelse for at finde relevante snitflader og for at finde samarbejdspartnere i virksomheden. Samtidig kan det ses som en kontekstuel kompetence som, sammen med kernefagligheden, giver praktikanten succes med opgaven (van Laar et al., 2017). Denne sammenhæng kan være forbundet med udvælgelsen; der er tale om dygtige studerende, som har dette blik. Dette kan ikke nødvendigvis forventes af alle studerende og kan derfor være et fokus for at gøre studerende bedre til at bringe viden med ud i virksomheder. Sammen med deres specifikke viden og færdigheder kan de studerende og virksomheden opnå et fælles udbytte, som rækker ud over praktikperioden, se figur 1. Samtidig ser man også, at de studerende i høj grad deler viden internt i virksomheden (instruktionsbog, Praktikant 1; softwarekundskab, Praktikant 2; optimeringsforslag, Praktikant 3). Andre studier viser, at vidensdelingen imellem medarbejdere kan være mere hæmmet grundet forskellige forbehold mod at dele al viden (Kish-Gephart et al., 2009).

Som det også beskrives i *first principle of instruction* (Merrill, 2015), ses det i interviewene, at alle tre praktikanter indledte deres praktik med at aktivere deres egen viden; de iagttog virksomheden og brugte deres brede forforståelse til at forstå det, de så. De daglige opgaver, de mødte, har fungeret som demonstration og ibrugtagen af virksomhedens viden, og de var til sidst klar til at integrere denne i deres egen praksis. Omvendt har virksomheden også set de studerende an og ladet dem aktivere viden, der ikke var i brug. Praktikant 1 fortæller netop om mødet med en virksomhed, der havde viden om tilgængelige teknologier, der kunne bringe dem videre, men uden at have ressourcerne til at aktivere dette. For de to øvrige praktikanter

ses det, at de selv demonstrerer deres viden gradvist i virksomheden og derefter bringer den i anvendelse. Praktikant 2 arbejder på et enkelt projekt, som viser den brede formåen af teknologien ind i et produkt, som svarer til virksomhedens eksisterende produkt. Tilsvarende har Praktikant 3 også implementeret sin viden i mindre opgaver først, men har til slut integreret sin viden ind i virksomheden. Altså har virksomheden opnået en viden som følge af praktikforløbet.

Udsagnene omkring det at observere virksomheden og lede efter strukturer fra interviewene med praktikanterne er også i overensstemmelse med Merrills iagttagelser om læring for individer (Merrill, 2015). For at forankre færdigheder hos en studerende foreslår han, at man først aktiverer den eksisterende viden. For praktikvirksomheden gør de studerende dette ved at bruge deres breddeviden til at iagttage organisationen, så de derved kan formulere ting, som virksomheden allerede ved og gør. Efter denne aktivering kommer demonstrationen; en ny viden, færdighed eller kompetence demonstreres, uden at modtageren selv skal gøre det efter. Dette vækker nysgerrigheden og forstørrelser det løsningsrum, som modtageren af viden er klar over eksisterer. Dette viste Praktikant 1 hos sin praktikvirksomhed ved at lave et brugbart projekt, som kunne føre til konkrete effektiviseringer i virksomheden, såfremt det blev implementeret. Dernæst kommer den fase, hvor viden implementeres. Der vil praktikanten arbejde på enkelte, afgrænsede opgaver. Disse opgaver bringer praktikanten ind i virksomhedens generelle system og får derved viden ind i egen praksis såvel som delt viden med praktikværten. Praktikant 2 gjorde dette i sin praktikvirksomhed ved aktivt at samarbejde med andre ansatte om at knytte projektet sammen med den eksisterende virksomhedsstruktur. Slutteligt kan man da integrere

en viden, færdighed eller kompetence i sin praksis ved at lade den være en naturlig del af arbejdsgangen. Dette opnåede Praktikant 3 i sin praktik ved i et tæt samarbejde med andre ansatte at identificere barriererne for forandring og arbejde med at nedbryde dem og rodfæste de nye processer. Dette sammenfald mellem Merrills teori om læring og observationerne i virksomhederne fortæller også, at både studerende og virksomheder har mulighed for at opnå forskellige niveauer af viden fra hinanden, som de kan udveksle i forskellig grad.

De viste eksempler har sikret en dyb forankring af de studerendes viden ind i praktikvirksomhederne. Dog har metoden også begrænsninger; både i forhold til skalerbarhed, men også i forhold til det rigtige match imellem virksomhed og praktikant. Specielt refleksionernes fra Praktikant 3 og Praktikant 2 fortæller, at det at kunne foreslå en ny og effektiv løsning på en måde, der matcher virksomheden på tidspunktet, er afgørende vigtigt. Dette kræver kompetencer ud over det strengt faglige. Ligeledes kræves der også en faglighed og en studiekompetence for, at den studerende kan omsætte sin forskningsbaserede undervisning til konkrete løsninger i virksomheden. Dette kræver ofte en vis mængde selvstudie såvel som kontakt til undervisere og forskere.

I tillæg til de nævnte begrænsninger undersøger dette studie kun fænomenet ud fra de studerendes rolle. Den tekniske og organisatoriske modenhed af praktikvirksomheden er ikke undersøgt, og en kortlægning af denne vil give mere viden, som kan bruges i videre arbejde. Vi forventer, at en sådan viden kan være med til at sikre gode samarbejder mellem praktikvirksomheder og praktikanter, men vil samtidig ikke udelukke, at der også er andre, ukendte, faktorer, som skal undersøges.

De tre interviews viser potentialet ved at anvende studerende i praktik til at udbrede forskningsviden til mindre virksomheder og få viden taget i anvendelse. For at udnytte denne effekt yderligere er der dog behov for både en systematisering og et kritisk blik på, hvornår det ikke virker. Da disse eksempler alle er positive og viser, at der er en mulighed for udbredelse, vil det være interessant at undersøge denne tilgangs begrænsninger. Ligeledes vil det være interessant at lave en bredere undersøgelse, som afdækker flere praktikanter oplevelse af at udbrede viden.

KONKLUSION

Det indsamlede data viser, at praktikanter har mulighed for at implementere viden fra forskning og udvikling på uddannelsesinstitutionerne til små og mellemstore virksomheder. Denne metode udbreder ikke bredt, men derimod dybt, hvor den enkelte virksomhed har mulighed for at demonstrere, implementere og integrere viden internt i virksomheden. Derfor ses det også, at virksomhederne i alle tre tilfælde har en vis udnyttelse af den overleverede viden efterfølgende. Dette kan både være ved at opkvalificere egne medarbejdere i forbindelse med praktikken eller ved direkte at ansætte praktikanten.

PERSPEKTIVERING

Til slut er dette også relevant for de andre dele af uddannelsessektoren, som har praktik. Denne sektor er forpligtet til at udbrede forskning og undervise med afsæt i samme forskning. Vi viser her, at dette kan være en effektiv måde at udbrede forskningsresultaterne på, og det netop til de regionale partnere som videninstitutionerne har til formål at servicere. Derfor vil det også være interessant at se, om denne effekt kan genbekræftes på tværs af de tekniske, merkantile, pædagogiske og sundhedsfaglige professioner.

Litteraturliste

- European Commission (2012) 'Communicating EU Research and Innovation – A Guide for project participants', (september), pp. 0–13. Available at: https://twitter.com/COMET_project (accessed: 18 February 2021).
- Flyvbjerg, B. (2006) 'Five misunderstandings about case-study research', *Qualitative Inquiry*, 12(2), pp. 219–245. doi: 10.1177/1077800405284363.
- Jacquin, F. et al. (2016) *H2020-700478 RADars for long distance maritime surveillance and Search and Rescue operations COMMUNICATION, DISSEMINATION, AND AWARENESS RAISING STRATEGIES*.
- Kish-Gephart, J. J. et al. (2009) 'Silenced by fear: The nature, sources, and consequences of fear at work', *Research in Organizational Behavior*. Elsevier, pp. 163–193. doi: 10.1016/j.riob.2009.07.002.
- Kvale, S. and Brinkmann, S. (2015) *Interview: Det kvalitative forskningsinterview som håndværk*, Hans Reitzels Forlag.
- van Laar, E. et al. (2017) 'The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review', *Computers in Human Behavior*. Elsevier Ltd, 72, pp. 577–588. doi: 10.1016/j.chb.2017.03.010.
- Li, D. et al. (2019) 'Human-centred dissemination of data, information and knowledge in industry 4.0', in *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., pp. 380–386. doi: 10.1016/j.procir.2019.04.261.
- Merrill, M. D. (2002) 'First principles of instruction', *Educational technology research and development*. Springer, 50(3), pp. 43–59.
- Merrill, M. D. (2015) 'A Pebble-in-the-Pond Model For Instructional Design', *Performance Improvement*. Wiley, 54(1), pp. 42–48. doi: 10.1002/pfi.21454.
- Oura, G. K. (2001) 'Authentic task-based materials: Bringing the real world into the classroom', *Sophia Junior College Faculty Bulletin*, 21, pp. 65–84.
- Uddannelses- og Forskningsministeriet (2018) *Bekendtgørelse af lov om professionshøjskoler for videregående uddannelser – retsinformation.dk*. København: Uddannelses- og Forskningsministeriet. Available at: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/779> (accessed: 1 October 2019).
- Wang, G. G. (2002) 'Definition and Review of Virtual Prototyping Product Family Design for PHEV's View project Fuel Cells View project Definition and Review of Virtual Prototyping', *Article in Journal of Computing and Information Science in Engineering*. doi: 10.1115/1.1526508.
- Zahra, S. A. and George, G. (2002) 'Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension', *Academy of Management Review*. Academy of Management, pp. 185–203. doi: 10.5465/AMR.2002.6587995.

FREMSTILLINGEN AF SAMARBEJDE I BYGGERIET

– en problematiseringsanalyse

Baggrund: Samarbejde og bedre styring af processer anses som løsningen til den lave produktivitetsstigning i byggebranchen. Men forskning antyder, at en stram styring af processer kan hindre ændringer af selve processerne, hvilket er en forudsætning for problemløsning mod produktivitetsstigning.

Formål: Samarbejdet er i mange projekter styret af forskrifterne i "Almindelige betingelser for bygge- og anlægsvirksomheder" (AB), hvorfor forståelsen af samarbejde i forskriften undersøges og relateres til, hvorvidt denne forståelse kan fremme produktivitet i branchen.

Metode: Igennem en problematiseringsanalyse skabes en forståelse for, hvilket syn på samarbejde der fremføres i den seneste revision af AB-forskriften, herunder hvilke tiltag der iværksættes for at styre aktørernes adfærd.

Resultater: Problemet, som er repræsenteret i betingelserne, er et problem angående et højt konfliktniveau. Problemet antages at kunne løses ved at styre de deltagende aktører vha. en række tiltag. Tiltagene skal sikre, at konflikter undgås. Løsningsforslaget i forskriften er svært for de deltagende aktører at anfægte.

Diskussion: Vi adresserer det iboende dilemma i bestemmelserne, hvor de udførende aktører ikke kan stille spørgsmål til den proces, som skal forbedre deres produktivitet, selvom deres spørgsmål måske kunne øge produktiviteten.

Konklusion: Fremstillingen af den nuværende forståelse af samarbejde på byggepladsen i det juridiske dokument kan muligvis medvirke til at undgå produktivitetstab i forbindelse med destruktive og ressourcekrævende konflikter, men det er usikkert, om denne forståelse for samarbejde medfører produktivitetsstigning.

FORFATTERE

Anne Klitgaard, Ph.d.-studerende, byggeriuddannelserne, UCN/AAU
Stefan Christoffer Gottlieb, Seniorforsker, AAU

BAGGRUND

Samarbejdet mellem byggeriets parter kan være styret af flere former for kontrakter. Disse bygger ofte på aftalevilkårene, som findes i "Almindelige betingelser for bygge- og anlægsvirksomheder", også kaldet AB. I kontraktformen "fagentreprise" har bygherren en kontrakt med hver af de rådgiverorganisationer, som han har valgt til byggeprojektet. Bygherren har også en kontrakt med hver af de valgte entreprise-organisationer på sin byggeplads, mens entrepriserne ikke er bundet af en kontrakt med hinanden eller til rådgiverne. AB udgør betingelserne for kontrakten mellem bygherre og den enkelte entreprenør. Den første udgave af "Almindelige Betingelser for bygge- og anlægsvirksomheder" blev taget i brug i Danmark i 1890. Den er blevet revideret flere gange: Den seneste revision fandt sted i 2018. Denne revision bliver kaldt AB18. Revisionen skal *"medvirke til at fremme produktivitet og konkurrence i byggebranchen"* (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen 2018, s. 6).

Baggrunden for AB18 er således et ønske om øget produktivitet. Produktivitetskommissionen (2013) er én blandt mange, der har påpeget, at den danske byggebranche har en lav produktivitet. Neve & Wandahl (2018) har studeret produktivitet på danske byggepladser. De fandt, at kun 33,5 % af arbejdstiden i renoveringsprojekter anvendes til direkte værdiskabende arbejde, mens 42,8 % af arbejdstiden bruges til indirekte arbejde, og 23,7 % er rent spild. Kategorierne dækker over direkte arbejde, som er produktionen af projektet, indirekte arbejde, der dækker over samtale, klargøring og transport, og spild, som er den

tid, håndværkerne bruger på at gå og vente, og hvor de er borte fra deres aktivitet. En forbedring af samarbejdet mellem byggeriets parter og bedre styring af byggeriets processer bruges som argument for en måde at øge andelen af direkte arbejde og forbedre produktiviteten på.

Men forskning antyder, at en stram styring af processer kan hindre ændringer af selve processerne, hvilket er en forudsætning for problemløsning og læring. Bstieler & Hemmert (2010) beskriver et modsætningsforhold mellem tydelige arbejdsbeskrivelser og planlagte processer på den ene side og kreativitet og teamlæring på den anden side. Hvis vi skal lære af samarbejdet, kan en stram facilitering af samarbejdet, der anses som løsningen til manglen på produktivtetsstigningen, altså være en del af problemet med den manglende produktivtetsstigning. Argyris & Schön (1983) finder, at når ledere udvikler effektive måder at styre og kontrollere processer på, skaber de samtidigt rammer, som besværliggør organisatorisk læring omkring konsekvenserne af disse rammer. Hardy et al. (2003) argumenterer, at samarbejde kan anskues som en strategisk proces til at dele kritisk viden eller som en proces til at skabe læring og synergetiske løsninger, mens de påpeger, at der er mangel på opmærksomhed på forskellen mellem de to perspektiver. Der bør ikke styres uden om alle konflikter i et samarbejde, argumenterer Tidd & Bessant (2017) og pointerer, at konflikter skyldes personlige uenigheder og holdninger. Disse kan give anledning til debat mellem aktørerne med det resultat, at der skabes kreative løsninger på problemer. Dette kaldes en funktionel konflikt modsat destruktive konflikter, som kan være meget ressourcekrævende (Tidd & Bessant 2017). Konflikter bør derfor håndteres på en måde, så der skabes mulighed for kreative

løsninger, så konflikter bør ikke blot undgås.

Vi undersøger gennem en problematiseringsanalyse af det centrale juridiske dokument AB18 og debatten omkring det, hvordan den nuværende forståelse af samarbejde er blevet konstrueret/fremstillet i AB18. I næste afsnit findes en kort beskrivelse af tankegangen bag denne analytiske tilgang, hvilket afsluttes med at beskrive de konkrete valg i den konkrete analyse. Herefter præsenteres resultatet af analysen. I det følgende afsnit adresserer vi, hvordan den nuværende forståelse af samarbejde, som repræsenteret i byggeriets aftalesæt, kan hindre de samarbejdende aktører i at foreslå og udføre praksisændringer mod produktivtetsstigninger. Artiklen afsluttes med en kort perspektivering over resultatets betydning for en uddannelsesinstitution som UCN.

INTRODUKTION TIL PROBLEMATISERING SOM ANALYSEMETODE

Samarbejde! Traditionelt forventes det, at en artikel om samarbejde indledes med en definition af konceptet, men her vil vi forsøge at skabe viden omkring samarbejde gennem en anden proces. Hacking (1999) foreslår, at man begynder med at spørge, hvad idéen bag et koncept er, i stedet for at begynde med at definere det. Kreiner (2020) argumenterer, at det er vigtigt for en aktør at fremstå vidende i handling, altså i anvendelsen af konceptet. Han påpeger, at hvor det i forskningsøjemed er muligt at definere et koncept for at fremstå vidende, må en aktør i byggebranchen stræbe efter at fremstå vidende i handling og derfor oversætte forskningens definition af et koncept til handling. Vi vil derfor udsætte definitionen af konceptet samarbejde i et forsøg på at nærme os, hvad der styrer en aktørs adfærd, så han/hun kan optræde vidende i handling.

I stedet for at definere

samarbejde vil vi foretage en såkaldt WPR-analyse (what's the problem represented to be?). WPR-tilgangen udføres for at finde den forståelse (diskurs), der opfattes som den 'nuværende sandhed' omkring et givent koncept (Bacchi & Goodwin). Analysemetoden bygger på Foucaults (2006) idéer om, at sandheder er diskursive konstruktioner, der producerer bestemte forståelser og handlemønstre. Enhver tekst eller politik og ethvert tiltag trækker på en bestemt diskurs, der må åbnes og gøres til genstand for undersøgelse, hvis vi skal forstå de magtstrukturer, der er indlejret i diskursen, og som skal ændres, hvis vi vil skabe forandring (Bacchi & Goodwin 2016).

En WPR-analyse tager udgangspunkt i en 'praktisk tekst'. Det er en tekst, politik eller et forslag (ofte en lov), som man traditionelt vil antage er blevet skrevet for at løse et problem (Bacchi & Goodwin 2016). Denne antagelse udfordrer Bacchi & Goodwin (2016) med deres opfattelse af sammenhængen mellem problemet og den 'praktiske tekst'. Det er centralt i WPR-forståelsen, at en praktisk tekst eller et forslag producerer et problem, som løses gennem implementering af forslaget. Der skabes altså en tro på en løsning til det skabte problem (Bacchi & Goodwin 2016). Der tages i en WPR-analyse ikke stilling til, om troen på løsningen giver mening eller er 'sand'. Men der arbejdes ud fra et perspektiv om, at en 'tro' vil sætte begrænsninger for, hvilken type spørgsmål der kan stilles. Det giver også en indikation om, hvad der ikke kan stilles spørgsmål ved.

Argumentet er dermed, at problemer bliver produceret i de selvsamme forslag, der stilles som løsning til problemerne. I forslagene vil der forekomme anbefalinger til den opførsel, som vil løse problemet. Aktørerne forventes at følge disse anbefalinger – de får gennem forslagene tildelt en subjekt-position, og i denne position må de følge

de givne anbefalinger (Bacchi & Goodwin 2016). En aktør kan på denne måde få tildelt en 'identitet', som ikke er opfundet af aktøren, men er produceret igennem diverse forslag. Bacchi & Goodwin (2016) giver et eksempel med en lovtekst omkring studerende og deres studielån. Antagelsen bag loven er, at de studerende efter deres uddannelse automatisk og af egen vilje vil søge arbejde, så de kan tilbagebetale deres lån. En adfærd, som er ønskelig, bliver således skabt af loven og ikke af de studerende. De studerende bliver tildelt en subjekt-position. Bacchi & Goodwin (2016) beskriver endvidere, hvordan tekster kan beskrive og dermed skabe objekter. På den måde opstår objekterne som objekter-i-tankerne hos den enkelte. Bacchi og Goodwin (2016) giver et eksempel, hvor 'løsefærdigheder' kan anskues som et objekt, der til tider bliver afløst af et andet objekt som 'kompetence'. Disse objekter bliver en del af det etablerede netværk af mening og forståelse, men ved at sætte spørgsmål ved objekterne og undersøge, hvordan de er opstået, kan der gives rum til at anskue betydningen af objekterne for aktørerne (Bacchi & Goodwin 2016).

Bacchi & Goodwin (2016) foreslår, at man stiller seks spørgsmål, når man læser et lovforslag eller lignende. Det vil give en forståelse for problemet, der bliver produceret i teksten, samt for, hvordan aktørerne får tildelt en subjekt-position, og hvilke objekter der bliver skabt i tankerne hos dem. Spørgsmålene er:

1. Hvad er 'problemet', som bliver repræsenteret/er indeholdt i forslaget?
2. Hvilke antagelser støtter denne repræsentation af 'problemet'?
3. Hvordan er denne repræsentation af 'problemet' blevet skabt?
4. Hvad er ikke løst af denne repræsentation af 'problemet'? Hvad kan der ikke stilles spørgsmål til?

