

Simultanproduktion av undervisningsmaterial för nätet vid dataklassundervisning på YH-nivå

Dennis Biström
41070

Diplomarbete i datateknik
Handledare Jerker Björkqvist
Fakulteten för naturvetenskaper och teknik
Utbildningslinjen för informationsteknologi
Åbo Akademi
Våren 2020

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Problemställning	1
1.2	Syfte	3
1.3	Metod	3
2	Plattformer och teknologi för inläring	4
2.1	Udemy, LinkedIn Learning, Coursera	4
2.2	edX och mooc-kurser	5
2.3	Direktsändning och Twitch	7
2.4	Komponering av mediakällor	8
3	Materialproduktion	9
3.1	Komposition	10
3.2	Kameraarbete	11
3.3	Inspelning av ljud	12
4	Teknisk marknadsanalys	13
4.1	Hårdvara	14
4.1.1	Produkter för film och tv	14
4.1.2	Konsumentprodukter	16
4.1.2.1	Om Bluetooth	17
4.1.2.2	Headsets	20
4.1.2.3	Mikrofoner	21
4.1.2.4	Kameror	22
4.1.3	Produkter för konferensbruk och poddar	24
4.1.4	NDI och Streamdeck	27
4.2	Mjukvara	28
4.2.1	Videokonferansverktyg	28
4.2.1.1	Zoom och Zoom Cloud	28
4.2.1.2	Teams och Microsoft Stream	31
4.2.2	Streamingplattformer (Youtube och Twitch)	39
5	Kvalitativ jämförelse	43
5.1	Krav och vikt av val	43
5.2	Val av mjukvara	44
5.3	Val av mikrofon	48
5.4	Val av kamera	51
5.5	Teknologi	53

5.5.1	Trådlös överföring av ljud	53
5.5.2	Videokompression	54
6	Resultat	55
6.1	Zoom + Telefon	55
6.2	Youtube + Røde	63
6.3	Praktiska begränsningar	66
6.4	Tekniska begränsningar	66
7	Vidareutveckling av plattformen	67
7.1	Tidskoder	67
7.2	Chattaviseringar	68
7.3	Scener, tangentkombinationer och filter	69
7.4	OBS autostart	72
7.5	Förstora, beskär och panorera	74
7.6	Skriptintegration i OBS	77
7.7	Twitch Studio Beta och Youtube Webbkamera	79
7.8	Virtualcam	81
7.9	OpenCV "inbyggt" i kameran	83
8	Konklusion	84
8.1	Format och kvalitet	84
8.2	Användbarhet	85
8.3	Resurser	85
8.4	Värdet av materialet	85
9	Diskussion	86
9.1	Integritet	86
9.2	Pedagogik	87
9.3	Distanstillgång till skrivbord	87
9.4	Teams som kurshanteringsplattform	88
9.5	Videokonferensverktyg och dåligt ljud	88
10	Fortsatt forskning	89
10.1	Förbättring av ansiktsgenkänningen	89
10.2	Klipp vid tystnad	90
11	Bilagor	90
11.1	faceTracker.py	90
12	Referenser	92

Lista på figurer

Figur 1 – Datacamp (vänster) använder greenscreen för att visa föreläsaren ovanpå skärminspelningen.	4
Figur 2 – LinkedIn Learning (höger) presenterar i regel föreläsaren i bild i introduktionsvideon för kursen, och visar sedan endast skärminspelningen.	4
Figur 3 – På Coursera (vänster) är många kurser uppbyggda runt att föreläsaren talar till tittaren, och grafik är presenterad ovanpå videon.	5
Figur 4 – Udemy (höger) delar ofta upp skärmen för att få plats för grafiken.	5
Figur 5 – Transkriptionsfönstret på LinkedIn Learning.	5
Figur 6 – (1) CSS Basics, W3C med Microsoft (vänster).	6
Figur 7 – (2) Programming for everybody, University of Michigan (höger).	6
Figur 8 – (3) Circuits and electronics 1, MIT (vänster).	6
Figur 9 – (4) Embedded systems, University of Texas (höger).	6
Figur 10 – Twitch simultantproduktion vid sidan om skjutspel [10].	7
Figur 11 – Twitch deltagarengagemang och feedkomposition [11].	7
Figur 12 – OBS programvaran, källor och scener (vänster).	9
Figur 13 – Streamlabs OBS, källor och scener.	9
Figur 14 – Ett försök på att fånga både föreläsare och tavla i bild på en statiskt monterad kamera. Det är svårt att se vad det står på skärmen och föreläsaren har ett mycket begränsat område var han får röra sig.	10
Figur 15 – Skärmbild från årets Front-end kurs med föreläsaren som bild i bild.	11
Figur 16 – Två typer av PTZ kameror med olika teknik och användningssyfte.	12
Figur 17 – Ljudmixern har en viktig roll i produktionsteamet [22].	13
Figur 18 – Sennheiser EW112P G4 ca 400€ (till vänster) spelar in ljud med kvalitet långt över nätplattformarnas begränsningar [25].	14
Figur 19 – Canons XF400 UHD ca 2000€ (till höger) spelar in 4k 60fps video, vilket ingen inlärningsplattform stöder [26].	14
Figur 20 – Samson Concert 88 headset (till vänster) spelar in ljud från upp till 12 trådlösa headset [28].	15
Figur 21 – Røde NTG4+ mikrofonen behöver separat ström och är omöjlig att montera för en lekman [29].	15
Figur 22 – Sennheiser GSP 670, 339€ (till vänster) tar upp ljud inom frekvenserna 10–7300 Hz, något av de bredaste upptagningsområden bland mikrofoner ämnade för gaming [30].	16
Figur 23 – Audeze Mobius, 399€ (till höger) lovar hög kvalitet på ljudet med LDAC, trots att det inte stöds av Windows (avsnitt 4.1.2.1). Kanske ifall man spelar PUBG på mobilen? [31].	16
Figur 24 – Brus i AAC beroende på sändande enhet. Röda området illustrerar vad människan kan uppfatta [35].	18
Figur 25 – Jämförelse över felsignalen för olika kompressionsmetoder. Vågformen syns i blått, i svartvitt illustreras signalen som spektrogram [40].	19
Figur 26 – ATH-DSR5BT och LG HBS-1120, två av de enda enheterna med aptX HD stöd och mikrofon [48] [49].	20
Figur 27 – Riktlinjer för skalan som används för att ge vitsord då man utvärderar av ljudkvalitet.	21
Figur 28 – SabineTek SmartMike+ Wireless Lavalier - 140€ [55].	21
Figur 29 – Professional Lavalier Microphone for iPhone, Camera, PC, Android – 35€ [56].	21