5. Hvad er effekten af repræsentation af 'problemet'?
6. Hvordan og hvor er 'problemet' blevet produceret, formidlet og forsvaret? Hvordan bliver det (eller kunne det blive) betvivlet, forstyrret eller erstattet? (gengivet fra Bacchi & Goodwin (2016, 20))

Alle spørgsmålene må besvares for at forstå det repræsenterede problem. Det er gennem en iterativ proces, ved at gå frem og tilbage mellem spørgsmålene, at forståelsen opnås. Spørgsmål 1 er begyndelsespunktet for de næste spørgsmål. Spørgsmål 2 kræver, at der stilles spørgsmål ved de eksisterende antagelser og viden om problemet. Det er svært at stille spørgsmål til antagelserne bag det eksisterende vidensnetværk, hvorfor spørgsmål 3-6 hjælper med at guide analytikeren frem til disse antagelser. Spørgsmål 3 åbner for at se magtkampe om viden: Hvem har set og beskrevet 'sandheden' i fortiden, og hvorfor er denne sandhed blevet godtaget som sandheden? Dette suppleres af spørgsmål 4, hvor analytikeren må tvinge sig selv til at se, hvilken adfærd der producerer det repræsenterede problem, og forsøge at forestille sig verdner, hvor denne adfærd ikke ville blive betragtet som problematisk. I spørgsmål 5 får analytikeren mulighed for at evaluere, hvordan denne forståelse af problemet påvirker aktørerne. Spørgsmål 6 er tæt knyttet til spørgsmål 3, idet en analyse af modtagelsen af løsningen på det skabte problem kan hjælpe med at forstå, hvordan problemet er blevet skabt. Spørgsmålene skal ses som et hjælpemiddel, der hjælper analytikeren med at identificere den underliggende konceptuelle logik, den viden, som er baggrunden for lovgivningen, og den herskende tilgang til styring af aktørerne. Analysen kan således anvendes til at forstå koblingen mellem underliggende antagelser og styringen af det skabte problem. Det giver mulighed for at

identificere, hvilken ønskelig adfærd de enkelte aktører bliver pålagt (tildeling af subjekt-position), samt hvilke objekter der skabes i forslaget (Bacchi & Goodwin 2016).

I forbindelse med vores analyse søgte vi efter en praktisk tekst, som er medvirkende til at styre samarbejdet på byggepladsen. Vi valgte "Almindelige betingelser for bygge- og anlægsvirksomheder, revisionen fra 2018", som kaldes AB18. Dette er en 'praktisk tekst', som efter et traditionelt synspunkt er skrevet for at assistere aktørerne i byggebranchen i deres samarbejde. Det er samtidig en tekst, som kun er få år gammel og derfor kan give et godt billede af den nuværende forståelse af samarbejde i branchen. Vi søgte i byggebranchens nyheds- og publikationer for at finde forskellige synspunkter og reaktioner på revisionen af AB fra 2018 som en måde at bearbejde spørgsmål 3-6 i analysen på. Vi anvender også projektledelseslitteratur i vores konklusion, hvor vi viser, at den forståelse af samarbejde, som fremstilles gennem AB18, kan genfindes i dele af projektledelsesforskningen. I vores resultatafsnit har vi valgt at gengive resultatet uden at referere direkte tilbage til spørgsmålene, da det vil indikere en lineær proces. I stedet fokuserer vi på, hvordan subjekterne bliver tildelt en subjekt-position samt på, hvordan der skabes et objekt i kildematerialet.

RESULTAT

En WPR-analyse sætter fokus på problemet, som bliver skabt i teksten. Vi vil nu præsentere vores resultater. Vi har valgt at fremhæve udvalgte passager i de enkelte citater for at lette forståelsen for læseren. I arbejdet omkring AB 18 findes disse citater, der italesætter formålet med aftalesættet og den seneste revision:

*"Herudover skal revisionen medvirke til at fremme produktivitet og konkurrence i byggebranchen, herunder også konkurrence med udenlandske parter, samt mindske tvister og konflikter for herved at fremme en **generel effektivisering og produktivitetsstigning i Danmark.**"*

(AB18, A2 - Udvalgets kommissorium og nedsættelse, s. 6)

*"På konkrete byggerier er der et omfattende samarbejde mellem rådgiver og entreprenør, bl.a. i forbindelse med byggemøder, tilsyn og aflevering. Deres ydelser er i betydeligt omfang integreret ... Det er udvalgets håb, at dette – trods besværligheder i en implementeringsperiode – vil bidrage til **at lette samarbejdet mellem parterne i konkrete byggerier.**"*

(AB18, B3 - Grunddokumenternes systematik og harmonisering, 14)

Der kan opnås en yderligere forståelse af problemet ved at undersøge, hvor denne problemrepræsentation er blevet formidlet, og hvordan den er blevet modtaget (Bacchi & Goodwin 2016). Her findes disse eksempler:

"Særligt tror jeg, at vi fremover får langt bedre styr på ekstraregninger, mangler og konflikter. Det vil give bygherrerne nye muligheder for at sikre godt byggeri til tiden og prisen."

Henrik L. Bang, Bygherreforeningens repræsentant (Bertelsen 2018)

*"Eksisterer samarbejdet i AB18? ... Dårligt samarbejde i byggebranchen koster dyrt i form af voldgiftssager, konflikter og manglende fremdrift. Men desværre stiller AB18 ikke så mange konkrete krav, som man kunne have håbet – når dette holdes op mod behovet. En gennemgang af AB18 viser, at ud af de 203.400 ord, som denne består af, undgår ordet **"samarbejde"** kun 93 gange!"*

Torben Vang og Stina Trojlsgaard, Partnere i LivingLean (Vang & Trojlsgaard 2019)

"Det nye AB handler ikke om, hvordan vi får samarbejdet til at blomstre. Men der er et stærkt fokus på at fjerne de væsentlige barrierer for at opnå samarbejde: uklarheder og konflikter."

Rolf Simonsen, Værdibyg (Simonsen, 2019)

"Fokus har været på at sikre, at budgetter bliver overholdt, snarere end at skabe et aftalegrundlag, der danner et godt fundament for et tillidsbaseret samarbejde ..."

Henrik Garver, administrerende direktør i Foreningen for Rådgivende ingeniører (FRI) (Jørgensen 2018)

I citaterne fra indlæggene om AB18 ser vi, at der bliver repræsenteret et grundlæggende ønske om at "fremme produktivitet" ved at "mindske tvister og konflikter". Der skabes et problem, som er niveauet af tvister og konflikter. AB18 fortsætter med at skabe en tro på, at AB18 kan hjælpe med "at lette samarbejdet" og dermed mindske problemet med konflikter og tvister. I kommentarerne fra branchen ses samme fokus på konflikter og tvister, og dermed på samarbejde, som en løsning herpå. I AB18 bliver der altså skabt et problem omkring et konfliktfyldt samarbejde, som bliver til 'virkelighed', fordi det er problematiseret i og omkring AB18.

Igennem WPR-analysen belyses også de tiltag eller anbefalinger, som antages at ville løse det repræsenterede problem (Bacchi & Goodwin 2016). I AB18 finder vi følgende formuleringer:

"at opnå en fælles forståelse af projektet, herunder af grænseflader og tidsfølge mellem de enkelte dele af projektet"

(AB18, B5. Planlægning af udførsel, s. 16)

"at give entreprenøren mulighed for at præge byggeprocessen ved at påpege uhensigtsmæssigheder i projektet, på at afdække risici og forberede håndtering heraf samt på at afdække uklarheder og utilstrækkeligheder i projektet"
(AB18, B5. Planlægning af udførsel, s. 16)

"De opdaterede tidsplaner skal medvirke til at sikre, at parterne undervejs i forløbet drøfter eventuelle fristforlængelser"
(AB18, B6. Planlægning af tid og økonomi, s. 16)

"Det er af afgørende betydning [...] at eventuelle mangler afdækkes og afhjælpes, mens byggeriet pågår..."
(AB18, B7. Kvalitetssikring og mangler, s. 17)

"Formålet med at give meddelelse om krav er at give den anden part mulighed for at forholde sig til det og indrette sig på det"
(AB18, B10 Passivitet, s. 18)

AB18 skal sammen med udbudsmaterialet udgøre en præcis beskrivelse af forventninger til de enkelte aktører. Der dannes en ramme for det specifikke stykke arbejde, som den enkelte aktør skal levere ift. udbudsmaterialet. Rammen er udtrykt i ovenstående tiltag. Her finder vi, at AB18 har indbygget en del antagelser om, hvilke tiltag der skal til for at mindske konflikter og tvister og dermed forbedre 'samarbejdet'. Løsningen til problemet med konfliktfyldt samarbejde bliver præsenteret ved disse tiltag. Det antages, at aktørerne er i stand til og villige til at udføre disse tiltag. Tiltagene er at opnå fælles forståelse, påpege, drøfte osv.

Men et tiltag som at "drøfte" kræver, at der er flere aktører aktive. Den enkelte aktør kan "påpege" en problemstilling, men en drøftelse kræver som minimum et respons fra en anden aktør. Det antages altså i

AB18, at aktører, som ikke er bundet af direkte kontrakt mellem sig, er i stand til og villige til at interagere.

Desuden antages det allerede fra udgangspunktet, at rammen for arbejdet kan blive bedre. Det ses blandt andet i det tiltag, som giver entreprenøren mulighed for at "påpege uhensigtsmæssigheder". Det antages altså i AB18-systemet, at den enkelte aktør accepterer rammen, mens der gives mulighed for at "påpege uhensigtsmæssigheder", uden at dette nødvendigvis medfører ændringer til rammen omkring samarbejdet. Det vil afhænge af den specifikke uhensigtsmæssighed, hvilken aktør der bør reagere (og dermed indgå i en interaktion med entreprenøren) på entreprenørens påpegende handling.

Den enkelte entreprenør bliver altså bundet af interaktion-tiltag mod andre aktører uden at vide, om de andre aktører er villige til og i stand til at deltage i disse interaktioner. På samme måde må den enkelte aktør interagere med projektet ved at "påpege" uhensigtsmæssigheder uden at vide, om 'projektet' kan og vil reagere på hans handlinger. Vi antager, at det er disse tiltag, som forudsætter interaktion, der gør, at begrebet 'samarbejde' knyttes til AB18.

Tiltagene præsenteres som en forudsætning, der ikke kan sættes spørgsmålstejn ved. Vi har i denne artikel valgt ikke at undersøge yderligere, hvornår eller hvordan denne forudsætning er blevet til en viden, som er sand nok til, at der kan reguleres efter den. Vores fokus er derimod på den nuværende konsekvens af tiltagene.

Tiltagene påvirker de aktører, som skal udføre dem. Aktørerne i branchen tildes subjekt-positioner, så de kan styres ved at stille præcise krav til, hvordan de skal udføre disse tiltag. Dette udløser en "li-ved"-effekt hos aktørerne (Bacchi & Goodwin 2016). Ingeniørerne bemærker dette. De føler, at

opfattelsen af dem vil ændre sig. Henrik Garver, administrerende direktør for Foreningen af Rådgivende Ingeniør, siger:

"Vi går som rådgivere fra at være bygherrens tillidsmand til at være leverandør. Før byggede samarbejdet med bygherre på tillid. Nu skal alt skrives ned i aftalerne og det ødelægger tilliden"
(Jørgensen 2018).

Der er også en reaktion fra chefjuristen Preben Dahl hos Danske Arkitektvirksomheder, som viser, at han er opmærksom på den tilsigtede subjekt-positionering af aktørerne:

"[Bygherren har tidligere] forventet elastik i metermål i rådgivervedelsen. Med det nye mere leveranceprægede system [...] Bygherren ved, hvad han får, og rådgiver skal ikke arbejde gratis"
(Jørgensen 2018).

Juristen ser ikke denne tildeling af subjekt-position som et problem. Han ser en fordel i, at rådgiver ved præcis, hvad han skal levere.

I en WPR-analyse rettes blikket også på det, der ikke stilles spørgsmål ved. Der stilles ikke spørgsmål ved arbejds- og ansvarsfordelingen i kontraktformen. Der stilles heller ikke spørgsmål ved den nuværende praksis ift. projektstyring eller projektgennemgang. Der nedfældes yderligere regler for udførslen af dette. Altså er det, som om der "tilføjes mere af det samme" til systemet. Vi finder, at forholdet mellem styring og læring, som berørt i indledningen, ikke bliver overvejet. Fokus er entydigt på at eliminere konflikter. Men burde der i stedet for stilles spørgsmål som: Kan produktiviteten øges på andre måder end ved at mindske konflikter og tvister? Er konflikter altid skadelige? Kan konflikter give anledning til læring og dermed produktivitetsstigning?

Vores analyse af AB18 har givet en forståelse af begrebet 'samarbejde' i

den danske byggebranche. 'Samarbejde' er blevet skabt som et objekt i en grad, hvor der kan opstilles en model for, hvordan der styres mod det. Modellen er skabt af de foreslåede tiltag eller anbefalinger. Aktørerne på byggepladsen bør opføre sig som angivet i anbefalingerne. De bør følge de styrende tiltag som 'at drøfte', 'at påpege' og 'at opnå fælles forståelse'. Vi vil returnere til tiltaget omkring fælles forståelse for at illustrere dette. Det forpligter entreprenøren til: "at [1] opnå en fælles forståelse af projektet, herunder af [2] grænseflader og [3] tidsfølge mellem de enkelte dele af projektet". Det henviser til en fælles forståelse af tre elementer: Det første er projektet, det fremtidige, fysiske produkt. Nummer to er grænsefladerne, som er et udtryk for, hvor den ene entreprenørs arbejde slutter, og den andens begynder. Den efterfølgende entreprenør er direkte afhængig af den første entreprenørs evne til at overlevere en grænseflade i den rette kvalitet (Dansk Byggeri, 2007). Det tredje og sidste element i tiltaget kræver, at entreprenøren skal opnå en fælles forståelse med de andre entreprenører om, hvor længe og i hvilken rækkefølge aktiviteterne skal

finde sted. Entreprenørerne bliver altså styret af et tiltag, som søger at skabe en retning mod deres fremtidige interaktion ('samarbejdet'). Samarbejdet bliver således objektet for de styrende tiltag. Aktørerne er blevet 'kontrollerbare' ved at tildele dem subjekt-positioner gennem AB18, se figur 1.

KONKLUDERENDE BEMÆRKNINGER

Vores begrænsede analyse af samarbejdsbegrebet i den danske byggebranche viser, at baggrunden for tiltagene i AB18 er et forsøg på at undgå konflikter. Det må antages at kunne øge produktiviteten ved at undgå det produktivitetstab, som konflikter kan give anledning til. Konflikterne antages videre at kunne undgås ved at følge tiltag, som bliver styrende for et 'godt' samarbejde.

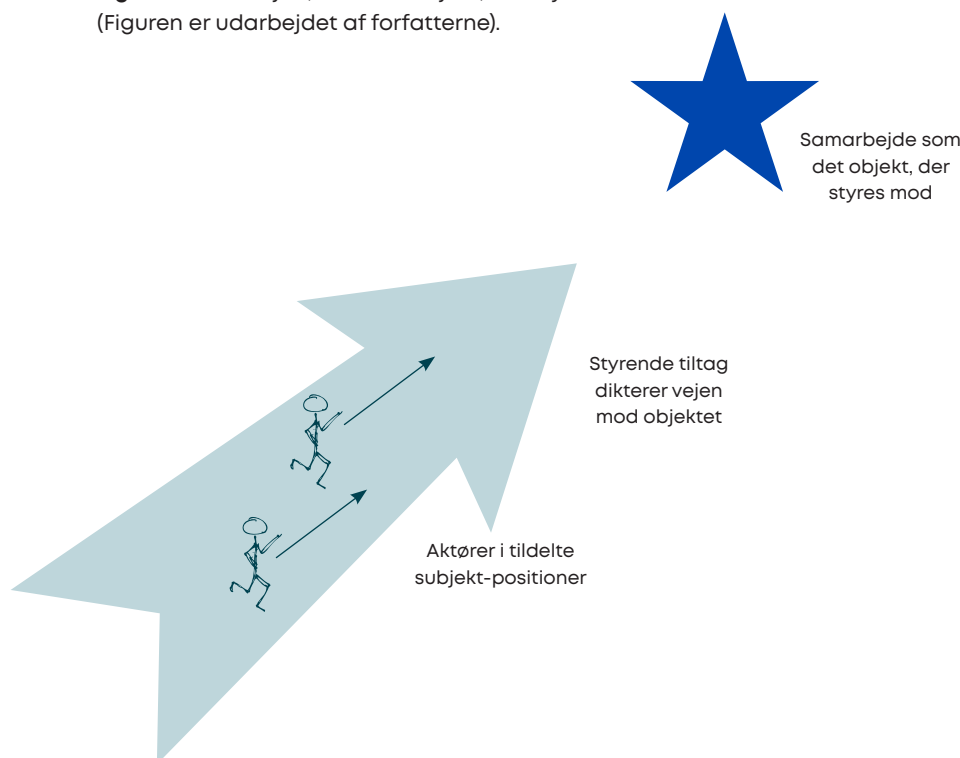
Denne forståelse af 'værdien' af at undgå konflikter kan genfindes i en del af projektledelseslitteraturen. Dette er forskning, som omhandler, hvordan samarbejdet omkring et projekt skal styres og ledes. Her fremhæves ofte en forskel mellem en 'hård' og en 'blød' tilgang til projektledelse. Den 'hårde' tilgang ser projektledelse som et spørgsmål

om at opdele projektet i klare arbejdsopgaver og optimere og kontrollere flowet af disse. Den 'bløde' tilgang har derimod fokus på projektledelse som en praksis, der skal give rammer for læring, deltagelse og udforskning, frem for elimination af usikkerheder (Pollack 2007; Garel 2013). Blomquist et al. (2010) opdeler projektledelseslitteraturen i tre kategorier: (1) et systemperspektiv med fokus på rationelle strukturer, og hvordan disse bedst kan ledes, (2) et processuelt perspektiv med fokus på at beskrive forholdet mellem processer og formelle strukturer, og (3) et praksisbaseret syn på projektledelse, som er under udvikling, hvor fokus er på lokal og situeret handling. De to første perspektiver er begge orienteret mod en forståelse af, at der skal være faste rammer for et samarbejde, hvis det skal kunne ledes rationelt.

Vores WPR-analyse fandt også, at den nuværende forståelse af samarbejde kan reducere muligheden for at stille spørgsmål ved selve baggrunden for tiltagene, herunder om de er stilet mod det rette objekt. En deltager, som ønsker at ændre retning mod et andet objekt, må sætte spørgsmål ved den nuværende sandhed om samarbejde. Tiltagene giver mulighed for det, da han skal "påpege", "drøfte" osv. Det er tiltag, som burde pege mod projektet. Men de er dikteret af et samarbejdsbegreb, som handler om at undgå konflikter. Der kan derfor være risiko for, at projektdeltageren fokuserer mere på "at undgå konflikter" end på at "løse projektet".

Det er ifølge Bacchi & Goodwin (2016) svært at stille spørgsmålstegn ved viden, som antages at være 'in the true' – dermed er den eksisterende forståelse af samarbejde svær at udfordre. Det nuværende fokus på samarbejde som en løsning til problemet med konflikter og tvister kan medføre, at samarbejdsdeltagerne fokuserer på at

Figur 1. Samarbejde, som det objekt, der styres mod.
(Figuren er udarbejdet af forfatterne).



undgå konflikter. De samarbejdende aktører kan således modvirke et eventuelt produktivitetstab skabt af en destruktiv konflikt. Det er uklart, om denne forståelse for samarbejde fordrer produktivitetsstigning. Det er yderligere ikke givet, at et konfliktløst samarbejde er fokuseret på at bygge projektet på en produktiv måde.

Der kan være mangel på overensstemmelse mellem det konfliktløse samarbejde som objekt og projektet som objekt. Vi har illustreret situationen i figur 2.

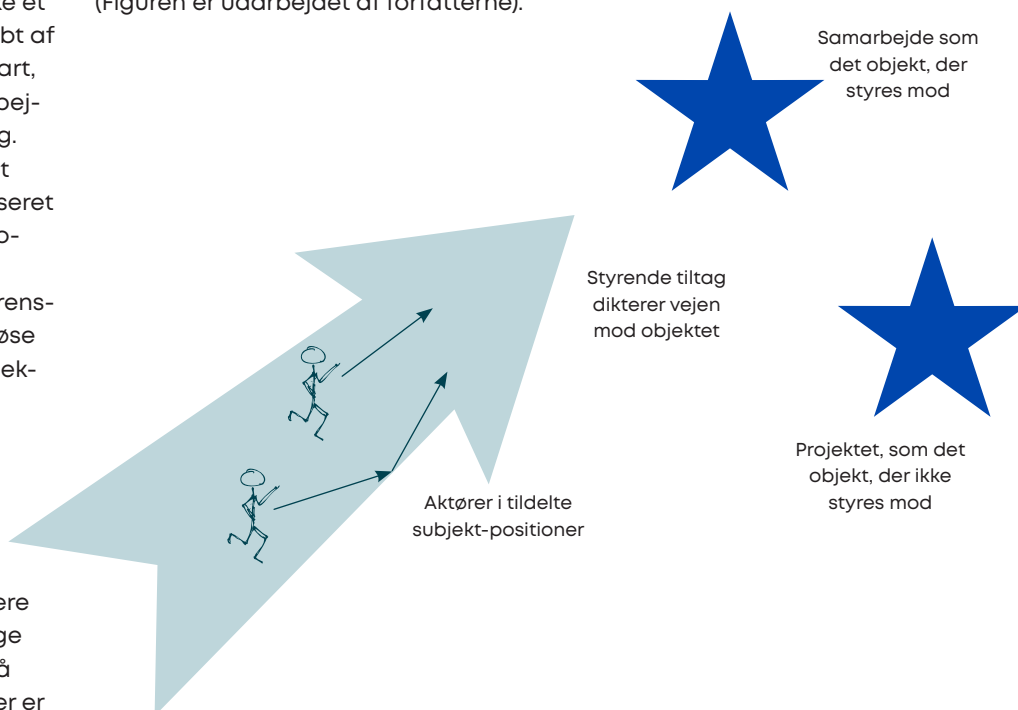
Det er uklart, om deltagerne under de nuværende styrende tiltag også har mulighed for at fokusere på kreative løsninger mod at øge produktivitet ved f.eks. at undgå spildtid. Den styring, som aktører er udsat for, og som har placeret dem i deres subjekt-position, kan gøre det svært for dem at ændre adfærd mod øget produktivitet. Vi har teoretisk anskueliggjort, at de styrende tiltag på en byggeplads ikke nødvendigvis fører til handlinger, som sikrer produktivitetsstigninger, men snarere er rettet mod at undgå konflikter.

Vi anerkender, at den entreprenør, som udfører samarbejdet på byggepladsen, må fremstå vidende i sine handlinger. I øjeblikket bør han/hun kende og handle efter de styrende tiltag i AB18. Den samarbejdende aktør på byggepladsen kan altså, for at fremstå vidende i handling, styre mod et objekt i sine tanker, som er det konfliktløse samarbejde og ikke selve byggeprojektet.

PERSPEKTIVERING

Resultaterne af analysen giver anledning til at reflektere over, hvordan samarbejde bliver fremstillet og styret efter på byggepladsen. Det er en forståelse af samarbejde, hvor fokus ser ud til at være mere på at undgå konflikter end på anvendelse af hinandens

Figur 2. Manglende overensstemmelse mellem objekterne for samarbejde. (Figuren er udarbejdet af forfatterne).



kompetencer. Det er altså en anderledes forståelse af samarbejdskonceptet end den forståelse af konceptet, som findes i en læringsproces. Horn et al. (2020, 19) skriver således om samarbejdet mellem studerende og undervisere i en refleksiv praksislæring proces: *"Samarbejdet indebærer bl.a., at de individuelle oplevelser og erfaringer [...] bringes til fællesskabet, hvor de drøftes med henblik på at åbne op for nye fælles fortolkninger og forståelser. Således skal deltagerne i læreprocessen fagligt argumentere for deres fortolkninger og forståelser, hvilket er med til at deltagerne er opsøgende og undersøgende og dermed til at skabe en progression i læreprocessen"*. Denne forståelse af samarbejde minder om debatter mellem samarbejdende aktører baseret på funktionel konflikt, som beskrevet af Tidd & Bessant (2017).

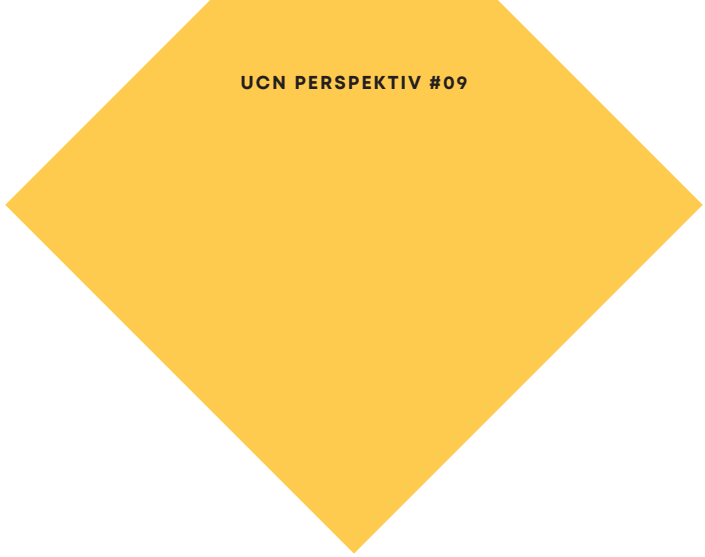
Analysen illustrerer således, at samarbejde skal betragtes og formidles som et kontekstafhængigt koncept. Det bliver konstrueret eller fremstillet i konteksten. Denne forståelse af samarbejde bør formidles i vores uddannelser.

Forskere bør også i visse situationer bestræbe sig på at forstå et koncepts betydning for aktørerne og ikke blot definere konceptet. I det strategiske, UCN-finansierede ph.d.-projekt, som denne artikel er en del af, er der netop fokus på, hvordan en entreprenør 'samarbejder' med entreprenører fra andre organisationer. Projektet bliver udført som et etnografisk studie på en byggeplads, hvilket giver mulighed for at undersøge, hvordan entreprenøren optræder vidende i handling. Vi glæder os til at kunne fortælle mere om, hvordan det nuværende samarbejdsbegreb påvirker entreprenørens daglige arbejde på byggepladsen.

Vi vil afrunde vores korte problematiseringsanalyse med at minde læseren om sammenhængen mellem den funktionelle konflikt og kreativ problemløsning, så vi kan stille et par sidste, udfordrende spørgsmål om fremstillingen af samarbejde i byggebranchen: Kan den nuværende stræben efter det konfliktløse samarbejde anvendes til mere end at undgå produktivitetstab? – Kan det konfliktløse samarbejde tilskynde produktivitetsstigning?

Litteraturliste

- Argyris, C. & Schön, D. A. 1983. Editorial, *Journal of Management Studies*, 20(1), s. 3-5. doi: 10.1038/202544e0.
- Bacchi, C. & Goodwin, S. 2016. *Poststructural Policy Analyses – A guide to practice*. Palgrave Macmillan.
- Bertelsen, L. 2018. Nyt AB-system på plads – nu starter impelmenteringsarbejdet, *Bygherreforeningen*. [online], 21.06.2018 (lokaliseret 19.04.2021). Tilgængelig fra <https://bygherreforeningen.dk/nyt-ab-system-paa-plads-nu-starter-implementeringsarbejdet/>
- Blomquist, T. Hällgren, M. Nilsson, A. & Söderholm, A. 2010. Project-as-Practice: In Search of Project Management Research That Matters, *Project Management Journal*, 41(1), s. 5–16. doi: 10.1002/pmj.
- Bstieler, L. & Hemmert, M. 2010. Increasing learning and time efficiency in interorganizational new product development teams, *Journal of Product Innovation Management*, 27(4), s. 485–499. doi: 10.1111/j.1540-5885.2010.00731.x.
- Dansk Byggeri. 2007. Hvor går grænsen? – tolerancer og overfladespecifikationer, Dansk byggeri .
- Foucault, M. (2006). *The Archaeology of Knowledge*, London and New York: Routledge Classics.
- Garel, G. 2013. A history of project management models: From pre-models to the standard models, *International Journal of Project Management*. Elsevier Ltd and IPMA, 31(5), s. 663–669. doi: 10.1016/j.ijproman.2012.12.011.
- Hacking, I. 1999. *The Social Construction of What?* Harward UP.
- Hardy, C. Phillips, N. & Lawrence, T. B. 2003. Resources, Knowledge and Influence: The Organizational Effects of Interorganizational Collaboration., *Journal of Management Studies*, 40(2), s. 321–347. doi: <http://10.0.4.87/1467-6486.00342>.
- Horn, L. H., Jensen, C. G., Kjærgaard, T., Lukassen, N. B., Sørensen, I. M., Valbak-Andersen, C., Bundgaard, S. B. 2020. *Hvidbog om Refleksiv Praksislæring*. Professionshøjskolen UCN.
- Jørgensen, L. A. 2018. Med nyt aftalesystem er rådgiveren ikke længere tillidsmand, *Licitationen*, 25 June, s. 9.
- Kreiner, K. 2020. Tankevækkende viden. Mellem forskning og praksis, I *BygBro: en antologi om at bygge bro mellem byggeriets parter*. Build, Aalborg Universitet, s. 33–54. Tilgængelig fra: <https://sbi.dk/Pages/Byg-Bro.aspx>
- Neve, H. & Wandahl, S. 2018. *Produktivitet i renovering #spildtid*. Tilgængelig fra: http://revalue.dk/uploads/Produktivitet_i_renovering_2018.pdf?utm_source=Revalue&utm_campaign=Revalue rapport.
- Pollack, J. 2007. The changing paradigms of project management, *International Journal of Project Management*, 25(3), s. 266–274. doi: 10.1016/j.ijproman.2006.08.002.
- Produktivitetskommissionen (2013). *Danmarks Produktivitet – hvor er problemerne*, Analyse rapport 1.
- Simonsen, R. 2019. Der ER samarbejde i AB18, *Licitationen*. [online], 04.04.2019 (lokaliseret 19.04.2021). Tilgængelig fra https://www.licitationen.dk/article/view/655180/der_er_samarbejde_i_ab18#:~:text=Det%20nye%20AB%20handler%20ikke,opn%C3%A5%20samarbejde%3A%20Uklarheder%20og%20konflikter.&text=AB%20er%20et%20regels%C3%A6t%20og%20et%20sikkerhedsnet%20under%20byggeprojekterne.
- Tidd, J. & Bessant, J (2017). *Managing Innovation – Integrating Technological, Market and Organizational Change*, Wiley
- AB18. 2018. *Almindelige betingelser i bygge- og anlægsvirksomheder*, Betænkning nr. 1570. Trafik-, Bygge – og Boligstyrelsen
- Vang, T. & Trojlsgaard, S. 2019. Eksisterer saamrbejde i AB?, *Licitationen*. [online], 13.03.2019 (lokaliseret 19.04.2021). Tilgængelig fra https://www.licitationen.dk/article/view/651145/eksisterer_samarbejde_i_ab18



SKAL VI LÆRE I BYGGEPROJEKTERNE, SKAL VI STARTE MED TILLID!

Byggebranchen skal være bæredygtig. Med bæredygtigheden kommer nye aktører og nye materialer, som kræver nye arbejdsprocesser. Udviklingen af nye arbejdsprocesser kan foregå i fællesskab i byggeprojekterne via samskabelse mellem de forskellige aktører. En samskabelsesproces, som faciliteres med et fokus på ekspansive læringsmuligheder, hvor tillid har en uafklaret betydning.

Formål: Hvilke muligheder og perspektiver omhandlende tillid kan anvendes og bidrage til faciliteringen af samskabelsesprocessen i et inter-organisatorisk samarbejde?

Metode: Tillid undersøges ud fra en teoretisk analytisk tilgang, hvor tre artikler er udvalgt ud fra deres kontekst. Artiklerne analyseres og diskuteres i forhold til opbyggelsen af tillid i samskabelsesprocessen.

Konklusion: Resultaterne indikerer, at faciliteringen i samskabelsen med fokus på tillid bør have to afsæt; rammesætningen og samskabelsesprocessen, hvor små og store risikofyldte handlinger kan virke tillidsopbyggende. Under samskabelsen bør facilitatoren være opmærksom på aktørernes åbenhed over for hinanden og nye input samt på aktørernes indbyrdes omsorg, bekymring, ærlighed og forståelse, hvilket kan medvirke til, at facilitatoren kan skabe ekspansive læringsmuligheder.

FORFATTERE

Frederikke Beck, lektor, bygningskonstruktøruddannelsen, UCN
Michael Andersen, lektor, bygningskonstruktøruddannelsen, UCN
Søren Falk Trudslev, adjunkt, bygningskonstruktøruddannelsen, UCN

BAGGRUND

Professionen bygningskonstruktør har gennemgået en udvikling de seneste år. Nye områder, som skal varetages og udvises forståelse for, er tilgået professionen. Nye digitale værktøjer skal tillæres og mestres. Bæredygtighed er ikke længere noget, vi snakker om, men noget, der skal implementeres i byggeprojekterne. Den bæredygtige byggeproces har været udgangspunkt for forskningsprojektet "Bæredygtig viden". Et forskningsprojekt med start i 2014 med fokus på at forbedre arbejdsprocesserne i et bæredygtigt byggeri ved brug af læring og innovative løsninger. Området har det seneste år fået en del opmærksomhed fra den danske forskningsverden, men også fra erhvervslivet (Værdibyg 2020; Værdibyg 2021).

Værdibyg (2020, p. 1) mener, at *"manglende forskning og uddannelse i byggeriets processer er et grundlæggende problem"*, og at *"det står ... klart, at byggeriets processer som forsknings- og uddannelsesemne ikke er prioriteret"*. På bygningskonstruktøruddannelsen på UCN har dette fokus været prioriteret under forskningsprojektet "Bæredygtig Viden". Siden 2014 har der været udskiftning i forskningsgruppen, som i dag består af forfatterne af denne artikel.

Med mange nye områder, som skal varetages og udvises forståelse for som uddannet bygningskonstruktør, følger en række nye aktører, som skal inddrages og have en rolle i samarbejdet omkring opførelsen af et byggeri. Byggeprojekter er kendetegnet ved midlertidige samarbejdsrelationer, hvor mange forskellige faggrupper skal samarbejde omkring et fælles mål, men *"byggeriet er så kompleks og særegen en branche, at man er nødt til at se på byggeriets processer og byggeledelse som et selvstændigt og prioriteret forskningsemne"* (Værdibyg 2020, p. 22).

Byggeprojekter kan inddeles i faser, og det er kompleksiteten af bygningen samt udbudsformen, der er styrende for, hvilke faggrupper der indgår i de forskellige faser, jf. Figur 1 (udarbejdet af forfatterne): Oversigt over byggeriets faser og inddragelsen af forskellige aktører i de enkelte faser.

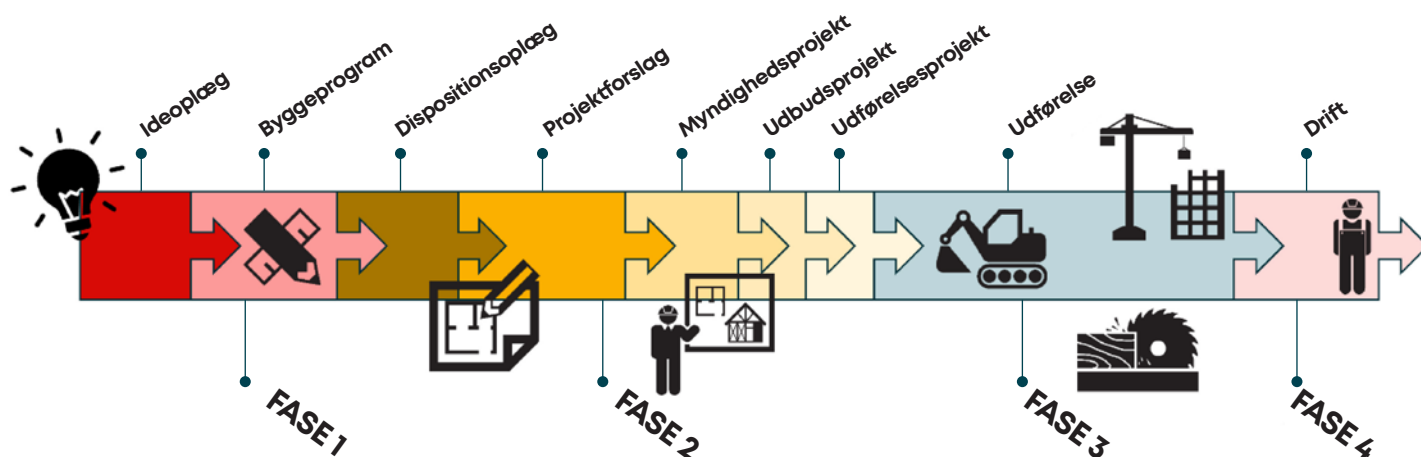
- Fase 1 er den indledende fase, hvor bygherren i samarbejde med bygherrerådgiver nedfæster ideer og tanker på papir til viderebearbejdning.

- Fase 2 er den projekterende fase, hvor rådgivere bliver involveret til at gøre byggeriet bygbart. Der kan være mange forskellige rådgivere involveret afhængig af kontraktformen, f.eks. arkitekter, elingeniører, VVS-ingeniører, brandrådgivere etc.

- Fase 3 er udførelsen, hvor entreprenørerne bliver involveret til opførelse af byggeriet. Der kan være mange forskellige entreprenører involveret afhængig af kontraktformen, f.eks. i en fagentreprise, hvor der hyres en entreprenør til hvert fagområde, f.eks. VVS-entreprenør, elentreprenør, murer, tømrer etc.

Figur 1: (udarbejdet af forfatterne): Oversigt over byggeriets faser og inddragelsen af forskellige aktører i de enkelte faser.

- Fase 1 er den indledende fase, hvor bygherren i samarbejde med bygherrerådgiver nedfæster ideer og tanker på papir til viderebearbejdning.
- Fase 2 er den projekterende fase, hvor rådgivere bliver involveret til at gøre byggeriet bygbart. Der kan være mange forskellige rådgivere involveret afhængig af kontraktformen, f.eks. arkitekter, elingeniører, VVS-ingeniører, brandrådgivere etc.
- Fase 3 er udførelsen, hvor entreprenørerne bliver involveret til opførelse af byggeriet. Der kan være mange forskellige entreprenører involveret afhængig af kontraktformen, f.eks. i en fagentreprise, hvor der hyres en entreprenør til hvert fagområde, f.eks. VVS-entreprenør, elentreprenør, murer, tømrer etc.
- Fase 4 er drift og vedligeholdelse, hvor bygningen overdrages til bygherren til at drifte og vedligeholde bygningen.



Der tages i forskningsprojektet udgangspunkt i fase 3, hvor flere forskellige entreprenører skal samarbejde på tværs med inddragelse og involvering af bygherren, brugere og rådgivere. Dette samarbejde vil i teksten betegnes som et inter-organisatorisk samarbejde, da det består af flere forskellige faggrupper og virksomhedsorganisationer.

Samarbejdet i et byggeprojekt er interessant, da planlægningen ligger fast fra start, roller og ansvar er på forhånd fordelt, og hvis noget er uhensigtsmæssigt planlagt, giver det et minimum af plads til nytænkning i processen. Ifølge Dubois & Gadde (2002) er den projektbaserede form med midlertidige samarbejdsrelationer en hindring for læring og innovation i byggebranchen. Det blev derfor fundet interessant at undersøge, om det er muligt at udnytte inddragelsen af de nye aktører og procedurer til at lære af og med hinanden samt skabe innovation i byggeprojekterne. Vi har på bygningskonstruktøruddannelsen tidligere undersøgt dette med udgangspunkt i samarbejdsformen kaldet "knotworking" (Engeström 2010). Knotworking har til hensigt at fremme den ekspansive læring ved at inddrage alle aktører i samskabelsesprocessen.

Ekspansiv læring forstås af forskningsgruppen som en proces, der konstruerer og opløser spændinger og modsætninger i et komplekst system (byggeprojekterne), som inkluderer målet (objektet), midlerne (artefakterne) og aktørernes perspektiver (Engeström 2010, p. 131). Ydermere anses byggeprojekterne for at være målet, og i samarbejdet omkring dette mål kan der opstå samskabelse. Aktørerne har via knotworking mulighed for i fællesskab at samskabe. Samskabelsen har til hensigt at udfordre rutinetankegangen og skabe muligheder for læring, udvikling og nye innovative løsninger.

Resultaterne af de tidligere

preliminary undersøgelser viste, at det er muligt at skabe ekspansiv læring i et samarbejde mellem forskellige faggrupper ved at tilføje en facilitator, der har fokus på den spørgende proces i samskabelsen (Klitgaard et al. 2017). Dette udfordrer påstanden om, at den projektbaserede form er en hindring for læring og innovation. Forskningsgruppen valgte derfor at fokusere på faciliteringen af skabelsen af muligheder for læring og innovation i samskabelsesprocessen. I arbejdet med at definere facilitatorrollen fandt vi indikationer på, at tillid og relationer mellem faggrupperne er en vigtig forudsætning for samskabelsen. Indikationer, som kom frem under observationerne i samskabelsesprocessen, hvor aktørernes forskellige måder at udstråle tillid, kommunikere tillid og handle tillidsfuldt blev noteret som mulige faktorer for udfaldet af samskabelsen (Klitgaard et al. 2017).

Det har ledt os videre til at arbejde med tillid og relationers betydning i samskabelsesprocessen. Det har dog været uklart, hvilken relation der er mellem tillid, relationer og mulighederne for at skabe ekspansiv læring i samskabelsesprocessen, da det er et overset perspektiv i litteraturen (Dragnes & Fredriksen 2019, p. 1; Swärd 2016, p. 1842). Det er derfor interessant at undersøge, hvilke muligheder og perspektiver omhandlende "tillid" der kan anvendes og bidrage til faciliteringen af samskabelsesprocessen.

PROBLEMFORMULERING

Dette leder os frem til vores forskningsspørgsmål: *Hvilke muligheder og perspektiver omhandlende tillid kan anvendes og bidrage til faciliteringen af samskabelsesprocessen i et inter-organisatorisk samarbejde?*

Med denne problemformulering ønskes det at undersøge den eksisterende litteratur omhandlende tillid og analysere på, hvilke muligheder litteraturen kan berige

facilitatorrollen med. Artiklen er en del af et større forskningsprojekt, hvor formålet er at definere facilitatorrollen i samskabelsesprocessen. Præciseringen af tillidens betydning i den sammenhæng skal ses som et udsnit af den samlede definering, hvor andre aspekter af facilitatorrollen skal analyseres og defineres. Artiklen er dermed et forstudie til et større systematisk litteraturreview.

METODE

Til besvarelse af problemformuleringen er det valgt at udarbejde en teoretisk analytisk artikel.

Tillid er det uløste teoretiske område, som behandles i denne artikel i forhold til at skabe ekspansive læringsmuligheder i byggeprojekter.

Begrebet tillid beskrives ud fra tre forskellige kontekster (artikler); Tillid i inter-organisatorisk samarbejde, hvor fokus er på forholdet mellem bygherren og entreprenørernes byggeledere, Tillid i inter-organisatorisk samarbejde, hvor fokus er på forholdet mellem entreprenørernes byggeledere, samt Tillid og læring i netværk uden for byggeprojekter. De tre artikler er fundet i forbindelse med et forstudie til et større systematisk litteraturreview, hvor søgemønstre skulle afklares inden for området tillid. Der blev foretaget nogle indledende søgninger på Proquest, Business source complete og Academic search premier. Der blev bl.a. søgt på tillid, byggeri, samarbejde og læring. Forstudiet er anvendt til at finde de nøjagtige søgeord til et senere systematisk litteraturreview.