Figur 30 – Røde Lavalier GO (vänster), en kravattmikrofon från en känd mikrofontillverkare med tydliga specifikationer – 69€ [57]	22
Figur 31 – Røde Wireless GO (höger), en liten trådlös kravattmikrofon med inbyggd mikrofon i sändaren – 189€ [58]	22
Figur 32 – Logitech C922 (till vänster) klarar av 60 fps för inspelning av naturlig rörelse, men endast vid HD resolution [61].	23
Figur 33 – Logitech Brio (till höger) klarar 60 fps i FHD resolution. Båda kamerorna går att montera på stativ [62].....	23
Figur 34 – Videokameror kring 300 € [66] och en 130€ HDMI-USB3 länk kunde fungera för vårt syfte [65]	23
Figur 35 - Xiaomi Mi Home Security Camera 360° (vänster) [68] och Blaupunkt VIO-DP20 (höger) [69]	24
Figur 36 – PTZ kameror för mötes- och konferensbruk från Panasonic (till vänster) – 7100€ [72] och Logitech Group (till höger) – 1100€ [73].....	24
Figur 37 – Skärmbild av en direktsänd föreläsning inspelad med Panasonic AW-HE100 kameran [74].	25
Figur 38 – Skärmbild tagen från en direktsänd föreläsning med Logitech Brio webbkameran [75].	25
Figur 39 – Newtek PTZ kameran (2500 €) kan skicka video och styras via Ethernet [71]. ...	26
Figur 40 – Istället för dyra servon på X och Y led, brukas mjukvara för att finna människor i en video med vid vinkel.	27
Figur 41 – MediaInfo visar information om filer och kodek.	29
Figur 42 – I Zooms moln sparas även föreläsarens bild skilt från skärmdelningen och man kan dela en länk till föreläsningen.	30
Figur 43 – Zooms molnplattform och tilläggsfunktionalitet.	30
Figur 44 – Med Zoom kan man välja att dela föreläsningen på flera sätt, och även låsa tillgång till videon med ett lösenord.	31
Figur 45 – Väntrummet i Teams	32
Figur 46 – Teams har en bredare palett med funktioner i chatten	32
Figur 47 – Via Teams tillåter MS Stream upp till 720p video med 4–15fps och en strömningshastighet på 1 Mbps.	33
Figur 48 – Med Zoom skapas en video med skärmens riktiga resolution (2560x1440) och sedan läggs föreläsarens bild in till höger så den resulterande videon har en resolution på 2840x1440.	34
Figur 49 – Fyra sånger ovanpå varandra spelas in för att testa ljudkompressionen på Zoom och MS Stream, sångerna är här visualiserade innan hopslagningen för att bättre illustrera vågformerna av de olika stycken.	36
Figur 50 – Formaten för ljudklippen	36
Figur 51 – Väljer att undersöka intressant område för att illustrera inverkan av plattformarnas kompression, märk sampelraterna.	36
Figur 52 – Zoom låter klart sämre och i vågformen ser man en förlust i detaljnoggrannhet.	37
Figur 53 –Med en fjärdedel av datapunkterna har Teams gjort grova approximeringar. Med att lyssna hör man att bandbredden inte räcker till för att återge testklippet.	38
Figur 54 – Illustrerar 16 kHz originalsignalen jämfört med resultatet från Zooms och Teams algoritmer.	38
Figur 55 – Twitch LOL match med över 40 000 tittare samtidigt, 6 Mbps ström i 1080p 60 fps, sändningsinställningar för normal latens, typisk latens 5,3 sekunder [90].	40