I søgningen blev de tre udvalgte artikler fundet relevante grundet deres forskellige kontekster, at de tager udgangspunkt i byggebranchen i lande, hvor arbejdsmarkedet kan sidestilles med danske forhold.

Teorien og perspektiverne på tillid i de tre kontekster analyseres og diskuteres ud fra facilitatorrollen i en samskabelsesproces, hvor facilitatorrollen skal skabe mulighederne for

ekspansiv læring. Afslutningsvis konkluderes der på diskussionen, og der beskrives perspektiver til det videre arbejde.

TILLID I BYGGEPROJEKTER

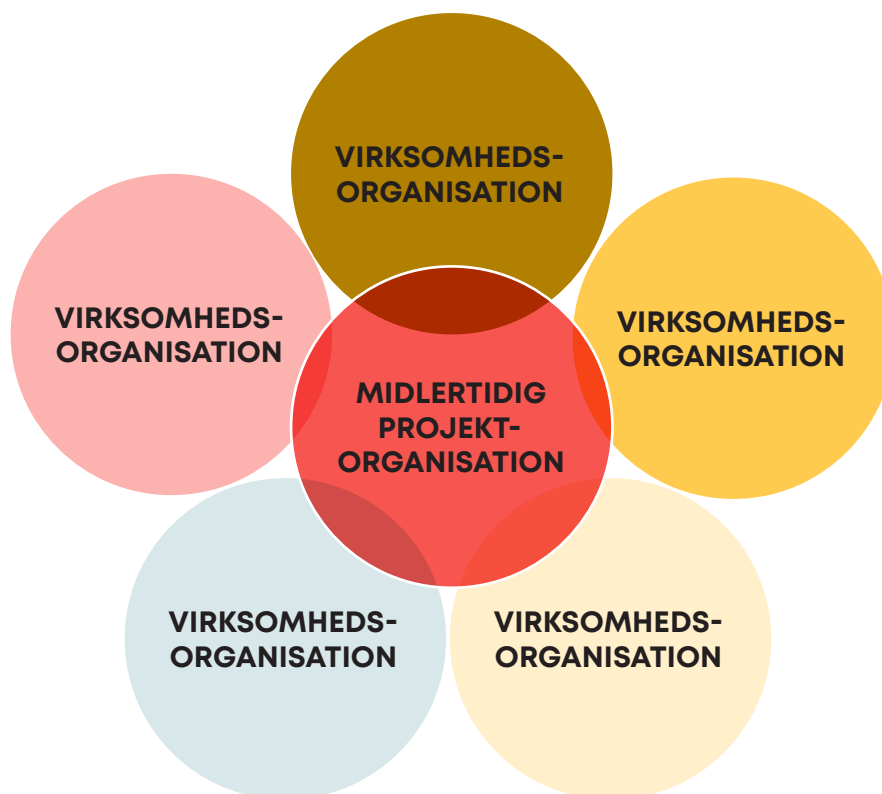
Ser vi på det midlertidige inter-organisatoriske samarbejde, som et byggeprojekt er, består byggeprojektet af en ny midlertidig projektorganisation, som er sammensat af faggrupper fra flere forskellige virksomhedsorganisationer, jf. Figur 2.

Hver virksomhedsorganisation er selvstændige enheder, som kommer med hver sin kultur og hver deres normer (dagsordener), og skal i fællesskab oparbejde en kultur og normer (fælles dagsorden) for det nye midlertidige inter-organisatoriske samarbejde. Derudover har virksomhedsorganisationerne fokus på egen økonomiske interesse, hvor det midlertidige inter-organisatoriske samarbejde afhænger af, at de forskellige aktører bringer deres ressourcer i spil i en fælles pulje. I byggeprojekter baseres samarbejde og tillid på en sikring gennem juridiske kontrakter. Ydermere bliver deling af informationer mellem de forskellige aktører selektive i forhold til det specifikke foretagende (Pedersen et al. 2019).

Ved at indgå i nye midlertidige projektorganisationer forpligter aktørerne sig til hinanden for at løse en række problematikker, de må støde på i forbindelse med gennemførelsen af et byggeprojekt. Denne forpligtelse handler ifølge Pedersen et al. (2019) om at finde ud af hinandens mål, tanker, intentioner og handlinger. Denne forpligtelse finder sted i starten af et byggeprojekt, hvor aktørerne har de indledende møder, men det er også i denne fase af et byggeprojekt, hvor opbyggelsen af tillid har betydning for det videre forløb.

Beskrivelsen af tillid i byggeprojekter tager udgangspunkt i Pedersen et al. (2019) grundet deres beskrivelse af kollaborationsproces i forbindelse med vidensproduktion. Det ønskes

Figur 2: (udarbejdet af forfatterne): Illustration af en midlertidig projektorganisation sammensat af forskellige virksomhedsorganisationer



at skabe ekspansive læringsmuligheder i byggeprojekterne med udgangspunkt i samskabelsesprocessen ved brug af knotworking. Denne samskabelsesproces vælges at sidestilles med Pedersen et al.s (2019) definitionen på en kollaborativ proces; *"I kollaborativ [...] innovation er vidensproduktion rettet imod komplekse problemstillinger, der ikke umiddelbart lader sig reducere til en samling af veldefinerede delmål, der kan sættes sammen til et veldefineret slutprodukt. Vidensproduktion må derfor nærmere forstås som en løbende udvikling og tilpasning af projektets fælles problemfelt, [...]"* (Pedersen et al. 2019, p. 186). Byggeprojekter er som beskrevet i "Baggrund" komplekse, og via knotworking ønskes det netop at tilpasse byggeprojektet ud fra anskuelser, at det er et fælles problemfelt med løbende udvikling. Kollaboration er en samarbejdsform, der kan karakteriseres som, hvor *"løsninger og koncepter opstår, i takt med at*

samarbejdet udfolder sig, og deltagerne bliver mere fortrolige med hinandens ekspertiser, bidrag og erfaringer" (Pedersen et al. 2019, p. 110). Omdrejningspunktet i et kollaborativt samarbejde findes lige så meget i processen og dens resultater som i den økonomiske værdi, den skaber for bygherren. Processen åbner derved op for en høj grad af dynamisk, selvorganiseret og lateral vidensdeling, hvor informationer er åbne og delte, samt et samarbejde for fælles løsninger, der beror på et højt niveau af tillid til de øvrige aktører (Pedersen et al. 2019, p. 24-26).

I nyere forskning inden for tillid i midlertidige inter-organisatoriske samarbejder er der enighed om, at opbyggelsen af tillid sker over tid, men at mange forskellige faktorer har betydning for opbyggelsen (Laan et al. 2012; Mayer et al. 1995; Swärd 2016). Opbyggelsen af tillid er en udfordring for byggeprojekter, da hverken fortidens eller fremtidens skygger nødvendigvis er til stede til at

muliggøre opbyggelsen af tillid. Fortidens skygger refererer til de oplevelser og erfaringer, som parterne muligvis har med fra tidligere projekter, hvor fremtidens skygger refererer til motivationen til at have tillid til hinanden grundet en forventning om en fælles fremtid (Swärd 2016). Både fortidens og fremtidens skygger er der forsket i, men når det kommer til forskningen i opbyggelsen af tillid i midlertidige inter-organisatoriske samarbejder med begrænset varighed og foruddefinerede deadlines, er det først de senere år, at forskningen på området har vundet øget interesse (Laan et al. 2012; Swärd 2016).

Swärd (2016) har i sin forskning fundet, at tidlige møder sandsynligvis er afgørende for at initiere den positive relationsproces, som er vigtig for opbyggelsen af tillid. Samtidig adresserer Swärd (2016) de midlertidige projektorganisationer som problematiske, da tiden til at opbygge de tillidsbaserede relationer er kort. Laan et al. (2012) adresserer ligeledes tillid i midlertidige projektorganisationer, dog med det udgangspunkt, at parterne på den ene side ikke har tid til at engagere sig i lange processer, der normalt bidrager til opbyggelsen af tillid, men på den anden side skal de håndtere sårbarhed og tage tilstrækkelig med risici til at opnå et tilfredsstillende projekt. Sårbarhed forstås her som den indbyrdes afhængighed mellem aktørerne. Afhængigheden ligger i forholdet mellem de forskellige entreprenører, hvor entreprenørernes handlinger afhænger af andres handlinger, men uden mulighed for at overvåge eller kontrollere de andre entreprenører (Dragnes & Fredriksen 2019). Vil entreprenøren handle og dermed tage risici i et byggeprojekt, gør denne entreprenør sig sårbar, da de andre entreprenørers opførsel indeholder elementer af uforudsigelighed og usikkerhed (Laan et al. 2012). Laan et al. (2012) konkluderer derfor, at parterne muligvis er nødt til at arbejde ud fra, at tillid er til stede, til trods for at den modsatte

parts troværdighed endnu ikke er bevist. Dette gøres muligvis af nød, da tiden er kort, og der skal skabes fremdrift i projektet, så den fastsatte deadline nås.

Tillid vil i det videre arbejde betragtes på individniveau, men med opmærksomhed på, at individet er en del af en organisation. Vi vælger denne betragtning, da det er individerne, der skal samskabe. Der skal derfor skabes tillid mellem individerne under rammesætningen, og den bør yderligere forstærkes i samskabelsesprocessen.

FORSKELLIGE PERSPEKTIVER PÅ TILLID

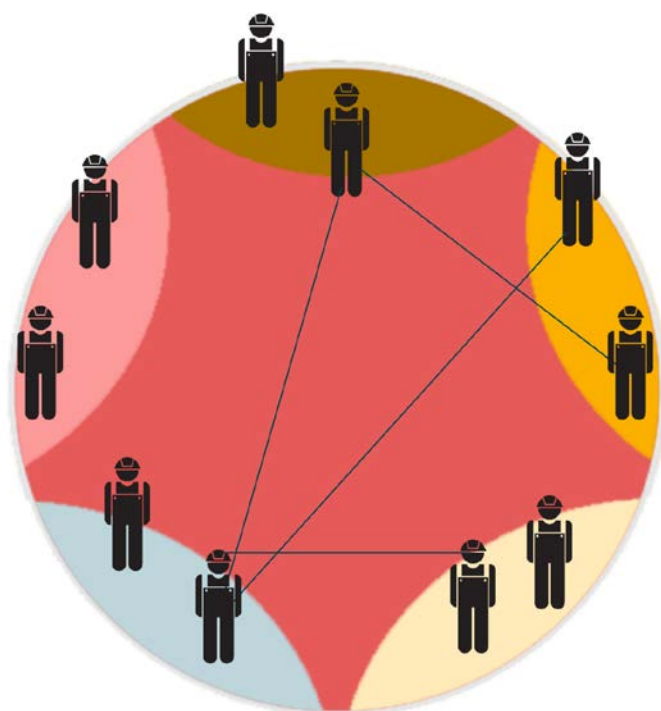
Der er forsket i tillid inden for forskellige discipliner, hvor grunden, betydningen og effekterne af tillid er overvejet (Mayer et al. 1995). Mayer et al. (1995) mener, at selvom der er blevet forsket en del i organisationer, har der været problemer med definitionen på tillid i sig selv. Dette bekræftes af Laan et al. (2012) og Dragnes & Fredriksen (2019), som påstår, at til trods for et utal

foreslåede definitioner på tillid er det ens for dem alle, at tillid handler om en persons eller en gruppes villighed til at relatere til andre i den tro, at den andens handlinger vil være gavnlige frem for skadelige, selvom det ikke kan bevises.

I teorien om tillid er der dog to basisantagelser, der går igen. På den ene side kan det at have tillid til en betegnes som at tage en kalkuleret risiko, og på den anden side kan tillid betegnes som et socialt, mere intuitivt fænomen, som ikke er baseret på kalkulationer (Laan et al. 2012).

Pedersen et al. (2019) skriver, at begrebet tillid forstås som grundlæggende for at håndtere usikre situationer samt for at forstå den kollaborative proces. De usikre situationer, som afhænger af andre aktørers handlinger, gør os usikre og sårbare, og tilliden beskrives ligeledes som accepten af denne usikkerhed. Tillid drejer sig typisk *"... om at opgive kontrollen med de handlinger, der udføres af andre"* (Pedersen, et al. 2019, p. 118), men i en samskabelsesproces er der ikke plads til denne

Figur 3: (udarbejdet af forfatterne): Tillid på individniveau, i midlertidige projektorganisationer, fortolkning af Laan et al. (2012).

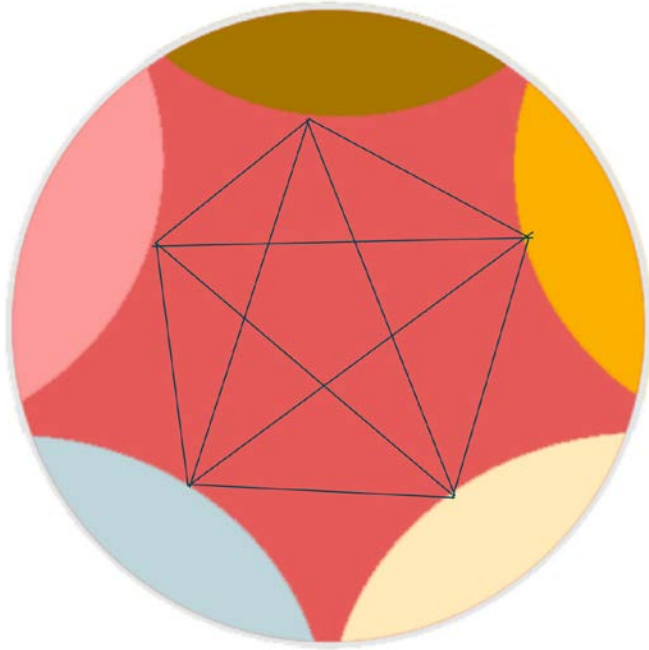


kontrol. Et område, Swärd (2016) ligeledes behandler i sin artikel.

Der er ikke ét samlet fyldestgørende billede af, hvad tillid består af, og hvordan tillid bør defineres, da tillid i forskningen beskrives ud fra den kontekst, hvori den anvendes, f.eks. beskriver Laan et al. (2012) og Swärd (2016) tillid i forbindelse med midlertidige projektgrupper/-relationer for at opnå succesfulde projekter, men med hver sit fokus, jf. Figur 3 og Figur 4. Tell (2000) beskriver derimod tillid i forbindelse med netværk for at opnå samskabelse og læring, jf. Figur 5.

Da det ønskes at diskutere tillid i forbindelse med samskabelsen i midlertidige inter-organisatoriske samarbejder, er forskellen i konteksten, hvori de anskuer tillid, det interessante i disse tre artikler. I det følgende vil hver af de tre artiklers hovedtræk blive beskrevet.

Figur 4: (udarbejdet af forfatterne): Tillid på organisationsniveau, i midlertidige projektorganisationer, fortolkning af Swärd (2016).



Figur 5: (udarbejdet af forfatterne): Tillid sat i sammenhæng med læring, i netværk, fortolkning af Tell (2000).



ARTIKEL 1: TILLID PÅ INDIVIDNIVEAU, I MIDLERTIDIGE PROJEKTORGANISATIONER – LAAN ET AL. (2012)

Laan et al. (2012) har fokus på faktorerne, der påvirker tillid mellem bygherren og entreprenøren i et byggeprojekt ud fra forskellige niveauer af tillid. Han arbejder med fire niveauer af tillid; 1) Tilbøjelighed eller villighed til tillid, 2) Tillid baseret på viden omkring den anden aktør, 3) Tillid baseret på omsorg, bekymring, ærlighed og forståelse samt 4) Tillid baseret på tilvænning eller rutine. De første tre karakteriserer han som det bevidste valg om at være sårbar, hvor det fjerde niveau ikke er et bevidst valg. Det fjerde niveau udvikles, når aktørerne er så vant til hinandens arbejdsprocedure, at de ikke længere er klar over, at de er sårbare.

Han vurderer på baggrund af empirisk data, hvordan niveauet af tillid udvikler sig i forhold til varigheden af deres relation og deres forventninger om at arbejde sammen igen samt udbudsprocedure og leveringssystemer. Han konkluderer, at "tillid er et komplekst og dynamisk fænomen, som ændrer sig over tid, under indflydelse af begivenheder og omstændigheder" (Laan et al. 2012, p. 828). Desuden finder han, at byggelederens personlige engagement har væsentlig indflydelse på niveauet af tillid.

ARTIKEL 2: TILLID PÅ ORGANISATIONSNIVEAU, I MIDLERTIDIGE PROJEKTORGANISATIONER – SWÄRD (2016)

Swärd (2016) har fokus på opbyggelsen af tillid mellem byggelejerne fra de forskellige virksomhedsorganisationer i udførelsesfasen med særligt fokus på den positive forventning om gengældelse kombineret med risikofyldte handlingers indflydelse. Hun argumenterer, at størrelsen og antallet af handlinger, samt hvordan og hvornår handlinger gengældes, er vigtig for opbyggelsen af tillid. Hun finder, at risikofyldte handlinger har betydning for opbyggelsen af tillid,

uanset om det er store eller små handlinger; de store handlinger er relevante for uforudsete problemstillinger, hvor de små handlinger ikke skaber tillid i sig selv, men bidrager til at skabe relationelle normer, som mindsker usikkerheden.

ARTIKEL 3: TILLID SAT I SAMMENHÆNG MED LÆRING I NETVÆRK – TELL (2000)

En tredje kontekst findes i Tell (2000), hvor han beskriver tillid i forbindelse med læringsnetværk, hvor der fokuseres på den indbyrdes tillid mellem aktørerne i en gruppe. Her finder han, at en vigtig forudsætning for, at læringsprocessen kan finde sted i netværket, er, at tillid og engagement opbygges i løbet af processen mellem aktørerne. Han argumenterer, at tillid er en af de vigtige forudsætninger for at opnå højere niveau af læring (ekspansiv læring), hvor viden, som tages for givet, bliver udfordret i en åben dialog i kombination med praksis.

DISKUSSION

Samskabelse (kollaboration) er defineret i Pedersen et al. (2019, p. 9) som "... *evnen til at indgå i tillidsbaserede relationer med samarbejdspartnere og etablere fælles målsætning, metoder og redskaber*". Men hvad sker der med tilliden, når samarbejdspartnerne ikke er selvvalgte, og metoder og redskaber ikke nødvendigvis er fælles eller ens? Når det kommer til betydningen af tillid i midlertidige inter-organisatoriske samarbejder, hvor aktørerne har forskellige fagdiscipliner, vil de ikke nødvendigvis have en delt fortid, der kan forbedre deres villighed til at arbejde sammen. I den forbindelse vil udviklingen af en klar forståelse af tillid og dens årsager muliggøre samhörighed og samarbejdet (Mayer et al. 1995). Pedersen et al. (2019, p. 118) beskriver tillid som grundlæggende for "*at håndtere usikre situationer, når der ikke er viden tilgængelig, for at skabe kommunikation mellem deltagere i en gruppe, for at*

anerkende og engagere sig i andre personer og for at indgå i samarbejde." Ifølge Pedersen et al. (2019, p. 9) kræver succesfuld samskabelse, at "... *vi besinder os på de historiske, kognitive, sociale og organisatoriske rammer, der udgør det felt, inden for hvilket samarbejdet udfolder sig*."

Rammerne for den platform, hvorpå samarbejdet skal foregå, bør derfor defineres ud fra en fælles forståelse.

Vi har i en tidligere artikel foreslået, at denne rammesætning foregår som et indledende møde. Ved rammesætningen diskuteres rammerne for samskabelsen i fællesskab blandt aktørerne i byggeprojektet for at opnå en fælles forståelse. Rammerne, der skal diskuteres, er objektet, reglerne, hvordan de vil give plads til de forskellige fællesskaber, arbejdsdelingen, samt hvilke instrumenter/værktøjer de vil have til rådighed i samskabelsen (Klitgaard et al. 2017). Rammerne bliver defineret, men skal der ske samskabelse iht. Pedersen et al. (2019)'s definition, kræver dette tillidsbaserede relationer. Her betegner vi tillid som et socialt, mere intuitivt fænomen, hvor de tillidsbaserede relationer skal opbygges under rammesætningen. Aktørerne kan ikke kalkulere risikoen for, hvad de vil tabe/vinde, men må tro på, at en andens handlinger vil være gavnlige. Tell (2000) skriver, at tillid og engagement er en forudsætning for læringsprocessen i netværk, hvorfor rammesætningen er en oplagt mulighed for at opbygge tilliden og engagementet blandt aktørerne i midlertidige inter-organisatoriske samarbejder.