Figur 56 – Samma LOL match på Youtube med nästan 55 000 tittare. 2,7s latens med Youtubes Ultra Low Latency inställning, 22 Mbps ström i 1080p 60 fps [91].	40
Figur 57 – ESL Pro League med knappa 1000 tittare, 1080p 60 fps sändning med sändningsinställningar för låg latens, typisk latens 2 sekunder, 5–7 Mbps ström [92].	41
Figur 58 – Samma kanal på Youtube med 5000 tittare. 33 s latens med Youtubes Normal Latency inställning, 55 Mbps ström i 1080p 60 fps [93].	42
Figur 59 – Jämförelse över video och audioformat på Youtube och Twitch, live och uppladdat.	42
Figur 60 – Lektioner från samma kurs går att kombinera till spellistor på en kanal på Youtube	45
Figur 61 – Studerande meddelar föreläsaren att hans skärm är svärtad med AV Mute.	46
Figur 62 – Ett unikt väntrum i OBS, istället för det generella väntrummet som Youtube erbjuder.	47
Figur 63 – <i>Røde erbjuder adapters (till vänster) [95] men det finns ingen garanti att mottagardatorn följer någon specifik standard (till höger) [96].</i>	49
Figur 64 – Røde SmartLAV+ kopplad till en smarttelefon [97].	50
Figur 65 – När föreläsningen börjar deltar redan två deltagare, lärardatorn och föreläsarens smarttelefon.	50
Figur 66 – Skärmbild av Logitech C920, med standardinställningar.	52
Figur 67 – Skärmbild av Logitech Brio, med standardinställningar.	52
Figur 68 – Skärmbild av Zoom och skärmdelningsalternativ för föreläsaren.	56
Figur 69 – Zoom möte med en studerande i väntrummet.	57
Figur 70 – Om föreläsaren stoppar sin skärmdelning kan en studerande dela skärm och be om stöd på distans.	57
Figur 71 – Reaktionen på föreläsningen kallar Zoom för "Non-verbal feedback" [107].	58
Figur 72 – Ifall osakligheter förekommer i chatten kan bevisen laddas ner och chatten tas bort från den inspelade föreläsningen. Samma gäller även ljudspåret, i vilket fall man får fundera vad inlärningsvärdet av endast bilden är.	59
Figur 73 – Klockikonen kommer och går, men om den förblir synlig när man talar har deltagarna klockat ut.	60
Figur 74 – Visualiserat hur ljudet för ordet "upp" ser ut beroende på Zooms inställningar. Ljudet via telefonappen skiljer sig mest från originalet.	61
Figur 75 – WO Mic klienten på smarttelefonen (till vänster) och servern på PC (till höger) [110].	62
Figur 76 – Youtube Studio, inställningar och chatt samt livesändningens unika länk.	64
Figur 77 – Tittarstatistik för föreläsningar, märk genomsnittliga tittartiden och enstaka distansdeltagare på webbtjänster och CMS.	65
Figur 78 – Tidskoder under videon gör det lätt för studerande att hitta relevant information i en lång inspelning.	68
Figur 79 – Kryssa för alla användargrupper och lägg till ett aviseringsljud för att bli meddelad då studeranden på distans uttalar sig i chatten.	69
Figur 80 – Tre scener för tre klassrumssituationer, pre-stream, slides och endast föreläsaren.	71
Figur 81 – Chroma key är bara en av många redan inbyggda filter, och man kan använda tillägg eller egna script för att utöka funktionaliteten i OBS.	72
Figur 82 – Task Scheduler kan användas för att köra kommandon då man loggar in.	73
Figur 83 – OBS stöder flera argument, bland annat –startstreaming och –profile "Dennis".	74
Figur 84 – Kamerans ursprungliga vinkel.	75

Figur 85 – Bilden är förstörd 4 ggr och följer med ansiktet för att göra videon av föreläsaren mera engagerande.....	76
Figur 86 – Brion utan förstoring (vänster). Brion med 4x förstoring (höger). Bilderna beskärda men inte förstörade.	77
Figur 87 – 8x förstoring, bilden är 1280x720 men noggrannheten räcker inte till, på video syns även flimrande gryn.	77
Figur 88 – Python scriptintegration.....	78
Figur 89 – Guiden för snabbstart i Twitch Studio Beta erbjuder färdiga kompositioner för direktsändning av spel.	79
Figur 90 – Twitch Studio påminner mycket om OBS men erbjuder även Twitch-profil och chattintegration.	80
Figur 91 – Inställningar för direktsändningen. I webbläsaren måste man tillåta åtkomst till kamera och mikrofonheter.....	81
Figur 92 – Virtualcam skickar OBS materialkomposition till en virtuell kameraenhet som heter OBS-Camera	82
Figur 93 – Youtube Webbkamera använder spegelvänd video, något som går att ta i beaktande i OBS med ett filter.	82

Lista på tabeller

Tabell 1 – Filstorlekar och strömningsrater för olika format	15
Tabell 2 – Zoom och dess två videoformat.....	29
Tabell 3 – MS Stream och den bästa videokvaliteten är en hackig gröt av pixlar i 720p.	34

Sammanfattning

Undervisning i dataklass kräver oftast fysisk närvaro av studerande och frånvaro inverkar negativt på vitsordet [1]. I dataklasser förutsätts studerande också kunna koncentrera sig under långa lektioner. Direktsändning av föreläsningar möjliggör deltagande på distans och inspelning av lektioner gör det möjligt för studerande att spela upp föreläsningar vid en senare tidpunkt. I och med coronaepidemin har det blivit tydligt att det finns brister i beredskapen hos lärare och teknisk personal för såväl direktsänd undervisning på distans som inspelning av material för senare återgivning på nätet.

Avhandlingens syfte är att hitta passande hård- och mjukvara för inspelning samt att utarbeta arbetsmetoder för direktsändning och simultanproduktion av högkvalitativt material för nätet. Målet i avhandlingen är att en ensam föreläsare ska kunna erbjuda distansundervisning och producera inlärningsmaterial av hög kvalitet för nätet vid sidan om sin undervisning.

I avhandlingen undersöks nätbaserade plattformar för inläring och materialet som publicerats på dem för att fastställa de tekniska kraven på materialet samt utarbeta metoder för inspelningen. För att hitta lämplig hård- och mjukvara görs en teknisk marknadsanalys och hårdvara införskaffas. De utarbetade inspelningsmetoderna används för att direktsända och spela in undervisning i sammanlagt tio kurser under loppet av ett läsår. Undervisningen som spelas in är IT-undervisning i en 40 personers dataklass på yrkeshögskolenivå. Genom en kvalitativ jämförelse av metoderna och det inspelade materialet redovisas praktiska och tekniska brister. Bristerna kartläggs och problem löses med hjälp av tilläggs mjuk- och hårdvara samt ändringar i metodiken.

Utrustningen som lämpar sig bäst för distansundervisning och simultanproduktion är webbkameran Logitech Brio och mikrofonen Røde Wireless Go. Vid distansundervisning som kräver tvåvägskommunikation används mjukvaran Zoom. Zoom är tekniskt undermålig men lätt att använda. Vid distansundervisning där det räcker med envägskommunikation används Open Broadcaster Software (OBS) för direktsändning och Youtube som publiceringsplattform. Materialet som produceras med OBS och publiceras på Youtube är av hög kvalitet men mjukvaran är svårare att använda än Zoom. Brister i hårdvara, mjukvara och inspelningsmetodik kan åtgärdas med bland annat tillägg i OBS, script skrivna i Python och Windows Task Scheduler. Förberedelser som krävs innan en föreläsning påbörjas kan utföras både av en tekniskt insatt lärare och IT-stödpersonal.

1 Inledning

Jag har studerat IT både på Yrkeshögskolan Arcada och vid Åbo Akademi, och är nu lektor i informationsteknik på Arcada. Under studietiden hade jag svårt att koncentrera mig genom en fyra timmar lång föreläsning, speciellt ifall jag satt och kodade. Ifall jag stötte på ett problem koncentrerade jag mig på att lösa det och slutade jag lyssna på föreläsaren. En inspelning av klassundervisningen löser det här problemet då man kan ta igen delar av föreläsningen ifall man har varit distraherad. Jag bor i Helsingfors och pendlade till mina föreläsningar vid Åbo Akademi. Också här upplevde jag att jag skulle ha nytta av att kunna delta i teoriundervisningen på distans.

Tekniskt sett är det inte svårt att spela in en föreläsning. Resolutionen på kameror och känsligheten hos mikrofoner räcker till, och det finns idag videokonferensrum på många arbetsplatser som gör det är möjligt att delta i möten på distans. Konsumentpriset på kameror och mikrofoner har sjunkit och många spelar rutinmässigt in material utan skilda produktionsteam på Instagram och Youtube. Vi har också vant oss vid inspelade föreläsningar på nätet till exempel i form av TED talks, och stora inlärningsplattformar som LinkedIn learning används som resurser i undervisning både på Arcada och vid ÅA. Ändå erbjuder varken Arcada eller ÅA undervisning på distans eller inspelningar av föreläsningar för sina studerande¹. Arcada erbjuder inte heller metoder med vilka föreläsare klarar av att spela in sin dataklassundervisning. I min befattning som lärare på Arcada har jag utarbetat fungerande inspelningsmetoder, och jag spelar för tillfället in varje föreläsning jag håller. Utvecklingen av inspelningsmetoderna har tagit tid och verktygen har förändrats och förbättrats. Jag spelar in varje föreläsning jag håller, något jag gjort sedan jag började undervisa våren 2018.

I och med utbrottet av coronaepidemin är avhandlingen mer relevant än någonsin. Skolornas dörrar har stängts men undervisningen ska fortsätta på distans. Distansundervisning är svår att realisera och min personliga åsikt är att både kvaliteten på undervisningen och studerandenas integritet har lidit som följd av att lärare såväl som stödpersonal inte varit tillräckligt förberedda. I avhandlingen utreds möjligheter för distansundervisning och simultanproduktion av material för nätet vid dataklassundervisning på yrkeshögskolenivå. I och med min anställning behandlar avhandlingen endast inspelning av dataklassundervisning för IT-studerande på Arcada, men lärdomar och lösningar som utformas i avhandlingen är relevanta för hela den tekniska undervisningsbranschen.

1.1 Problemställning

Det finns flera orsaker till att spela in föreläsningar och erbjuda undervisning på distans. Föreläsningar i klassrum utförs på en specifik plats under en viss tid och deltagarna måste infinna sig i rätt klass i tid för att delta. Frånvaro är en utmaning för lärare, och det finns en korrelation mellan frånvaro och kursframgång [1]. Det finns givetvis många orsaker till att frånvara från en föreläsning, men inläringen lider som följd av frånvaron. Undervisning på

¹ Undantag finns, vissa kurser har spelats in. I samband med coronaepidemin sker även undervisningen på distans.

nätet kräver inte att man är i tid eller på rätt plats, studerande kan ta del av både teori och övningar i diverse format (text, video, interaktiva resurser) när och var de vill. Upprepning har länge ansetts vara en viktig del av inläring och många studenter uppskattar möjligheten att repetera hela eller delar av föreläsningar. Studerande har varierande kunskaper i att lyssna och att anteckna, och enligt en undersökning vid University of Wisconsin svarade 93 % av eleverna att de önskade att få tillgång till en webbsändning av föreläsningen ifall de skulle vara frånvarande från en lektion [2].