Når det kommer til samskabelsesprocesser, er tillid med til at støtte samskabelsen. I løsningen af problemet i samskabelsesprocessen mener Pedersen et al. (2019), at evnen til at være åben er tæt forbundet til begrebet tillid, da tillid "*ikke kun handler om en åbenhed over for deltagerne i gruppen, men også en åbenhed over for verden*" (Pedersen et al. 2019, p. 118). Dette er i overensstemmelse med Tells (2000) resultater,

hvor han argumenterer for, at tillid er vigtig for at opnå et højere niveau af læring, hvor den allerede kendte viden bliver udfordret i åben dialog med praksis. Åbenhed og tillid antages derfor at være tæt forbundet med læringen i midlertidige projektgrupper. Åbenhed gør dog også aktørerne sårbare, et område, Swärd (2016) diskuterer, hvor hun konkluderer, at aktørerne skal have en positiv forventning om gengældelse af en handling på et senere tidspunkt. Dette kan kræve risikofylde handlinger, men hvor Swärd (2016) anvender både store og små handlinger i udførelsen, ser vi det mest relevant, at de små handlinger anvendes i rammesætningen, da de her kan være med til at skabe relationelle normer. Swärd (2016) beskriver forskellen på store og små handlinger ud fra, hvor stor eller lille en økonomisk risiko en aktør er villig til at tage, dvs. en stor handling kan have en større økonomisk konsekvens, hvor en lille handling har en mindre økonomisk konsekvens. Kobler vi dette til Laan et al. (2012), kan de små handlinger ses som sociale intuitive handlinger, som ikke er baseret på kalkulationer. Swärd (2016) skriver, at de store handlinger er relevante for de uforudsete problemstillinger. Som følge heraf ser vi de store handlinger som relevante i samskabelsesprocessen. Det skyldes, at aktørerne i samskabelsesprocessen skal foretage handlinger, som afhænger af andre aktørers handlinger. Disse handlinger kan ses som det, Laan et al. (2012) kalder kalkulerede risici eller de bevidste valg om at være sårbar. Han beskriver fire niveauer af tillid, hvoraf de tre første er de bevidste valg om at være sårbar. Dykker vi ned i de tre valg, så er tilbøjeligheden eller villigheden til tillid afhængig af de sociale rammer og er givet på forhånd. Tilliden baseret på viden omkring den anden aktør hænger sammen med fortidens skygger som beskrevet i afsnittet "Tillid i byggeprojekter". Da fortidens skygger ikke nødvendigvis eksisterer i

byggeprojektet, er denne faktor ikke den væsentligste i forhold til opbyggelsen af tillid i samskabelsesprocessen. Laan et al. (2012)'s tredje niveau; Tillid baseret på omsorg, bekymring, ærlighed og forståelse, er tillid, der kan udvikles i projektet og er derfor særlig interessant i forbindelse med samskabelsesprocessen.

Både Laan et al. (2012) og Swärd (2016) konkluderer, at tillid har en væsentlig betydning for at opnå et succesfuldt byggeprojekt. Tell (2000) derimod konkluderer, at tillid er en vigtig forudsætning for læringsprocessen. Forskellen ligger i, at Tell (2000) arbejder med netværk, hvor Laan et al. (2012) og Swärd (2016) arbejder med midlertidige inter-organisatoriske samarbejder – hvor Tell (2000) har muligheden for at vurdere tilliden over en længere periode, er det for Laan et al. (2012) og Swärd (2016) en kortvarig periode grundet deres fokus på byggeprojekter. Kobles de to perspektiver med hinanden, kan der opstilles en hypotese om, at tillid mellem aktørerne i et byggeprojekt skal opbygges hurtigt for at kunne skabe læringsprocesser i de midlertidige inter-organisatoriske samarbejder. Swärd (2016) behandler begrebet hurtig tillid kortfattet, hvor hun argumenterer for, at hurtig tillid er relevant i forbindelse med midlertidige relationer, og antyder, at risikofylde og formentligt ukloge tillidsfyldte handlinger i de tidlige møder kan være et forsøg på at "fast-tracke" processen med at opbygge tillid. Desværre bliver opbyggelsen af hurtig tillid og "fast-tracking" ikke yderligere behandlet i hendes artikel.

Forskellen mellem Laan et al. (2012) og Swärd (2016)'s udgangspunkt for arbejdet med tillid er, at der i Laan et al. (2012) tages udgangspunkt i samarbejdet mellem en bygherre og en entreprenørs byggeleder, hvorimod der i Swärd (2016) tages udgangspunkt i samarbejdet mellem entreprenørernes byggeledere. Hvor det førstnævnte samarbejde er rammesat af en juridisk kontrakt, er det sidstnævnte samarbejde ikke på samme vis

rammesat af en kontrakt. Bygherren indgår kontrakt med entreprenørerne, men forbindelse mellem entreprenørerne går gennem bygherren, hvor entreprenørerne i kontrakten med bygherren forpligter sig til at samarbejde med de andre entreprenører. Da det er forskellige faggrupper/praksisser, der skal samarbejde i samskabelsesprocessen, er det vigtigt at tage med i overvejelserne omkring opbyggelsen af tillid, at der ikke er en juridisk kontrakt mellem aktørerne. Dermed kommer sårbarhed til at spille en større rolle i opbyggelsen af tillid imellem aktørerne.

Der er i denne artikel taget udgangspunkt i tre artikler, som anskuer tillid i tre forskellige kontekster. Det kan diskuteres, om tillid kan beskrives og defineres ud fra tre artikler, eller mængden af data burde være større.

Da det er et forstudie til et større systematisk litteraturreview, hvor målet har været at få indsigt i tillid i de tre forskellige kontekster for derved at kunne finde relevante og dækkende søgeord, anses det for at være tilstrækkeligt.

KONKLUSION

Ekspansiv læring gennem samskabelsesprocesser skal tillæres over tid. For at initiere denne tillæring er det tidligere fundet, at en facilitator kan indsættes i samskabelsesprocesserne, hvor fokus er på mulighederne for læring og innovation. Der er set nærmere på rammerne for disse muligheder med udgangspunkt i tillid, mere konkret hvilke muligheder og perspektiver der kan anvendes og bidrage til faciliteringen.

Det blev fundet, at læring bl.a. afhænger af åbenhed over for hinanden, men også over for nye input, som igen afhænger af tillid. Det er derfor vigtigt, at facilitatoren i samskabelsesprocessen er opmærksom på denne åbenhed hos aktørerne. I den forbindelse blev det ligeledes fundet, at åbenheden kan gøre aktørerne sårbare, hvor facilitatoren bør være opmærksom på de små risikofylde handlinger, som kan være

med til at opbygge tilliden mellem aktørerne. I samskabelsesprocessen vil de større risikofyldte handlinger være mere relevante i forbindelse med opbyggelsen af tillid, da aktørerne her afhænger af hinandens handlinger.

Af særlig interesse for facilitatorrollen er tillidsniveau 3, hvor tillid er baseret på omsorg, bekymring, ærlighed og forståelse. Dette skyldes, at facilitatoren har mulighed for at opbygge og udvikle dette niveau af tillid under samskabelsesprocessen. Dette område bør derfor være et af facilitatorens fokusområder.

Et interessant element for facilitatorrollen i de midlertidige inter-organisatoriske samarbejder er opbyggelsen af hurtig tillid eller "fast-tracking", som bliver beskrevet som risikofyldte og formentlig ukloge tillidsfyldte handlinger i de tidlige møder. At åbne dette vil kræve, at disse handlinger bliver foretaget i rammesætningen eller tidligt i udførelsen under de første samskabelsesprocesser. Det kræver dog, at byggebranchen er villig til at foretage disse risikofyldte og tillidsfyldte handlinger. Hurtig tillid eller "fast-tracking" er interessant, da det kan anvendes til mere end blot at facilitere samskabelsesprocessen. Denne viden kan anvendes i andre brancher og sammenhænge, der anvender midlertidige inter-organisatoriske samarbejder, som kræver hurtig opbyggelse af tillid.

Hurtig tillid er et emne, som kun blev berørt i en af de analyserede artikler, men beskriver et meget interessant område i forbindelse med faciliteringen af samskabelsesprocessen. Afsøgningen af muligheder og perspektiver omhandlende tillid til anvendelse i faciliteringen af samskabelsesprocessen i et inter-organisatorisk samarbejde er dermed ikke udtømt i dette forstudie, og der er skabt grundlag for en større afdækning af området.

PERSPEKTIVERING

Tillid har stor betydning for den ekspansive læringssituation, men grundet byggeprojekternes relativt

korte levetid skal tilliden opbygges hurtigt. Dette skaber et nyt og interessant forskningsspørgsmål: Hvordan opbygges hurtig tillid i en samskabelsesproces, og er der nogen handlinger, facilitatoren bør være særlig opmærksom på for at kunne forcere tillidsopbyggelsen i både rammesætningen og samskabelsesprocessen?

Da hurtig tillid eller "fast-tracking" kan have indflydelse på muligheden for at samskabe i de midlertidige inter-organisatoriske samarbejder, vil det være interessant at undersøge, hvilke faktorer og handlinger der fordrer opbyggelsen af hurtig tillid, eller hvad der skal til for at "fast-tracke" tillid.

Forskningsgruppen har derfor valgt at arbejde videre med et større systematisk litteraturreview med henblik på at definere opmærksomhedspunkterne, som kan være med til at forcere opbyggelsen af tillid. Resultaterne har allerede vist sig at være brugbare. I en af de fundne artikler beskriver Whelan (2016) en stærk form for relationel tillid, som fremmer samarbejdet. Ved at udforske denne stærke form for relationel tillid kan vi opnå større viden om

tilliden og relationernes betydning i samskabelsesprocessen. Det videre arbejde vil have fokus på at undersøge, om opbyggelsen af hurtig tillid kan have et positivt afsæt på aktørernes villighed til at ændre på det. Engeström (2010) kalder regler, fællesskab eller arbejdsfordelingen, i samskabelsesprocessen og dermed åbne for mulighederne for ekspansiv læring.

I det videre arbejde vil det ligeledes være relevant at se på de kontraktmæssige forhold, som Laan et al. (2012) adresserer forhold til udbudsformernes og leveringssystemernes påvirkning på tilliden. Her kan tilliden ses som fortidens skygge i forhold til de kontraktmæssige forhold, dvs. aktørernes tidligere oplevelser med denne udbudsform.

Med et fokus på samskabelsesprocessen på bygningskonstruktøruddannelsen kan vi præge de kommende bygningskonstruktører til at overveje emner som åbenhed, sårbarhed og kalkulerede risici, som kan være med til hurtigere at opbygge tillid mellem aktørerne – hvilket igen kan lede til muligheder for læring og innovation i byggeprojekterne.

Litteraturliste

- Dragnes, S. & Fredriksen, J., 2019. *Should you trust me? A quantitative study of how trust influence learning in international joint ventures*, Oslo: BI Norwegian Business school.
- Dubois, A. & Gadde, L.-E., 2002. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation. *Construction Management and Economics*, 20(7), p. 621-631.
- Engeström, Y., 2010. *From Teams to Knots - Activity-theoretical Studies of Collaboration and Learning at Work*. 1. red. New York: Cambridge University Press.
- Klitgaard, A. et al., 2017. Towards the use of knotworking for increasing innovation in construction projects. *Proceeding of the 33rd Annual ARCOM conference*, 4-6 september, pp. 420-429.
- Laan, A., Voordijk, H., Noorderhaven, N. & Dewulf, G., 2012. Levels of interorganizational Trust in Construction Projects: Empirical Evidence. *Journal of Construction Engineering and Management*, 9 6, 138(7), pp. 821-831.
- Mayer, R. C., Davis, J. H. & Schoorman, F. D., 1995. An Integrative Model of Organizational Trust. *The Academy of Management Review*, 20(3), pp. 709-734.
- Pedersen, D. B., Martiny, K., Birkegaard, A. & Wested, J., 2019. Kollaboration, *Vejen til åben forskning og åben innovation*. 1. red. København: Samfundlitteratur.
- Swärd, A., 2016. Trust, Reciprocity, and Actions: The development of Trust in Temporary Inter-organizational Relations. *Organization Studies*, 37(12), pp. 1841-1860.
- Tell, J., 2000. Learning Networks - A Metaphor for Inter Organizational Development in SMEs. *Entreprise and Innovation Management Studies*, 1(3), pp. 303-317.
- Værdibyg, 2020. *Forskning og uddannelse i byggeriets processer*, -: Værdibyg.
- Værdibyg, 2021. *Den bæredygtige byggeproces*, -: Værdibyg.
- Whelan, C., 2016. Informal social networks within and between organisations - On the properties of interpersonal ties and trust. *An International Journal of Police Strategies & Management*, 39(1), pp. 145-158.

HOLDNINGER TIL TRÆBYGGERI

Holdninger til paradigmeskiftet hen imod mere træbyggeri og de kommende krav om bæredygtighed i byggeriet

Med baggrund i de kommende krav til bæredygtighed i byggeriet i forbindelse med regeringens klimamål for 2030 skal CO₂-belastningen fra byggeprocessen reduceres. Træbaserede byggematerialer har ofte en lavere CO₂-udledning end traditionelle materialer på nogle områder i byggeriet. Forskning peger på, at det kan være en del af løsningen, og dette bliver omtalt som et paradigmeskifte. Formålet med artiklen er at undersøge holdninger til træbyggeri. Der er interviewet tre forskellige aktører inden for forskellige brancher i byggeriet i Nordjylland. Der er opnået indsigt i deres strategier for bæredygtighed. Interviewene afdækker, at en funktionel tilgang til materialevalg er den foretrukne, hvilket harmonerer med nylig forskning inden for byggebranchen. Holdningerne til udviklingen imod bæredygtigt byggeri drives af lovgivning, selv om der også er en af de interviewede der i kraft af egne idealer arbejder i den retning. Mere træbyggeri kræver viden og uddannelse, fordi der er tale om et paradigmeskifte i byggeriet.

FORFATTERE

Hans Lyche Dahl Heiselberg,
adjunkt, Byggeriuddannelserne,
UCN

Aysar Dawod Selman, lektor,
Byggeriuddannelserne, UCN

Lars Søgaard, adjunkt,
Byggeriuddannelserne, UCN

BAGGRUND OG KONTEKST

I dette afsnit vil vi give en introduktion til forskellige byggematerialers CO₂-aftryk, og hvordan dette måles. Vi vil også kort introducere begreberne bæredygtighed og livscyklusvurdering for byggeriet. Bagefter

kommer en beskrivelse af de kommende krav til byggerier i henhold til regeringens nylige aftale om Strategi for Bæredygtigt Byggeri. Vi vil anføre nogle faktorer, der gør træbyggeri relevant for byggebranchens muligheder for at nedbringe sit CO₂-aftryk. Til sidst i afsnittet er der en fremstilling og analyse af holdninger til træbyggeri i Danmark.

BYGGERIETS MATERIALER, CO₂-AFTRYK OG LIVSCYKLUS

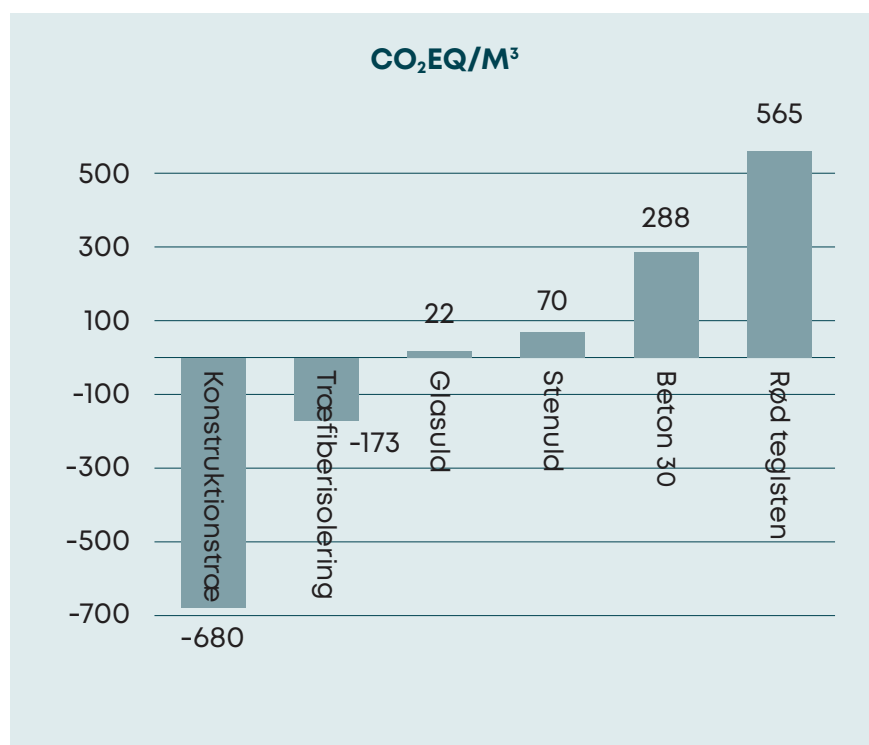
Det traditionelle historiske danske byggeri afspejler, hvilke materialer der har været tilgængelige lokalt, fx

træ og ler (Bengtsom & Selck, 2004). Det er også til en vis grad tilfældet med nyere byggeri. Grundet store forekomster af ler i den danske undergrund har der igennem tiden været over 500 teglværker fordelt rundt omkring i landet. Med industrialiseringen er antallet dalet til omkring 30. Der bliver produceret en stor mængde tegl og beton, viser betonindustriens og teglværkernes omsætning i 2020 på 21,7 mia. mod 12,6 mia. i 2010 (Dansk Statistik, 2021), omsætningen omfatter dog også eksport til udlandet. I dag vælger vi materialerne til byggeri på baggrund af pris, energieffektivitet,

miljøpåvirkninger og fysiske og tekniske egenskaber i de enkelte materialer. Byggetraditionen i Danmark og det æstetiske udtryk har også noget at sige i denne proces (Bengtson & Selck, 2004). Under projekteringen bliver faktorer som levetid og omkostninger ved drift og vedligeholdelse (D&V) desuden regnet ind.

Hvis bæredygtighed har stor vægt i materialevalget, kommer også andre faktorer i spil, det kan være andelen af genanvendt materiale, mulighed for genanvendelse efter bygningens forventede levetid, forekomst af skadelige stoffer i materialerne, ansvarlig brug af naturens ressourcer osv. Alle materialer har i denne forbindelse en "CO₂-pris" som et udtryk for den samlede CO₂-udledning fra fremstillingsprocessen for byggematerialet. Den tekniske betegnelse kaldes CO₂-ækvivalenter, eller *Global Warming Potential* (CO₂-ækv eller GWP), som er fastsat ved Kyoto-aftalen (UNFCCC, 1997). Det Kongelige Akademi – Center for Industriel Arkitektur har lavet en oversigt, som angiver CO₂-ækv (GWP) for 65 af de almindeligste materialer i byggeriet (CINARK, 2020). I diagrammet fremstilles, hvor mange CO₂-ækv der er indlejret i seks udvalgte materialer. Det er tydeligt, at flere af de materialer, som er velkendte i Danmark, har et højt klimaaftryk. Når der ses på de materialer, som har høj CO₂-ækv, eksempelvis beton, kan det være en strategi at forsøge at begrænse andelen af disse materialer i byggerierne for at sænke antal CO₂-ækv. Den samlede mængde på 4,65 mio. m³ beton, der årligt bliver brugt i Danmark, fordeles sig som følger: Lidt over halvdelen i byggeriet og en stor del i anlægsarbejder som for eksempel vejprojekter. De andele, som indgår i byggesektoren, fordeles sig på 2/3 beton leveret i vogn, denne beton bliver primært til fundamenter, terrændæk og andre konstruktioner som pladsstøbt beton. De sidste 1/3

Figur 1: Materialers GWP, modellen er udarbejdet på baggrund af data fra CinArk, 2020



af betonen indgår i præfabrikerede betonelementer (Thrane et al., 2019). Beton er således stadig et nødvendigt materiale i bygge- og anlægssektoren, men ved større andele af træbaserede byggematerialer i konstruktionerne, som ofte har et negativt CO₂-ækv-tal, kan de samlede CO₂-ækv i en bygning nedbringes.

Livscyklusvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) af byggeriet bliver en del af de kommende lovkrav, som nævnes i næste afsnit. I Danmark er der for eksempel foretaget LCA for 100 bæredygtighedscertificerede byggerier (Dagens Byggeri, 2020). I vurderingsprocessen bliver materialernes miljøpåvirkninger beregnet. De miljøpåvirkninger, der indgår i en LCA, opstår i hovedtræk i forbindelse med fremskaffelse af råvarer, produktion af byggematerialer, energi- og ressourceforbrug ved byggeri, drift og vedligehold samt ved bortskaffelse og genanvendelse af bygningsdele og byggematerialer (Rasmussen et al., 2015).

DE KOMMENDE KRAV OM BÆREDYGTIGHED I BYGGERIET

Klimaloven, som blev vedtaget i 2019, fordrer, at Danmark reducerer sin samlede udledning af drivhusgasser med 70 procent inden 2030 i forhold til niveauet i 1990. For at understøtte dette mål igangsatte Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen en toårig testfase af en ny bæredygtighedsklasse, som løber indtil sommeren 2022, hvor bygherrer er inviteret til at tilmelde projekter. Testfasen skal være med til at danne grundlag for lovgivning, som skal regulere CO₂ og bæredygtighed. Den kommende lovgivning er relevant, da bygningsreglementet i dag regulerer miljøbelastningen i forbindelse med energiforbruget for det færdige byggeri, men ikke ved selve byggeprocessen. Den nye bæredygtighedsklasse kommer ifølge aftaletekst fra Indenrigs- og Boligministeriet af april 2021 til at indeholde specifikke krav til CO₂-udledningen i forbindelse med opførelse af bygninger. For bygninger over 1.000 m² vil der fra 2023 være

en grænseværdi på maks. 12 kg CO₂-ækv/m²/år (her fordeles CO₂-ækvivalenterne over en 50-årig driftsperiode), mens der vil være en frivillig CO₂-klasse, hvor man forpligter sig til maks. 8 CO₂-ækv/m²/år. Disse krav vil gradvis øges til henholdsvis maks. 7,5 og 5 CO₂-ækv i 2029. Desuden vil der være krav om LCA for alle byggerier i 2023 (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021). Lovgivningen indeholder således funktionelle krav og siger ikke noget om, hvordan kravene skal overholdes. Derfor skal byggeriets materialer vælges med omhu for at nå under grænseværdierne for CO₂.