Både föreläsningar i klass och på nätet har sina fördelar och den här avhandlingen ställer inte undervisningsformaten mot varandra. Istället försöker avhandlingen sänka tröskeln för materialproduktion för nätet så att inspelningar kunde komplettera klassundervisningen. Under föreläsningar i klass går man igenom material i en viss takt, och alla studerande hinner inte få personlig vägledning. Takten måste optimeras för den maximala mängden nytta, vilket för föreläsaren innebär att hitta en gyllene medelväg². En välutformad kurs har ett upplägg som erbjuder utmaningar såväl för de starkaste som de svagaste studerandena, men tiden som föreläsare och studerande spenderar i klass är förutbestämd och därmed är det svårt att finna tid för enstaka individers behov. På nätet kan studerande däremot gå genom materialet i sin egen takt. I detta diplomarbete strävas efter att ge föreläsaren verktyg för att vid sidan om dataklassundervisningen skapa material för nätet, och därmed kunna erbjuda studerande tillgång till klassundervisningen även på nätet.

På nätet är ett typiskt format för undervisningsmaterial inom IT är en skärminspelning som kombineras med ett ljudspår av föreläsaren där hen går igenom en utvecklingsprocess på skärmen. För att göra materialet mer engagerande integreras ofta också en bild eller video av föreläsaren i materialet (se Figur 1). Av integritetsskäl vill man gärna hålla studerande utanför ljud- och videoinspelningen, något som inte alltid är lätt. Tyngdpunkten i avhandlingen ligger på materialproduktionen, men studerandenas integritet beaktas, och sätt att garantera denna behandlas i diskussionsavsnittet 9.1.

Nätundervisning kan också genomföras utan ljud och bild, till exempel med resurser i textformat. Flerformsundervisning anses ändå vara effektivare än enbart textresurser³. Formatet med en skärmdelning, ljud och bild är inte det lättaste att producera, men formatet används idag på alla marknadsledande inlärningsplattformar på nätet (se avsnitt 2). Till exempel LinkedIn Learning och Coursera har vuxit explosionsartat de senaste åren, vilket vittnar om en efterfrågan på föreläsningmaterial i det här formatet [3]. Även inspelningstekniken som behövs för att producera material fortsätter att utvecklas, vilket möjliggör nya lösningar för materialproduktionen. I kapitel 2 utreds problem som gäller produktionen av material.

² Lärare kan vara av olika åsikter om var medelvägen går beroende på kursens kompetenskrav och lärarens mål för genomströmning.

³ Dessutom skulle simultanproduktion av en föreläsning till en textresurs närmast innebära en utmaning i finlandssvensk tal-till-text, då automatiska tal-till-text lösningar redan bevisats vara både tekniskt och praktiskt genomförbart (Google, 2020).

1.2 Syfte

Syftet med avhandlingen är att producera material av hög kvalitet för nätet vid sidan om IT-undervisning i en 40 personers dataklass på yrkeshögskolenivå. Avhandlingen utreder vilken sorts hårdvara och mjukvara samt vilka arbetsmetoder som krävs för att effektivt spela in och lägga upp en föreläsning på nätet. Problematik med materialproduktionen löses. Målet med avhandlingen är att framställa en fungerande arbetsmetod med vilken en ensam föreläsare ska kunna producera inlärningsmaterial för nätet vid sidan om sin undervisning.

Avhandlingen strävar efter att produkter och lösningar som väljs ska uppnå kvalitetskraven av plattformarna där materialet publiceras. Materialet som produceras ska vara jämförbart med annat undervisningsmaterial på nätet. För att slutprodukten ska uppnå sitt syfte är det är värt att notera, att den inte behöver vara konfigurerbar eller ens användbar av lekmän. Ett funktionellt mål för avhandlingen är att lösningen ska kunna användas av en enstaka föreläsare, och därför föredras användarvänlighet vid val av produkter och tillvägagångssätt. Avhandlingen strävar ändå till att göra det möjligt för föreläsare med hjälp av teknisk personal att ta i bruk lösningen och beskriver därför i detalj vilka praktiska och tekniska förberedelser som krävs för att påbörja materialproduktionen.

Frågor som avhandlingen ämnar svara på är:

- På vilket sätt kan en ensam föreläsare simultanproducera inlärningsmaterial för nätet vid sidan om undervisningen, som uppnår moderna kvalitetskrav?
- På vilket sätt kan en ensam föreläsare erbjuda högkvalitativ distansundervisning på nätet vid sidan om undervisningen?
- Hurdana resurser krävs för att uppnå den tekniska kvalitetsnivån som nätbaserade plattformar i dagens läge har?
- Är det producerade materialet innehållsmässigt av tillräckligt hög kvalitet för att vara värdefullt för studerande? På vilket sätt kan det inspelade materialet göras mer värdefullt?

1.3 Metod

För att skapa en realistisk referensram över hurudant undervisningsmaterial som finns på nätet idag undersöks populära inlärningsplattformar på nätet. I avhandlingen presenteras sätt att producera den här typen av material, och problematiken med att föreläsaren ska klara av produktionen ensam behandlas.

Sätten som materialet ska produceras på ställer krav på den tekniska utrustningen. För att kunna avgränsa utbudet av produkter på marknaden till sådana som kan användas för materialproduktionen görs en teknisk marknadsanalys. Den tekniska marknadsanalysen kartlägger vilka produkter, både hårdvara och mjukvara, som är tillgängliga på marknaden och för vilka syften det ska användas. I avhandlingen sökes produkter som fyller de tekniska kraven som framkommit i kapitlet för materialproduktion, och som dessutom ekonomiskt ligger innanför gränserna för vad en lektor kan tänkas finna finansiering för. Baserat på produkterna planeras två helheter som lämpar sig för att spela in material vid sidan om undervisningen. I avhandlingen motiveras valen av hårdvara och mjukvara, och även de

tekniska begränsningarna för de valda produkterna granskas innan föreläsningarna spelas in.

Undervisningen av tio kurser direktsänds och spelas in för att erbjuda studerande distansundervisning och möjlighet till repetition. Muntlig, men även skriftlig feedback samlas in från studerande som del av kursfeedbacken. Resultaten av inspelningsprocessen presenteras och problematiken delas upp i funktionella, praktiska och tekniska begränsningar. I avhandlingen behandlas begränsningarna och förbättringsförslag formuleras. Avhandlingen strävar till att förbättra kvaliteten av det producerade materialet med hjälp av att vidareutveckla delar av inspelningsmetodiken.

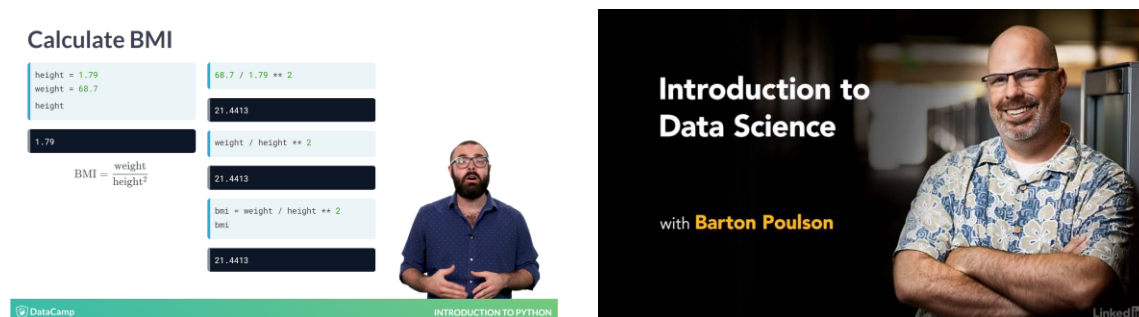
Utvecklingsprocessen strävar till att förbättra både materialets kvalitet och inspelningsmetodens användbarhet. Lösningar som sänker kraven på föreläsarens tekniska kunskaper samt tiden som går åt till att förbereda en föreläsning sökes. Förbättringsförslag utformas och presenteras i detalj. I avhandlingen diskuteras genomförandet av arbetet och problem som framkom. Slutligen föreslås områden för fortsatt forskning.

2 Plattformer och teknologi för inläring

Fältet för inläring på nätet har utvecklats snabbt och innefattar idag allt från direkt stöd i undervisning i stil med verktyg som kahoot.com till kurshelheter för tusentals deltagare, så kallade mooc-kurser (eng. Massive Open Online Course). Detta kapitel granskar marknadsledarnas plattformar för inlärningsmaterial på nätet, för att bilda en referensram för hurudant material som erbjuds idag.

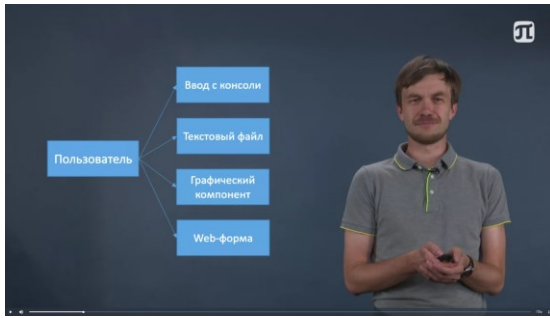
2.1 Udemy, LinkedIn Learning, Coursera

Det vanligaste formatet för undervisningsmaterial inom IT på moderna elektroniska inlärningsplattformar är en skärminspelning som kombineras med ett ljudspår av föreläsaren där hen går igenom en utvecklingsprocess på skärmen. För att göra materialet mer engagerande integreras ofta också en bild eller video av föreläsaren i materialet:



Figur 1 – Datacamp (vänster) använder greenscreen för att visa föreläsaren ovanpå skärminspelningen.

Figur 2 – LinkedIn Learning (höger) presenterar i regel föreläsaren i bild i introduktionsvideon för kursen, och visar sedan endast skärminspelningen.



Figur 3 – På Coursera (vänster) är många kurser uppbyggda runt att föreläsaren talar till tittaren, och grafik är presenterad ovanpå videon