TRÆBYGGERIETS RELEVANS I FORBINDELSE MED CO₂-MÅLENE

Her gengives primært oplysninger fra bogen "Klimaskoven". Træbyggeri udnytter potentialet ved skovdrift ved at oplagre den CO₂, som træerne oplagrer gennem deres vækstperiode.

En skov, der vokser, optager CO₂ fra atmosfæren. Rødgran, for eksempel, optager hvert år i gennemsnit 10 ton CO₂ per hektar skov. Men efterhånden som tilvæksten stopper, når træet har opnået sin fulde højde, vil optagelsen af CO₂ blive lavere og nærme sig nul. Derfor er urørte skovarealer ikke i det lange løb en klimagevinst. Hvis skoven bliver fældet for at få plads til at plante nye, kan de fældede træer blive til brændsel, og derved bliver al den oplagrede CO₂ frigivet til atmosfæren igen. Træ, der ikke brændes, fortsætter med at lagre den CO₂, der er bundet i træmaterialet. Hvis træ bliver i en bygning i 80-100 år, er CO₂'en også lagret i denne periode. Når bygningen skal fjernes, kan træet bruges som brændsel og CO₂'en blive frigivet til atmosfæren, eller træet kan genanvendes i andre produkter i byggeriet som nye konstruktioner, pladeprodukter eller isolering. Det vil medføre, at træet vil kunne indgå i byggeriet i 200 år eller mere. Det er altså tydeligt, at disse naturlige ressourcer kan bidrage til CO₂-reduktion i byggeriet. Med aktivt skovbrug, i

modsatning til skove, der overlades til naturens gang, kan der opnås en 30 procents reduktion af den årlige danske netto-CO₂-udledning. Dette forudsætter en fordobling af det nuværende skovareal, så det udgør en fjerdedel af det samlede landareal. Hvis skovene får mere plads, så de optager lidt over en tredjedel af landarealet, kan CO₂-udledningen reduceres med 50 procent. Aktivt skovbrug og øget produktion af træ er den mest virkningsfulde måde at beskytte klimaet (Madsen et al., 2019).

HOLDNINGER TIL TRÆBYGGERI I DANMARK

Der er mulighed for store CO₂-reduktioner gennem valg af byggematerialer, fx med træbaserede materialer. Det er teknisk muligt at projekttere med træbyggeri i Danmark, især under fire etager (Jensen, 2018). I en BUILD-rapport (Aalborg Universitets BUILD-rapport 2020:25) har 363 personer inden for byggeriets værdikæde deltaget i en spørgeskemaundersøgelse, som har afsløret, at den danske byggesektor er klar til at bygge mere i træ. Tre workshops med titlen "Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet", henholdsvis i Aalborg, Odense og København, har indsamlet kvalitative data. Der var samlet 76 deltagere ved disse møder, og deltagerne blev inviteret via BUILDs nyhedsbrev. Workshoppene mundede ud i formulering af barrierer, potentialer og anbefalinger vedrørende træbyggeri, fra skovbrug til drift og vedligehold. Rapporten indeholder også interviews med nøglepersoner inden for udvikling af træbyggeri i Danmark. Rapporten indeholder livscyklusanalyser af byggerier, både set i forhold til økonomi og klimabelastning. Rapporten indeholder desuden eksempler på træbyggerier i Danmark. Rapporten angiver, at træbyggeri er økonomisk rentabelt, teknisk muligt, og vigtigst af alt: Det har en meget lavere CO₂-belastning end byggeri baseret overvejende på beton og stål. Rapporten indeholder interviews

med personer, der beskæftiger sig med træ i byggeriet. Flere af informanterne arbejder for interessegrupper, der ønsker at fremme træbyggeri, og de giver udtryk for, at træ er nemt at implementere i byggeriet, at der findes løsninger, der virker, at der er mange fordele ved det, for eksempel at byggeprocessen bliver bedre, samt at byggebranchen har for lidt viden om træ og mangel på uddannelse, men at mange vil have garantier for træs holdbarhed. De mener også, at myndigheder, lovgivning og fortolkning af denne skal tilpasse sig træbyggeri. Der bliver også omtalt en "de tre små grise-kultur", hvor rigtige huse er bygget af mursten. To af informanterne er ingeniører, de fremstår ikke som træambassadører, og for dem begge er det vigtigt, at træ bliver brugt der, hvor det giver mening, men at der er en mangel på forståelse af træets fysiske egenskaber i bygninger (Rasmussen et al., 2020). I en artikel fra Teknologisk Institut (Teknologisk Institut, 2021) beskrives, hvorfor vi i Danmark er tilbageholdende med at bygge i træ. Der kan være mange forskellige faktorer, fx det brandmæssige. I en kronik i Ingeniøren under overskriften: "Træbygninger kan føre til altødelæggende bybrande" mener de fire forfattere, med henvisning til de københavnske brande, senest i 1807 (Hertz et al., 2019), at det vil være for risikabelt at bygge i træ, specielt i byområder. Denne skepsis deler Lone Wiggers fra C. F. Møller Architects ikke. På konferencen Build in Wood 2021 beskrev hun, at vi står i et paradigmeskifte i byggeriet, hvor hele værdikæden i byggeriet er i gang med at omstille sig til mere træbyggeri. Hvis der skal være tale om et paradigmeskifte, skal byggeprocessen være anderledes end den traditionelle (Fonseca, 2015).

FORMÅL

Formålet med denne artikel er at få et indblik i, hvilke holdninger tre aktører i det nordjyske byggeri har til udviklingen imod mere

bæredygtighed og reduktion af CO₂-udledning, den kommende bæredygtighedsklasse og fremtiden for træbyggeri. Med interviewene vil vi forsøge at tilføje perspektiver til de resultater, som BUILD-rapporten (Rasmussen et al., 2020) er fremkommet med.

METODE

Vi har foretaget tre semistrukturerede interviews (Kvale, S., Brinkmann, S., 2014) med repræsentanter for den nordjyske byggesektor. Informanterne er udvalgt med henblik på at afdække holdninger fra et bredt perspektiv i kraft af deres forskellighed.

Præsentation af informanter:

- **Byggevarereproducenten**
En medarbejder, der er ansvarlig for bæredygtighed hos en stor byggevarereproducent i betonindustrien. Virksomheden antages at foretrække løsninger baseret på deres egne produkter. Vi har valgt denne informant for at få et perspektiv fra en, der ikke forventes at være interesseret i at fremme træbyggeri.
- **Totalentreprenøren**
En salgsdirektør hos en totalentreprenør, der er specialist i modulbyggeri i træ. Firmaet er valgt på grund af dets 40 års erfaring med træbyggeri, og fordi det da antages at være fortalende for træbyggeri. Informanten har været i ledelsen siden 1996.
- **Bygherren**
To ansatte i projekteringsafdelingen ved en professionel bygherre, der opretholder 7.000 almennyttige lejemål. Det antages, at de har en holdning, der udspringer af, hvilke behov de har som organisation. De to informanter omtales som bygherren.

Interviewene med totalentreprenør og byggevarereproducent er udført i december måned 2020 i samarbejde med en international studerende på femte semester på bygningskonstruktøruddannelsen. I disse interviews har den studerende

haft hovedansvaret for at styre interviewet, mens vi har suppleret med spørgsmål, som vi gerne ville have besvaret i forbindelse med denne artikel. Disse interviews er foretaget på engelsk. Da informanterne er forskellige, har indgangsvinklen til interviewene været individuel. En del spørgsmål har været specifikt tilpasset informanten, mens andre har været rettet mod alle informanter. Spørgsmålene var ordnet inden for disse temaer:

- Virksomhedens holdning til at udvikle sig bæredygtigt
- Incitamenter til og bevæggrunde for at arbejde hen imod bæredygtighed
- Holdninger til træbyggeri og dets rolle i dansk byggeri

Disse var under interviewet ordnet emnevis i notatform på post-it-noter. Interviewet med den professionelle bygherre blev i februar 2021 udført af os alene med en mindmap som interviewguide. Interviewene blev efter samtykke optaget på video, da de alle blev gennemført via videokonference. Interviewene er efterfølgende blevet transskriberet og analyseret, og optagelserne er blevet slettet efter endt transskribering. Informanterne er blevet informeret om UCN's GDPR-politik. Interviewdata er gemt på sikkert serverdrev. Transskriptionerne er analyseret ud fra artiklens problemstilling og temaer. Først har vi dannet os et overblik, og bagefter er de udsagn, der mest præcist udtrykker en holdning til de tre emner, som vi behandler, blevet sat ind eller bearbejdet i afsnittet "Data".

RESULTATER

Herunder bearbejdning af data fra interviews. Udtalelserne er suppleret med forklarende kommentarer.

Generelle holdninger hos de tre virksomheder om deres udvikling inden for bæredygtighed

Bygherren nævner de tiltag, de selv har igangsat. De reflekterer over, at byggeprocessen står for en stor del af CO₂-aftrykket for det færdige

byggeri. I valget af byggematerialer er tilgangen funktionsbaseret: *"Vi skal ikke hverken afskrive teglsten eller beton, men vi skal bruge mere tid på at tænke os om."* Her beskriver de, hvordan de som bygherrer, som også skal eje bygningerne bagefter, tænker grundigt over de materialer, som bygværkerne skal bestå af, især i forhold til D&V. Deres tanker om byggematerialer går mere hen imod at kombinere forskellige materialer i hybridløsninger, der udnytter materialernes forcer. Deres overvejelser har afsløret nogle problemstillinger i forbindelse med D&V ved brug af en træoverflade i boliger: *"Efter tre år kan vi stå med den her lejlighed, der er fuldstændig gennemhullet og snavset af røg, og skal gøre den klar til en ny lejer, der skal ind."* Her beskrives en udfordring, som er særlig stor for en bygherre, der bygger for at udleje boliger. Der kan være overflader på de massive træelementer, som skal beklædes indvendigt af hensyn til driften. Byggeprocessen skal tilpasses byggeri i træ: *"Man bliver nødt til at være mere villig til at lave en overdækning, som måske også kan rumme en traverskran."* Bygherren nævner her nogle foranstaltninger, som normalt opfattes som omkostningstunge, som kan være nødvendige for at kunne bygge i træ, altså en ny tankegang i forhold til byggeprocessen.

Byggevarereproducenten fortæller om deres målsætning om at producere deres bindemidler mere klimavenligt. Her bliver for eksempel nævnt optimering af opskriften på bindemidlet, som de markedsfører som et mere bæredygtigt produkt: *"Vi har reduceret CO₂-aftrykket på op mod 30 procent i forhold til [det almindeligt anvendte produkt]".* Produktets pris giver en 10 procents forøgelse af omkostningerne ved færdige bygningsdele. Virksomheden er således afhængig af, at der er aftagere, der vil betale for et dyrere og mere bæredygtigt produkt. Varmebehovet i ovnene

kan ikke dækkes med grøn strøm, da der er brug for brændsel. Til gengæld bliver overskudsvarmen brugt til at opvarme husstande: *"Vi udnytter overskudsvarme til at opvarme 30.000 husstande, i 2023 kommer vi op imod 50.000, men vores potentiale er 75.000 husstande."* Virksomheden undersøger muligheden for at bruge alternative brændselstyper, for eksempel affaldstyper, som ikke kan genanvendes. Virksomhedens kerneprodukt er således låst fast i en bestemt produktionsproces, hvilket gør det udfordrende at konkurrere på bæredygtighedsparametre.

Totalentreprenøren har en målsætning om at reducere miljøbelastningen fra deres byggerier: *"Vores mål er at opnå 4,5 CO₂-ækv/m²/år i 2023."* Totalentreprenøren taler om det samlede GWP fra deres nybyggerier og stræber efter at komme under det skrappeste krav til nybyggeri ifølge den frivillige bæredygtighedsklasses 2029-mål. De producerer mellem 60 og 70 procent (afhængig af opgaven) af byggeriet som præfabrikation. Dette muliggør bedre udnyttelse af byggematerialerne og mindre spild.

De tre informanter har hver sin tilgang til mere bæredygtigt byggeri. Producenten arbejder på at optimere sit produkt til at blive bedre til at møde de kommende standarder. Totalentreprenøren ønsker at opnå meget lavere GWP end de kommende lovkrav på grund af deres egne definerede bæredygtighedsideal. Bygherren har en mere holistisk tilgang og forsøger at overskue alle de muligheder, der er i forbindelse med deres projekter. Både totalentreprenøren og bygherren taler om utraditionelle metoder i byggeprocessen, når der tales om træbyggeri.

Lovgivning og ideologi er katalysatorer for bæredygtigt byggeri

Bygherren, for hvem mange beslutninger afhænger af offentlige midler, er vant til at følge politiske strømninger: *"Det kommer ovenfra,*

den lov, som Folketinget vedtog – klimaloven." De mener, at det er lovgivningen, der først og fremmest styrer denne udvikling, og at de som samarbejdspartner med regeringen skal udvikle sig i takt med de politiske strømninger, endda inden egentlig lovgivning er på plads. Denne proces er nødvendig at starte tidligt, da en omstilling i en stor organisation tager tid og koster ressourcer.

Totalentreprenøren har igennem virksomhedens historie arbejdet med træbyggeri som konceptuel løsning. Firmaet har gennem en lang årrække haft en holdning om at opbygge en grøn profil, som er blevet udbygget, i takt med at temaer som bæredygtighed og CO₂-regnskab er dukket op. De mener, at der lige nu er en udvikling i gang, som giver deres koncepter og ideer fart: *"Det, vi kan se lige nu, er, at arkitekterne har taget det til sig. De vil gerne bygge mere i træ. Vi har opført 4.000 hjem over de sidste 10 år, så nu kan byggebranchen se, at det er en holdbar løsning."* De ser sig selv som en del af spydspidsen for den bæredygtige udvikling, og de mener, at deres arbejde nu kan bære frugt, da de har et gennemprøvet koncept for træbyggeri.

Byggevarereproducenten, som leverer essentielle komponenter i betonindustrien, er i gang med at udvikle sig til at kunne levere mindre CO₂-tunge produkter. De mener, at udviklingen hovedsagelig er styret af lovgivningen. Deres produkter kunne potentielt gøres CO₂-neutrale, men det vil gøre deres produkter over dobbelt så dyre, og de mener således, at der er behov for regulering og offentlig efterspørgsel, for at aftagerne vil være villige til at betale merprisen: *"Det er i bund og grund et spørgsmål om at have det rigtige politiske fundament, men også at markedet er villigt til at betale for produktet. Så hvis politikerne beslutter, at det er det, vi skal, vil vi gladeligt gå i den retning!"* Modsæt entreprenøren mener

producenten her, at der skal politiske beslutninger til, før de kan investere stort i bæredygtige produktionsmetoder.

Vi ser altså to niveauer for udviklingen imod mere bæredygtighed: en ideologisk tilgang, som totalentreprenøren giver udtryk for, og den topstyrede tilgang, som er resultatet af lovgivning.

HOLDNINGER OM FREMTIDEN FOR TRÆBYGGERI

Bygherren siger, med henvisning til en bygningsmasse, som er opført i træ kort efter 2. verdenskrig: *"Inden for enfamiliehuse og småhuse, der burde man jo stort set bygge det hele i træ."* Bygherren har selv erfaringer med tæt-lav bebyggelse i træ. De ser ikke væsentlige udfordringer ved at udføre deres projekter som træbyggeri, så længe det er lavere bygninger, det handler om.

Totalentreprenøren har de sidste 40 år gennemført mange projekter med træbyggeri, men har ikke oplevelsen af, at træ endnu er accepteret bredt i branchen, selv om der er kommet øget opmærksomhed på det nu, og de erfarer en stigning i deres markedsandele. De har en klar holdning om, hvor de store gevinster ligger: *"Men du skal selvfølgelig bruge de forskellige materialer, hvor det giver mening. Du kan for eksempel sige, at alle bygninger op til seks etager kunne være lavet af træ, og selvfølgelig fra 10 til 20 til 100 etager, glem træ! Brug beton og stål og aluminium og glas, som du plejer, så brug træ, hvor det giver mening."* De mener, at mindre etagehuse sagtens kan laves i træ.

Byggevarereproducenten tager sine forbehold, i forhold til hvor stort det bliver. Han mener, at træbyggeri ikke kan stå alene, men at der stadig er behov for beton og andre materialer i byggeriet. Byggevarereproducentens holdning viser, at de stadig mener, at de har et produkt, der er behov for. Deres svar kan både udspringe af det

eksistensgrundlag, som er nødvendigt for deres produkt, og deres erfaring og markedsanalyser i branchen.

De tre informanter har hver sin holdning til fremtiden for træbyggeri. Den mest erfarne, totalentreprenøren, ser større muligheder allerede nu, mens bygherren kun ser det som oplagt at bygge i træ, så længe det er velkendte bygningstyper. Byggevarereproducenten går ikke ind i en definition af mulighederne, hvilket kan indikere, at de ikke ofrer disse nye strømninger særlig opmærksomhed.

DISKUSSION

Alle informanter er enige om, at det, der primært driver udviklingen, er lovkrav. Dog har bygherrer, arkitekter og virksomheder med en grøn agenda ageret spydspids, som de lidt over 100 DGNB-certificerede byggerier antyder, og som totalentreprenøren anfører. Byggevarereproducenten hævder, at deres CO₂-reducerede produkt ikke bliver valgt, før der er lovgivning, der tvinger aftagerne til at betale den højere pris for deres produkt. Her kan konsekvensen for byggevarereproducenter omvendt være, at aftagerne fravælger byggematerialer med højt CO₂-aftryk, der hvor det er muligt.

I forhold til det, som Lone Wiggers kalder et paradigmeskifte inden for byggeriet, taler bygherren om, at der er behov for en anden byggeproces i forbindelse med træbyggeri, og at der skal tages højde for andre og nye forhold. Totalentreprenøren har en byggeproces, hvor størstedelen bliver udført som præfabrikation, hvilket ændrer byggeprocessen markant. I interviewet med Michael Koch i BUILD-rapporten (Rasmussen et al., 2020) bliver det understreget, at byggeri med træprodukter kræver specialiseret viden. Ligeledes har der i workshopperne gentagne gange været anført, at viden og uddannelse er nødvendig for at kunne bygge i træ. I rapportens spørgeskemaundersøgelse angiver 56 procent af respondenterne manglende viden som den største barriere for at anvende træ i byggeriet. Vores fund harmonerer således med BUILD-rapportens konklusioner.

De holdninger, vi har afdækket igennem vores interviews, harmonerer med mange af de data, som BUILD-rapporten fremkommer med. I rapporten er repræsentanterne fra interessegrupper, der fremmer træbyggeri, dog meget positive over for træbyggeri. Byggevarereproducenten mener, at træbranchen overdriver potentialet. Bygherren og

totalentreprenøren prøver at undgå at overdrive og siger, at vi bør fokusere på de lettilgængelige træprojekter og ud fra en funktionsbaseret analyse vælge materialer, der passer til projektet. Denne udtalelse harmonerer med interviewene af ingeniørerne i BUILD-rapporten, hvor de giver udtryk for, at den funktionelle tilgang er den rigtige. Denne fremgangsmåde vil sandsynligvis resultere i, at materialer med stor CO₂-udledning i større grad vil blive brugt der, hvor der er et reelt behov for dem. På denne måde antyder bygherren og totalentreprenøren, at hele branchen i fællesskab skal bidrage til at nå klimamålene.

Vores data er indsamlet gennem semistrukturerede interviews gennemført online, hvor der ikke er brugt en struktureret interviewguide. Onlinekommunikationen kan have den indflydelse, at det bliver sværere at aflæse nonverbal kommunikation. To af interviewene er gennemført på engelsk sammen med en studerende, og svarene er oversat til dansk. Disse faktorer kan medføre, at betydninger kan gå tabt. Selv om interviewene er udført hos større virksomheder, er dataene kun et udtryk for de enkeltes holdning og er ikke nødvendigvis repræsentative for deres brancher.

Figur 2: Træbyggeri på skruefundament, 2021



Privatfoto: Tom Thinggaard Pedersen

Figur 3: Bygningskonstruktørstuderende med konstruktionsmodel i træ.



KONKLUSION

Vi ville undersøge, hvilke holdninger tre aktører i det nordjyske byggeri har til udviklingen imod mere bæredygtighed og reduktion af CO₂-udledning, den kommende bæredygtighedsklasse og fremtiden for træbyggeri. Vi ville gerne tilføje nuancer til de resultater, som BUILD-rapporten er fremkommet med.

Vores bygherre var opmærksom på, at træbyggeri er en del af svaret, når regeringens klimamål skal nås. Udspillet fra regeringen med funktionskrav til CO₂-udledning er med til at drive udviklingen. Betonen kan ikke undværes, hvor der ikke umiddelbart er mulighed for at substituere med træ. Her er der sjældent mulighed for substitution med alternative og mere CO₂-lette løsninger. Derfor er det essentielt for den bæredygtige udvikling, at der udvikles bindemidler med lavere CO₂-aftryk, så de kan bidrage til det samlede CO₂-regnskab. Træbyggeri kommer højst sandsynligt til at spille en meget større rolle i den kommende tid. Hvor stor er der forskellige meninger om blandt vores informanter. Byggevarerproducenten skulle måske interessere sig mere for udviklingen, da det kan være med til at justere deres forventninger til fremtiden.

Vi har allerede nu totalentreprenører, der er parate til at levere træbyggeri i høj kvalitet. I vores interviews er der flere gange faldet en bemærkning om, at der primært skal bruges træ, hvor det giver mening at gøre det. Det er derfor relevant at se på, om muligheden for at substituere med træ i byggeriet endnu er udtømt. Det er den ikke ifølge bygherren og totalentreprenøren. BUILD-rapporten

(Rasmussen et al., 2020) peger i mange tilfælde på, at manglende viden er en hindring for mere træbyggeri. Derfor er det vigtigt, at de erfaringer som virksomheder som totalentreprenøren, der arbejder med træbyggeri, har, kommer byggebranchen til gode. Udviklingen imod bæredygtige produktionsmetoder ved fremstillingen af bindemidler er et vigtigt bidrag til at nå regeringens klimamål. Denne udvikling er dog styret af markeds kræfter, som betaler for det produkt, de ønsker. Markedet vil oftest kun betale for dyrere produkter, hvis det er nødvendigt. Denne udvikling er igen styret af lovgivning. Det vil de kommende krav til bæredygtigt byggeri i bygningsreglementet komme til at påvirke, da det er funktionelle krav.

Vi har igennem de tre interviews bidraget til nuancerne i de holdninger, der er til træbyggeri. Vores resultater er dog begrænsede, da de tre informanter ikke kan være repræsentative for deres respektive sektorer inden for byggebranchen. Da det ikke er alle respondenter, der arbejder med træbyggeri, afspejler holdningerne deres position i branchen. Dette er et opmærksomhedspunkt, som kan uddybes yderligere gennem lignende interviews, da det kan være konstruktivt i forhold til at brede debatten ud, men det kan på den anden side også være medvirkende til, at nogle af de holdninger, der kommer frem, er præget af fordomme og ikke erfaringer. Viden om holdninger kunne blive mere

præcis ved brug af en mere stringent interviewguide – eller mere bred ved at indsamle data ved hjælp af kvantitative metoder.

PERSPEKTIVERING

Et paradigmeskifte i byggeriet bør afspejle sig i den måde, vi uddanner bygningskonstruktører på. Manglende viden og uddannelse blev flere gange anført som barrierer for udviklingen imod mere træbyggeri. Denne viden skal vi som undervisere kunne facilitere. Det kræver, at lektorerne og adjunkterne, som underviser i konstruktioner og ledelse, holder sig opdateret om udviklingen inden for træbyggeri. Virksomhederne, som vi interviewede, ser alle fremad for at være klar til de kommende bæredygtighedskrav, da de ved, at det inden længe bliver til krav. Det bør vi afspejle som institution, der arbejder med forskning, især når Professionshøjskolen UCN's målsætning er at skabe forskningsbaserede uddannelser og forskning, som skaber konkret værdi i professioner og erhverv, skal vi ikke bare være leverandører af kompetent arbejdskraft, men også leverandører af anvendt forskning, som kan skabe værdi for erhvervslivet.

De studerende, der lige nu går på vores 1. og 2. semester, kommer ud i erhvervet, når de nye klimakrav i bygningsreglementet er trådt i kraft. Det giver nye typer af arbejdsopgaver i forbindelse med projekteringen af byggeprojekter til vores nyuddannede bygningskonstruktører. Vores bygningskonstruktører får allerede kompetencer inden for beregning af varmetabsramme for nybyggeri, og det ligger ikke fjært,

at de også kan påtage sig beregningsopgaver i forbindelse med LCA'er for bæredygtigt byggeri samt CO₂-beregninger.

Kompetencer i bæredygtighed hos de bygningskonstruktørstuderende er et fokusområde på UCN. Interessen for bæredygtighed er mærkbar, også hos vores studerende, som har valgfrie uddannelses-elementer fra 3. til 7. semester, hvor vi som deres vejledere oplever en stor interesse for bæredygtighed, ansvarlig brug af ressourcer, træbyggeri m.m. Desuden arbejder disse studerende ofte med træbyggeri og nye teknologier i de bærende konstruktioner i deres projekter. Hvis træbyggeri er en del af løsningen, når CO₂-aftrykket skal reduceres, bør vi på institutionen fokusere mere på det i indholdet på uddannelsen og udvikle kompetencer til at støtte de studerende, der vælger at arbejde med træbyggeri.

Litteraturliste

- Bengtson, L., & Selck, P. (2004). *Byggeriets materialer*.
- CINARK. (2020). *Byggeriets Materialepyramide*. <https://www.materialepyramiden.dk/#>
- Dagens Byggeri. (2020). DGNB-interessen stiger støt | *Dagens Byggeri*. <http://www.dagensbyggeri.dk/artikel/113701-dgnb-interessen-stiger-stot>
- Dansk Statistik. (2021). *Industriens salg efter branche*. <https://www.statistikbanken.dk/OMS5>
- Fonseca, N. (2015). *Byggeprocessen* (7. udg.).
- Hertz, K., Sørensen, L. S., Giuliani, L., & Markert, F. (2019, September 9). Kronik: Træbygninger kan føre til altødelæggende bybrande | *Ingeniøren.Dk*. <https://ing.dk/artikel/kronik-traebygninger-kan-foere-altoedelaeggende-bybrande-228579>
- Indenrigs- og Boligministeriet. (2021). *National strategi for bæredygtigt byggeri*. <https://im.dk/publikationer/2021/apr/national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri>
- Jensen, L. S. M. (2018). *Stort potentiale for træbyggeri i Danmark - Træ.dk*. Danmark Træportal. <https://www.trae.dk/artikel/stort-potentiale-for-traebyggeri-i-danmark/>
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2014). *Interview: det kvalitative forskningsinterview som håndværk*. Hans Reitzels Forlag.
- Madsen, E. M., Nielsen, A. T., Madsen, P., & Hilbert, P. (2019). *Klimaskoven*.
- Rasmussen, Nygaard, F., & Birgisdottir, H. (2015). *Bygningens Livscyklus*.
- Rasmussen, T. V., Rasmussen, B., Andersen, H. V., Birgisdottir, H., Nielsen, J., Jeremiin, L., Harrestrup, M., Hansen, T. K., & Cornelius, T. (2020). *Anvendelse af træ i byggeriet: Potentialer og barrierer*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet.
- Teknologisk Institut. (2021). *Træ og overfladebeskyttelse - Træbyggeri - Ydelser - Teknologisk Institut*. <https://www.teknologisk.dk/ydelser/trae-og-overfladebeskyttelse/traebyggeri/316877>
- Thrane, L. N., Andersen, T. J., & Mathiesen, D. (2019). *Bæredygtig beton initiativ, Roadmap mod 2030, Halvering af CO₂-udledningen fra betonbyggeri*.
- UNFCCC. (1997). Report of the Conference of the Parties on its third session, held at Kyoto, from 1 to 11 December 1997. *Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its third session*. | UNFCCC.

TEKNOLOGISK UNDERSTØTTEDE BESLUTNINGER

Hvordan vi tager bedre beslutninger med teknologien?

Teknologien er en vigtig hjælp for at understøtte, at vi kan tage bedre beslutninger. Desværre er en stor fare, at teknologien ikke anvendes korrekt, eller at man decideret undlader at anvende teknologi, fordi man ikke er i stand til at reflektere over teknologiens præmisser. I denne artikel bliver der perspektiveret over forskellige sociotekniske forhold som tro, rationalitet og eksplicitet, der skaber fundamentale aspekter for måden, hvorpå vi anvender teknologi. På baggrund af disse perspektiver bliver Recognition Primed Decision Making-modellen (RPDM) foreslået til at initiere en refleksion over de sociotekniske forhold, der sætter præmisserne for god anvendelse af teknologi. Anvendelse af RPDM-modellen kan potentielt hjælpe til en bedre udnyttelse af teknologien, så den kan hjælpe os med at tage bedre beslutninger.

FORFATTER

Peter N. Gade, ph.d., lektor,
Byggeriuddannelserne, UCN

INDLEDNING

I dette afsnit vil jeg give en indledning til vigtigheden af en refleksion over, hvordan teknologi bliver anvendt til at understøtte beslutninger igennem forskellige relevante perspektiver, som påvirker teknologiunderstøttede beslutninger, og som danner rammen for det, jeg vil

undersøge i artiklen. Perspektiverne er taget ud fra teorier, der historisk har spillet en stor rolle i problematikker og løsningsfelter, der har drevet den teknologiske udvikling.

Teknologien, vi anvender i dag, har vi nærmest fået en overnaturlig og magisk relation til. Den er overalt og hjælper os med alt fra at styre vores kalender, navigere for os, vaske vores tøj og med at begrænse stavfejl. Teknologien bliver i dag mere og mere anvendt i både private og professionelle

sammenhænge. Den hjælper os med at indhente informationer, at forstå dem og med at automatisere vores opgaver. I trit med at teknologien er blevet så integreret i vores liv, og at vi har høstet så mange gevinster ved den, peger forskningen på, at man i nogle tilfælde kan få f.eks. teknologisk "over- eller undertro", der kan være skadelig for vores forståelse og anvendelse af teknologi.

Som teknologien har udviklet sig, er den blevet mere kompleks og

mere omfattende og derfor sværere at gennemskue. Moderne teknologier består ofte af mange forskellige processer, man som bruger aldrig, kommer i nærheden af at forstå i detaljen, men kun overfladisk. Når vi taster en web-adresse ind i browseren på vores mobiltelefoner, sker der mange processer, som f.eks. dataprotokoller, antennesignaler osv., der muliggør, at vi kan komme i kontakt med hjemmesiden og få vist de informationer, vi søger. Noget, kun et fåtal fuldt forstår, og som vi ikke ser i vores brug af teknologien.

I takt med en stigende kompleksitet og uigennemskuelighed er vores kendskab til teknologier blevet mere overfladisk. Vi trykker på fjernbetjeningen, og fjernsynet tænder. Ofte er det heller ikke nødvendigt at få en dybere forståelse af teknologien, men i kritiske og professionelle forhold kræver det en dybere forståelse. En dybere forståelse kan være udslagsgivende og have store konsekvenser. Vores interaktion og forståelse over tid i forskellige sammenhænge giver os en tro på, at teknologien gør det, vi forventer.

Hvis vores tro ikke er balanceret med teknologien, kan den være problematisk. Et konkret eksempel er covid-19 og vaccinesituationen, som illustrerer en mistro til teknologi (vaccinerne). En manglende tro på, at teknologien vil gøre det, den lover, trods streng verificering fra statslige organer. En mistro, der i sidste ende kan koste liv og helbred. Tillid til teknologi er derfor en balance, hvor det at anvende teknologi, f.eks. til at understøtte professionelle beslutninger, kræver, at teknologibrugeren er i stand til at vurdere, om det teknologiske resultat er acceptabelt.

Arkes et al. (2007) har påpeget, at de udfordringer, der er i forbindelse med at forstå teknologi og anvende teknologi til at understøtte vores beslutninger, er problematiske og påpeger, at vi som samfund skal blive bedre til at undervise og

formidle i teknologien og i f.eks. de risici, den er forbundet med, så vi kan tage bedre beslutninger, der ikke gør skade på os selv eller vores omgivelser. Derfor vil jeg i denne artikel teoretisk perspektivere forholdet gældende anvendelsen af teknologi i relation til at tage beslutninger. Den teoretiske perspektivering vil tage udgangspunkt i sociotekniske elementer, som tidligere nævnt, herunder tro og tillid, som påvirker den måde, hvorpå vi anvender teknologien i vores beslutninger. En bedre forståelse for disse forhold kan potentielt gøre os i stand til bedre at inddrage teknologien i vores beslutninger. Derfor vil der blive foreslået en potentiel løsningsmodel, som kan bidrage til bedre refleksion over teknologiske forhold og dermed bedre anvendelse.

METODE

I dette afsnit vil jeg redegøre for, hvordan jeg metodologisk vil behandle emnet "teknologisk understøttede beslutninger". Undersøgelsen vil tage udgangspunkt i teoretiske perspektiver, som er funderet i den teknologiske forståelse, der tager udgangspunkt i Orlikowskis (1992) teknologiforståelse kaldet "duality of technology". Orlikowski (1992) argumenterer for, at teknologiens rolle i relation med mennesker og organisationer både er et resultat af strategiske valg og af sociale handlinger.

Resultatet af de strategiske valg ses ofte som deterministisk teknologi, hvor visioner om en bedre praksis bliver indlejret i en teknologi. Et eksempel på deterministisk teknologi kunne være et administrativt værktøj, som er bestilt af nogle administratorer til at sørge for mere overblik og kontrol over timestyring. Her vil man igennem udviklingen af sådan et værktøj forestille sig en fremtidig praksis for administratorerne, så de får de ønskede funktioner. Det er heri, at det deterministiske ligger, idet man determinerer,

hvordan den fremtidige praksis vil blive, og lægger enten intet eller mindre fokus på at forstå, hvordan de omkringliggende praksisser vil blive påvirket af teknologiens indtog, som ofte kan give problemstillinger, udviklere ikke kan forudse. Det danner kernefunktionerne i værktøjet, men det er i de sociale handlinger, det bliver anvendt og vil ligge under for, hvordan brugerne fortolker det på godt og ondt.

I denne artikel vil anvendelsen af teknologien blive perspektiveret ud fra vekselvirkningen imellem det "strategiske valg" (hvordan udviklerne tænkte, at teknologien skulle bruges) og de sociale handlinger (hvordan brugerne anvender teknologien). Her vil der blive sat fokus på at perspektivere med beslutninger taget med teknologien ift. tro, repræsentation og manifestering. Til sidst vil der på baggrund af perspektiveringen blive foreslået en mulig løsning for at skabe bedre balance jf. de strategiske valg og sociale handlinger.

TEKNOLOGISK OVERTRO

Dette kapitels formål er at perspektivere konceptet tro i relation til teknologi og beslutninger (Alexander et al., 2018). Tro er af mange forskere anerkendt som et vigtigt socioteknisk fænomen, som har stor indflydelse på, hvordan anvendelse af teknologien udspiller sig i praksis. Tro kan ses som et dualistisk fænomen jf. Orlikowskis teknologisyntese (1992), hvori tro på evner og formåen er noget, som brugeren af teknologien kan give teknologien, men også noget, teknologien kan gøre sig mere eller mindre i stand til ved at være troværdig.

En grundlæggende præmis er, at teknologi hverken er godt eller dårligt. Teknologien kan være dårligt skabt eller anvendt forkert, og derfra vil dets anvendelse give dårlige resultater. En sund tilgang er derfor også, at vi i mange tilfælde er mistroiske over for teknologien. Den "sunde" mistro til teknologien

kan være berettiget ved, at vi kender til teknologiens præmisser og derfra kan forstå og afgøre, om teknologien er korrekt anvendt, eller om der er fejl deri. Der findes mange eksempler på, at både almindelige mennesker og professionelle har udfordringer med at udøve sund mistro til teknologien. F.eks. når vi ikke får lavet backups af vores arbejde, eller når vi blindt stoler på stovekontrollen. Teknologien går tit i stykker og kan ikke tage højde for alle grammatiske forhold. Det er vigtigt, at man har en balanceret tro på teknologien – at man forstår, hvad den kan og ikke kan.

Wilson (2017) beskriver denne teknologiske overtro som problematisk, fordi den går imod, hvad man rationelt kan forvente af teknologien, og derfor bliver overdeterministisk i sin tro på, hvad teknologien kan udrette. Inden for byggeriet argumenterer Miettinen og Paavola (2014) for, at den overtro er et resultat af producenters promovinger af teknologiernes potentiale eller vision. Det er i høj grad de, der producerer teknologien, som danner retorikken og det billede af teknologien. Det er derfor ikke en realistisk konceptualisering og dermed en utopi. Det giver ikke et realistisk billede af teknologiens kompleksitet og mangler og kan være skadelig for brugen og udviklingen af den, fordi det vil lede til mistro, og deraf vil man få mindre gavn af teknologiens reelle potentiale.

Hoffmann (2013) beskriver denne relation mellem mennesker og teknologi som værende sammenlignelig med den imellem mennesker. Hvis først teknologien skaber mistillid en gang, vil det være svært at opbygge igen. Endsley (2017) har undersøgt, hvilke faktorer der gør sig gældende i en tro på en teknologi. Her er det vigtigt at anerkende, hvilke faktorer der gør sig gældende i, hvordan man bliver påvirket af enten at have en tro på eller blind tillid til teknologien, såsom hvor valid, robust og nemt det er at forstå. I større studier har det vist

sig, at folk, der er opmærksomme på misinformation, er bedre til at forholde sig realistisk til teknologiens muligheder.

Desværre bliver det fremført, at løsningen imod ubegrundet mistro eller overtro er, at almindelige mennesker "bare" skal sætte sig ind i teknologiens rationaler, altså hvordan den er tiltænkt at skulle virke i specifikke situationer. Sådan et perspektiv vil være kendetegnet ved det, man kalder teknologisk determinisme. At det med andre ord er teknologien, der determinerer det system, den indgår i, og de sociale ændringer, det skaber (Kline, 2015). Det er også en fin ambition, men den er langt fra realistisk. Hvis vi mennesker skulle sætte os ind i "sagerne" med alt den teknologi, vi omgiver os med, kunne vi ikke bruge tiden på andet, og vi ville alligevel ikke være i stand til at forstå teknologierne. Sagt på en anden måde bliver vi nødt til at kunne tro på teknologien og anvendelsen af den i en kontekst på et overordnet niveau.

TEKNOLOGIENS BUNDNE RATIONALE

Den urealistiske forventning til teknologianvenderes forhold til at kunne begribe teknologiens rationaler er også understøttet af Orlikowski, som argumenterer for (1992), at teknologier har en "fortolkningsfleksibilitet". Brugere kommer med hver deres for forståelse og kultur, der definerer, hvordan man kommer til at fortolke teknologien i en konkret situation. Dermed kan vi ikke automatisk forvente, at der kan skabes en universel eller korrekt forståelse, men derimod en situeret, der er "bundet" af brugerens miljø.

Dermed kan man fremføre, at teknologier er situeret i "bundne rationaler". Et bundent rationale er idéen om, at der er et sæt begrænsede rationaler, som teknologien og brugeren giver hinanden (Simon, 1957). Teknologien har et sæt funktioner, der er baseret på bestemte præmisser. Simuleringsværktøj kan sige noget specifikt om f.eks. statistik.

Men det, som simuleringsværktøjet kan sige, er baseret på et sæt regneregler formaliseret i værktøjet, som skal bruge et sæt bestemte informationer som statistiske objektors dimensioner og materielle komposition. Disse præmisser begrænser de tekniske rationaliteter. Derudover er brugeren også selv begrænset af egne mentale og kontekstuelle begrænsninger (f.eks. tid). Vi kan ikke huske eller regne alt ud i vores hoved, og oftest er de informationer, vi har til rådighed, upræcise eller fejlbehæftede.

Rationalitet er defineret som en proces, der er baseret på en logisk inferens, hvor man eksempelvis overfører en erfaring eller viden fra en kendt situation til en ukendt. Så hvis vi fx ved, at Jan og Kim begge er rødhårede og bliver hurtigere solbrændte end personer med andre hårfarver, kan vi derfra sige, at rødhårede bliver hurtigere solbrændte end andre. Eller hvis ingen nogensinde har set en sort svane, og vi derudfra kan konkludere, at sorte svaner ikke eksisterer. Problemet her med logisk inferens er, at for at logiske udsagn som "alle svaner er hvide" kan betragtes som sande, skal vi undersøge alle steder på jorden på samme tid (teoretisk set kan sorte svaner jo opstå via evolutionen). Det er naturligvis meget tids- og ressourcerelevende, og det er sjældent, at vi har det til rådighed.

På samme måde formaliserer man et rationale i f.eks. den kode, man indlejrer i et computerprogram. Hvis vi skal bruge en stovekontrol, så er der fremsat logiske inferenser, der baserer sig på grammatiske regler. Problemet her er så den kontekst, disse inferenser skal arbejde med. For at disse inferenser skal kunne virke korrekt, så skal inferenserne kunne håndtere konteksten, som er manifesteret af eksempelvis alle mulige sammensætninger af tegn, ord, sætninger.

Selv inden for områder, vi normalt vil anerkende som bundne, som et spil skak, der har et defineret sæt

felte og brikker med disses bevægelsesmuligheder, er det samlede sæt af potentielle træk mulige at håndtere rationelt. Den amerikanske matematiker Claude Shannon prøvede alene at estimere, hvor mange lovlige "træk-muligheder" der findes. Shannon kom med et lavt estimat og mente, at det mindst var 10^{120} . Til sammenligning har man estimeret, at der maksimalt er 10^{82} atomer i det kendte univers (Shannon, 1950).

TEKNOLOGI MANIFESTERER DET EKSPLICITTE

I dette kapitel vil jeg perspektivere sammenhængen for teknologiens rationaler, som er manifesteret i f.eks. en eksplicit kode, som danner præmisserne for, hvordan teknologien kan anvendes. Skakprogrammer som Deep Blue, der vandt over Kasparov, kan give et indtryk af, at programmet var i stand til at håndtere det ovenomtalte Shannon-nummer af mulige lovlige træk. Men det er ikke sådan, det fungerer. Deep Blue var ikke ubunden rationelt, men bundet af programmørernes forståelse for spillet og den strategi, programmøren mente, der skulle til for, at programmet kunne vinde over Kasparov og de andre stormestre. Det, Deep Blue var i stand til at gøre godt, var hurtigt og effektivt at eksekvere inden for programmørernes bundne rationaler.