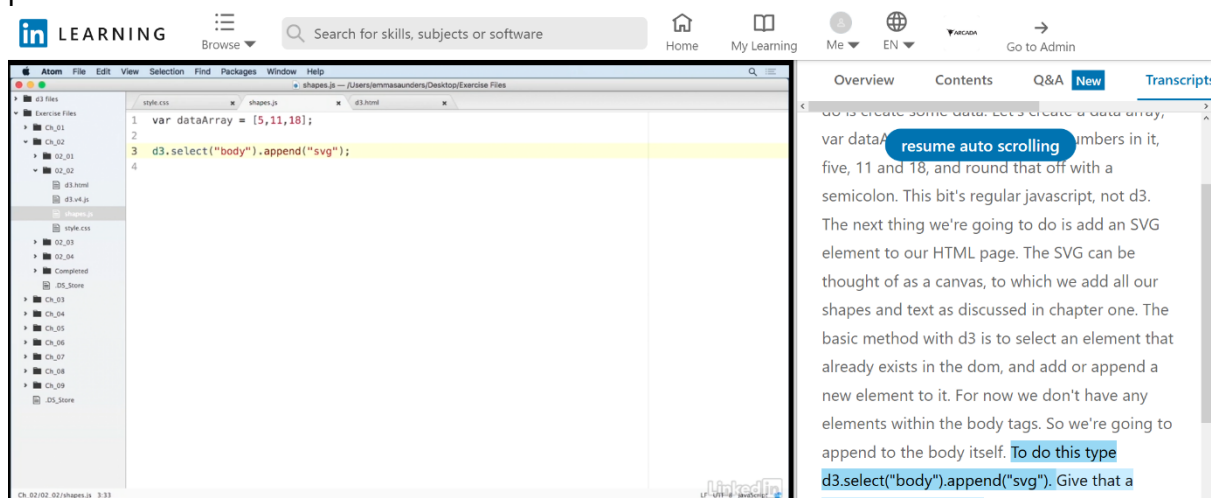


Figur 4 – Udemy (höger) delar ofta upp skärmen för att få plats för grafiken

Kurser som är skapade för inlärningsplattformar på nätet skiljer sig från klassundervisning både i teoriomfång och pedagogiskt upplägg. Ingen av de här plattformarna simultanproducerar sitt material vid sidan om klassundervisning, och alla formaten kräver en hel del editeringsarbete innan publicering, både då man använder greenscreen (Figur 1) och då man skapar material som ska presenteras i ett visst format (Figur 4). Det är ändå nödvändigt att granska de nuvarande industriledarnas inlärningsmaterial för att fastställa en referensram för hurudant material som erbjuds idag.

2.2 edX och mooc-kurser

Industriledarna har framställt egna produktionsmetoder för sina plattformar så att materialet som skapas passar formatet som det presenteras i. På LinkedIn Learning transkriberas föreläsarens tal för att kunna uppvisas i ett fönster bredvid videon, där transkriptionen spelas upp i samma takt som talet. På Coursera har presentationsmaterialet skapats med tanke på att det ska placeras ovanpå videon av föreläsaren, men även kursinnehållet är uppdelat i korta, under fem minuters videor, för att användare av plattformen ska ha största möjliga nytta av fönstret till höger om videon, där en spellista av kursens alla delmoment presenteras.



Figur 5 – Transkriptionsfönstret på LinkedIn Learning

Eftersom det inom programmeringsbranschen finns flera aktörer som erbjuder motsvarande kurser, till exempel en nybörjarkurs i Python, så tävlar materialproducenter inte bara med kursinnehåll och lärare, utan även med egenskaperna av själva inlärningsplattformen. På både Courseras och Udemys hemsidor försöker producenterna sälja egenskaper som är specifika för respektive inlärningsplattform. Den ena berättar om hur väl deras mobilapp

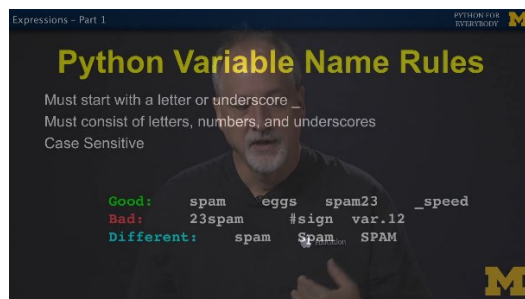
hjälper med inläringen och den andra betonar antalet kvalitetsråd som godkänt certifikaten de delar ut i samband med att man avlägger kurser på deras plattform [4] [5].

EdX är en sajt där internationella toppinstitutioner som bland annat Harvard, Berkeley och MIT erbjuder gratis kurser [6]. Sajten bygger på en gratis mjukvaruplattform med öppen källkod som heter Open edX [7]. Sajten erbjuder storskaliga onlinekurser öppna för allmänheten (mooc), och med kurser skapade av fler än 140 skolor nådde sajten ett deltagarantal kring 18 miljoner i december 2018 [8]. Kursernas upplägg och kvalitet varierar mycket, och det är klart att olika kurser har haft olika mängder resurser att lägga på planering och produktion av sina kurser. För att få en översikt av material som erbjuds på den här plattformen, behandlas följande IT-kurser i korthet:

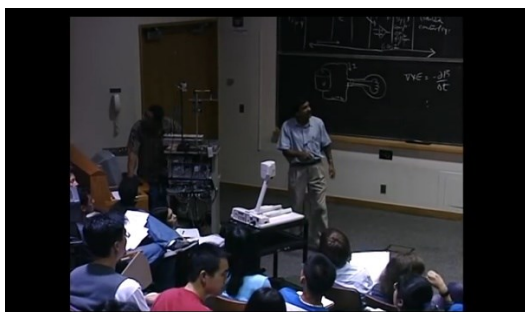
1. CSS Basics, en W3C kurs producerad tillsammans med Microsoft (gick i september 2019)
2. Programming for everybody (Python) producerad av University of Michigan (gick i december 2019)
3. Circuits and electronics 1: producerad av MIT (gick i juni 2019)
4. Embedded Systems – University of Texas (gick i maj 2012)



Figur 6 – (1) CSS Basics, W3C med Microsoft (vänster)



Figur 7 – (2) Programming for everybody, University of Michigan (höger)



Figur 8 – (3) Circuits and electronics 1, MIT (vänster)



Figur 9 – (4) Embedded systems, University of Texas (höger)

Kurserna har valts för att de alla hör till IT-branschen och behandlar programmeringsspråk som även lärs ut på Arcada. Kurserna valdes för att demonstrera variation i kvaliteten av utbudet på edX plattformen. Vissa kurser är professionellt sammanställda av större team och ibland även stödda av kommersiella aktörer, som i fallet med kursen CSS Basics (1). Den här typen av kurser påminner om kurserna på till exempel Coursera, och erbjuder ofta även diverse certifikat som bevis för inläringen, ifall man betalar för att delta. Det finns även