Et andet eksempel er medicin, som er blevet skabt og testet i et miljø, hvorfra man kan sige, hvordan medicinen så virker på godt og ondt. Heri ligger der en række usikkerheder, da man ikke kan tage højde for alle forhold, når man tester den, hverken praktisk eller etisk. På samme måder kan man generalisere al teknologi. Al teknologi er blevet skabt ud fra en kontekst, der bygger på, hvordan teknologiudviklerne opfatter en virkelighed, og hvordan teknologien skal forbedre den virkelighed.

Det er anerkendt, at man ikke kan repræsentere den virkelige verden i

et hvilket som helst program, men man kan lave fortolkninger og afgrænsninger via f.eks. generaliseringer. Disse fortolkninger og afgrænsninger gør det muligt for udvikleren at levere et program inden for en overskuelig tidsramme og stadig levere et resultat, der er brugbart i praksis. Her er en forsimplet dualitet fremsat, at programmer er et forhold imellem ressourcer lagt i programmet og den effekt, programmet har i praksis, for at udviklings-casen har sit eksistensgrundlag.

I forskningen ser man ofte de problemstillinger, en skævvridning af den dualitet afstedkommer, som når ressourcerne lagt i et system ikke står mål med den effekt, det har i praksis (Burton et al., 2020). At man ikke ved, hvilken effekt programmet har i praksis eller til sidst, at man ikke løbende følger op på effekten. Et perspektiv på dette vil være, at man i forskningen vælger ikke at relatere systemet til en given praksis, men vil lade udviklersegmentet tage sig af denne del. Desværre kan det dermed også give problemer i praksisanvendeligheden af et system.

Dualiteten kræver, at man som udvikler laver de føromtalte generaliseringer, og det sætter store krav. Specielt inden for ubundne områder, som er meget dynamiske og omfattende. Byggeriet er et godt eksempel, hvori konteksten fra et byggeri til et andet er meget skiftende og løbende udvikler sig, og hvor der er mange relaterede parametre, der spiller ind, og som løbende skal tilpasses.

Et systems anvendelighed er baseret på, hvordan det kan spejle den kontekst, det skal bidrage med et output til (Reichert & Weber, 2012). Så et simuleringsprogram skal f.eks. kunne afspejle statiske linjer i en bygning, som programmet skal levere feedback til, så ingeniørerne kan tage en beslutning om, hvordan stålbjælkerne skal dimensioneres. Beslutningen om en stålbjælke er

dog ikke alene baseret på det funktionelle, selvom det er en ret begrænset komponent i en bygning.

Her kan parametrene fra det statiske "spejl", som er lavet ud fra en anden repræsentation, være en forsimplicering af en for stor og upraktisk kompleksitet af de statiske forhold. Men præmisserne for forsimpliceringen kan, hvis man ikke har blik for dem, være problematiske for de resultater, den statiske simulering giver. Derudover vil programmet også være underlagt forskellige usikkerheder, som skal tages i betragtning. Derfor vil et simuleringsprogram i sig selv aldrig være et fornuftigt fundament for at tage beslutninger; det kræver, at brugeren kan se programmets output i en kontekstuel sammenhæng og dermed, hvad der er behov for i det enkelte projekt.

ACCEPTEN AF TEKNOLOGIERNES MANGLER

De foregående afsnit har perspektiveret forhold, der gør sig gældende ved brugen af teknologi til at understøtte beslutninger: tro, rationale og det eksplicitte. Teknologien er bunden og dermed begrænset og blind for den kontekst, den skal anvendes i, og derfor kræver det, at brugeren er i stand til at forholde sig til dets rationaler for at kunne give afmålt tillid. Men den afmålte tillid og forståelsen for begrænsningerne kræver på sin vis en accept af teknologiens mangler. Teknologien er ikke ufejlbarlig og ikke ubunden rationel.

Som beskrevet tidligere er der adskillige udfordringer ved de resultater, som teknologi i selv begrænsede områder giver beslutningsfeedback til. De er baseret på generaliseringer af en subjektivt opfattet praksis ift. at levere feedback, som kun udgør en flig af de parametre, der er vigtige at tage i forbindelse med en faglig beslutning. De fleste er bevidste om teknologiernes mangler, men alligevel har flere forskere påpeget tendenser, hvor teknologier ses som

ufejlbarlige "magic bullets". Gigerenzer (2013) fortæller om større studier, der viser, at selv højtuddannede og intelligente mennesker har svært ved at gennemskue teknologiers begrænsninger og derved kommer til at tage problematiske teknologi-understøttede beslutninger. Hardré (2016) indikerer, at brugerne generelt ser teknologien som værende ufejlbarlig og selv ved højrisikobeslutninger ikke stiller kritiske nok "hvad nu, hvis"-spørgsmål.

Når teknologi som stavekontroller eller andet møder virkeligheden, er det vigtigt at kende til dets begrænsninger. Teknologier opererer med forsimplinger for at kunne virke. Problemet som teknologiudvikler er, at på den ene side kan man forsøge at dække så mange "træk" som muligt, men hvor bagsiden derved er, at man dermed gør teknologien enormt kompleks og omfattende. På den anden side kan man prøve at håndtere få "træk", og håndtere disse træk godt.

I anerkendelsen af teknologiens mangler bruger man alligevel teknologiens feedback til at hjælpe med at tage beslutninger, fordi man vurderer, at den mangelfulde feedback stadig kan være relevant i bestemte situationer og har nok kvalitet til at lave en god nok beslutning (Dietvorst *et al.*, 2018). Her bliver kvaliteten af teknologiens anvendelse baseret på den vurdering, som hænger sammen med, hvor godt man forstår teknologien, og den erfaring, man har med den kontekst, som beslutningen skal tages i.

AT TAGE BEDRE TEKNOLOGI-UNDERSTØTTEDE BESLUTNINGER

I de foregående afsnit har jeg afdækket forhold for anvendelse af teknologi og beslutningstagen, der påvirker anvendelsen. Teknologien kan give ny og vigtig indsigt i komplekse forhold, som vi skal forholde os til under beslutningstagen. Men teknologien er ikke perfekt, og vi skal forholde os til teknologien på en reflekteret måde, der gør, at den ikke giver os

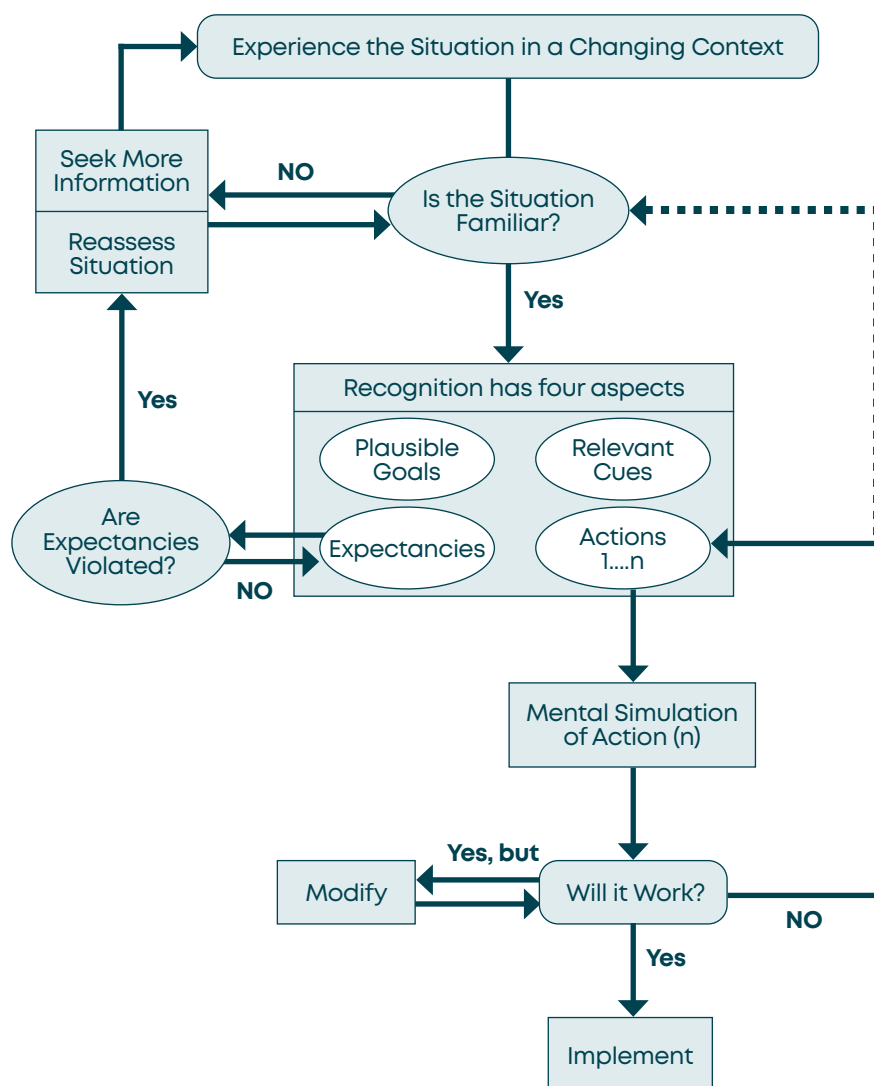
problemer. De førnævnte forhold perspektiveret i denne artikel kan kategoriseres som naturalistiske forhold, altså forhold, som er afstedkommet af den virkelige verdens præmisser som usikkerhed, begrænsede resurser (tid og kognitive kapabiliteter), risikable forhold og dynamiske forhold.

RECOGNITION-PRIMED DECISION MODEL

For at kunne reflektere over disse forhold i relation til teknologien, har Klein (2017) foreslået RPDM, se figur 1. Modellen er skabt til at gøre folk

bedre til at tage beslutninger i naturalistiske miljøer, men kræver, at brugeren af modellen har den nødvendige erfaring inden for sit beslutningsdomæne for at kunne identificere tegn fra egen praksis iht. modellen (Klein, 2017). Modellen kan anvendes til at hjælpe med at afsøge de tidligere problemstillinger, som er diskuteret i en teknologisk kontekst, hvor man tager højde for begrænsningerne og manglerne i den naturalistiske verden, hvor beslutningen skal tages, og med den teknologi, der skal understøtte en.

Figur 1: Model of recognition-primed decision making.
(Klein (2008). Naturalistic Decision Making. Human Factors. 2008;50(3):456-460.
Copyright 2008. Reprinted by Permission of Sage Publications, Inc.)



Overordnet set kan RPDM deles op i tre trin:

1. At opleve en situation

At opleve en situation inkluderer at samle data, lytte til relevante personer, vurdere, om forholdene ændrer sig over tid, og hvor kritisk beslutningen er.

2. Analysere og generere beslutninger

I analysedelen skal der "genereres" så mange forskellige beslutninger som muligt inden for tidsrammen. For at sætte processen i gang kan man reflektere over, om der er noget overraskende ved situationen; noget, man ikke har set før.

3. Implementere en beslutning

Implementeringstrinet kræver, at man først har fundet den bedste beslutning og derefter overvejer dens praktikalitet i implementering. Det vil sige, at det bedste ville være at rive et helt hus ned, hvis man har fundet skimmelsvamp, men at man vælger en mere praktisk beslutning (bundet af tid, ressourcer osv.), som er nemmere at implementere, såsom at sørge for udluftning af konstruktioner og behandling med svampedræbende midler. Her igen er det vigtigt at pointere, at der ikke findes en optimal beslutning, men en god nok beslutning.

De forskellige trin fra RPDM-modellen kan potentielt hjælpe beslutningstagere med at forstå, i hvilken situation teknologien skal spille en rolle, og sørge for, at der derfra er et afmålt niveau af tillid i balance med teknologiens kapabiliteter. Er situationen ukendt jf. anvendelse af teknologien, skal situationen genovervejs, og der skal muligvis hentes mere information for teknologien og situationen, indtil man finder "nok" tillid og genkendelighed i situationen.

Når situationen er genkendelig nok, kan man begynde at sætte mål, forventninger til resultatet og mulige handlinger og specificere, hvilke indikatorer der er for enten

succes eller fiasko for anvendelsen. Skal man vælge bjælker til et bærende system i et lejlighedskompleks, er der en stor kritikalitet, som kalder på store ressourcer. Her bliver teknologi som simuleringssystemer anvendt for at give feedback til beslutningstageren om, hvilke beslutninger der er mulige, baseret på minimumskrav til bjælkerne. Teknologien kan i mange tilfælde helt eller delvist anvendes til at simulere de potentielle resultater af de forudsætninger. Så når man har sat krav til styrke og økonomi for bjælken, kan statikken simuleres, og på samme måde kan økonomien estimeres ved de forskellige valg.

Det sidste trin er implementeringen. For det er ikke alle resultater, der giver mening, når de er blevet analyseret/simuleret. Nogle teknologier – som stavekontroller – identificerer ikke kun, når der er noget galt, men foreslår også alternativer. Her skal beslutningstageren igen ind og vurdere på baggrund af de forslag, som teknologien er fremkommet med, og på, hvilke muligheder der er mest praktiske. Kræver det større ændringer i strukturen ved at implementere forslaget, eller er noget nemmere og derfor mere praktisk? Igen er det en vurderingssag baseret på de begrænsninger, der er i beslutningssituationen. På baggrund af dette skal det modificeres, indtil et tilfredsstillende resultat er opnået.

KONKLUSION

Som tidligere beskrevet i indledningen ville jeg teoretisk perspektivere forhold vedrørende anvendelse af teknologi i relation til at tage beslutninger, fordi en bedre forståelse for disse forhold potentielt kan gøre os i stand til bedre at inddrage teknologien i vores beslutninger. Perspektiverne har taget udgangspunkt i kritiske forhold, der gør sig gældende ved anvendelse af teknologi til at understøtte beslutninger ud fra teknologiens dualitet

(Orlikowski, 1992). Perspektiverne tog udgangspunkt i sociotekniske emner som tro, rationaler, det eksplicitte og kortlagde derved forskellige forhold, der i deres grundpræmis rammesætter teknologisk skepsis, og afmålt inddragelse af teknologi til at understøtte beslutninger. Jf. Orlikowskis teknologiperspektiv er anvendelsen underlagt en dualitet, hvor vi både selv skaber og anvender den.

Nogle udviklere har skabt teknologien ud fra en forståelse, og det er brugeren, der skal afmåle sin tro til kapabilitet og anvendelse. Heri ligger også relationen for rationalerne, hvori teknologien har indbragt et sæt rationaler, der ikke altid er gyldige i en praksisanvendelse. Derfra er et vigtigt perspektiv også, at teknologi manifesterer det eksplicitte, som sætter begrænsninger til, hvordan viden kan repræsenteres i teknologien, hvilket gør, at der i områder som byggeri oftest skal tilpasses, så det bliver relevant i forhold til en given kontekst. Samlet set skal teknologier anvendes afmålt med blik for begrænsninger og muligheder. For at hjælpe teknologibrugere med afmålt teknologiforståelse blev det forstået at anvende Klein og Oransanus (2019) RPDM-model, der kan hjælpe med at sikre, at teknologianvendelsen bliver reflekteret over i aspekter som kontekst, genkendelse og et praktisk perspektiv. De styrker fra RPDM-modellen kan potentielt mitigere de anvendelsesteknologiske udfordringer ved at systematisere anvendelsen og få brugeren til at overveje flere kritiske forhold.

I takt med den stigende kompleksitet, usikkerhed og en hurtigere udvikling har vi ikke fået større kognitive muligheder for at håndtere disse udfordringer. Vi har derfor behov for at blive understøttet bedre teknologisk i at tage bedre beslutninger i vores praksis og ikke være deterministiske i vores teknologiforståelse, men som Klein (2015) også argumenterer for, at for, at en

teknologi skal være anvendelig i praksis, skal vi forstå den. Som beskrevet tidligere kan og må teknologi ikke blive anskuet som "magic bullets", men kræver et nyt sæt færdigheder i, hvordan man skal bruge teknologierne bedst muligt som beslutningsstøtte. Forståelsen af elementerne af naturalistiske beslutninger kan konceptualiseres som med RPDM bliver en kritisk komponent for den nuværende og fremtidige beslutningstager og kræver at blive taget seriøst, hvis vi gerne vil have en chance for at blive bedre beslutningstagere. På samme måde sætter det nye krav for, hvordan vi skal se på og anvende teknologi til beslutninger i undervisningen. Fremadrettet vil der være behov for empirisk at afprøve teorierne i praksis i forhold til at teste effekten af en systematisk og naturalistisk anvendelse af teknologi til at understøtte vores beslutninger samt til forsat at overveje, hvilke sociale forhold der gør sig gældende, når vi gerne vil anvende teknologi for at gøre samfundet bedre.

PERSPEKTIVERING

Emner som sociotekniske forhold er noget, som alle professioner burde forholde sig mere aktivt til, end man gør for nuværende. Ofte bliver de sociotekniske forhold kun inddraget i undervisningen på uddannelser, som er baseret på en

teknologispecialisering, selvom de sociotekniske perspektiver også er vigtige for teknologibrugerne. Teknologi bliver en større og større præmis for fremtidens professioner, og en reflekteret anvendelse af teknologierne bliver mere nødvendig. Et fåtal af uddannelser har eksplicit integreret undervisning i de sociotekniske perspektiver i undervisningen. Her er der en fare for, at de nyuddannede ikke kan udnytte teknologiernes potentialer fuldt ud, fordi de enten over- eller underestimerer teknologiens kapabilitet. Det positive er, at der er fokus på digital dannelse i folkeskolen, men der er et potentielt "undervisnings-gap", hvor man kan tage professionsrettede tilpasninger af f.eks. RPDM-modellen ind i undervisningen

og hjælpe de studerende til at blive bedre til at reflektere over egen anvendelse af teknologien. Teknologien bliver fremadrettet en grundlæggende præmis for professionelle for at tage informerede og datadrevne beslutninger, og vi må sikre, at vi ikke bliver passagerer i teknologiens indtog. Teknologien skal tjene sunde samfundsmæssige og professionelle formål, og vi bliver nødt til at forholde os både tilpas **kritiske** og optimistiske til dens formåen. I alt for lang tid har vi ladet retorikken omkring teknologien være for utopisk og marketingsdrevet, som Miettinen og Paavola (2014) beskriver. Vi skal have den sunde og afbalancerede teknologi-kritiske sans tilbage.

Litteraturliste

- Alexander, V., Blinder, C. & Zak, P.J. (2018), "Why trust an algorithm? Performance, cognition, and neurophysiology", *Computers in Human Behavior*, Vol. 89, pp. 279–288.
- Arkes, H.R., Shaffer, V.A. & Medow, M.A. (2007), "Patients derogate physicians who use a computer-assisted diagnostic aid", *Medical Decision Making*, Vol. 27 No. 2, pp. 189–202.
- Burton, J.W., Stein, M.K. & Jensen, T.B. (2020), "A systematic review of algorithm aversion in augmented decision making", *Journal of Behavioral Decision Making*, Vol. 33 No. 2, pp. 220–239.
- Dietvorst, B.J., Simmons, J.P. & Massey, C. (2018), "Overcoming algorithm aversion: People will use imperfect algorithms if they can (even slightly) modify them", *Management Science*, Vol. 64 No. 3, pp. 1155–1170.
- Endsley, M.R. (2017), "From Here to Autonomy", *Human Factors*, Vol. 59 No. 1, pp. 5–27.
- Gigerenzer, G. (2013), *Risk Saavy*, Penguin Books Ltd.
- Hardré, P.L. (2016), "Emotions, Technology, and Behaviors", in Tettegah, S.Y. and Espelage, D.L. (Eds.), *Emotions, Technology, and Behaviors*, Elsevier Inc., pp. 85–106.
- Hoffman, R.R., Johnson, M., Bradshaw, J.M. & Underbrink, A. (2013), "Trust in Automation", *IEEE Intelligent Systems*, No. april, pp. 61–67.
- Klein, G. (2008), "Naturalistic decision making", *Human Factors*, Vol. 50 No. 3, pp. 456–460.
- Klein, G.A. (2017), *Sources of Power: How People Make Decisions*, MIT press, available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.7551/mitpress/11307.001.0001>.
- Kline, R.R. (2015), "Technological Determinism", in Wright, J.D. (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*, Second Ed., Vol. 24, Elsevier, pp. 109–112.
- Miettinen, R. & Paavola, S. (2014), "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling", *Automation in Construction*, Vol. 43, pp. 84–91.
- Orlikowski, W.J. (1992), "The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations", *Organization Science*, Vol. 3 No. 3, pp. 398–427.
- Reichert, M. & Weber, B. (2012), *Enabling Flexibility in Process-Aware Information Systems Challenges, Paradigms, Technologies*, 1st ed., Springer, Berlin Heidelberg, available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30409-5>.
- Shannon, C.E. (1950), "A Chess-Playing Machine", *Scientific American*, Vol. 182 No. 2, pp. 48–51.
- Simon, H.A. (1957), *Models of Man: Social and Rational*, Book, Wiley, Oxford, England.
- Walsh, T. (2019), "Shared decision-making in action", *Finding What Matters Most to Patients*, Productivity Press, Boca Raton : Taylor & Francis, 2018., pp. 47–60.
- Wilson, A. (2017), "Techno-Optimism and Rational Superstition", *Techné: Research in Philosophy and Technology*, Vol. 21 No. 2–3.

սԸՈ