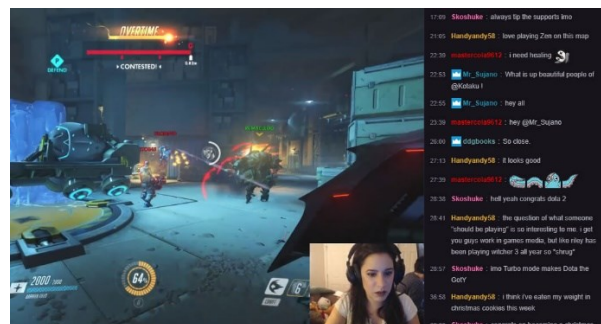
kurser som har skapats huvudsakligen av föreläsarna själva, som kan bestå av mera kreativa samlingar av klassövningar, vloggar och quiz. Embedded systems (4) illustrerad i Figur 9 är en sådan kurs. Något som skiljer kurserna på edX från till exempel kurserna på Coursera är att många kurser innehåller en samling av material från flera föreläsare och föreläsningar, då själva nätplattformen inte begränsar materialproducenterna till ett visst format. Det här syns också i kursernas olika produktionsmetoder. Också inom en kurs hittas ofta material från olika år och av olika kvalitet. Figur 8 är en skärmbild från en MIT kurs från 2019, där man bland materialet hittar en inspelning, som trots att den blivit uppladdad till Youtube år 2012, verkar ha spelats in långt innan det. De ledande kommersiella inlärningsplattformarna producerade i regel inte material vid sidan om föreläsningar, men på plattformen edX hittas ofta både material som har producerats av föreläsarna själva (4) och material som ha spelats in av kursassistenter eller AV-support (3). Den här typen av material är av hög kvalitet och går att producera utan eller med minimal editering. Målet med den här avhandlingen är att producera material som är av motsvarande eller av högre innehållsmässig kvalitet.

2.3 Direktsändning och Twitch

Direktsändning är egentligen ett sätt att distributionssätt, inte en produktionsmetod. För att material ska kunna direktsändas måste produktionsmetoderna ändå anpassas till distributionssättet. En av forskningsfrågorna som ställdes var ifall det är möjligt att erbjuda distansundervisning vid sidan om dataklassundervisning. Om studerande ska kunna ta del av undervisningen till exempel genom att ställa frågor, krävs en direktsändning. Det här gör det relevant att granska metoder som används vid direktsändning av material på nätet. Den största plattformen för direktsändningar av personer som spelar videospel idag är Twitch, där så kallade streamers komponerar material vid sidan om sina spelsessioner. En annan stor plattform för direktsändningar är Youtube [9].



Figur 10 – Twitch simultanproduktion vid sidan om skjutspel [10]



Figur 11 – Twitch deltagarengagemang och feedkomposition [11]

För att erbjuda distansundervisning måste föreläsaren lyckas simultanproducera en direktsändning från dataklassen, vilket innebär ett antal utmaningar för produktionen. För direktsändningar på Twitch används ofta en separat skärm för kompositionen av mediakällor (Figur 10), där video, audio, webbkamera och chatt slås ihop till en helhet som sedan kan direktsändas utan att måsta genomgå traditionella processer i materialproduktion som till exempel klipp och editering.

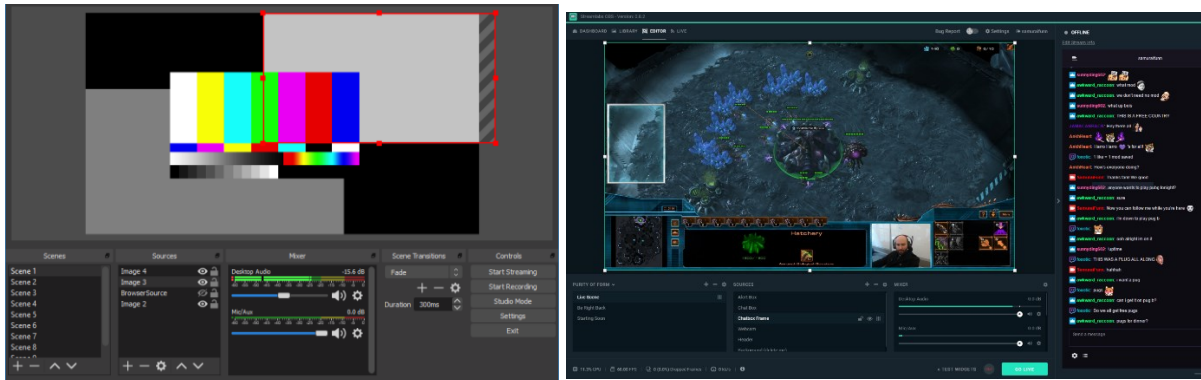
Även om både Youtube [12] och Twitch [13] erbjuder sina egna mjukvarupaket för komposition av källor, är egenskaperna i verktygen något begränsade jämfört med

konkurrerande mjukvara från tredje parter. Youtubes verktyg "Webbkamera" tillåter till exempel inte föreläsaren att dela sin skärm, vilket utesluter verktyget från att användas i detta arbete. Twitch erbjuder en halvfärdig lösning för direktsändningar "Twitch Studio Beta", där mycket av källhanteringsfunktionalitet som den här avhandlingen behöver har gömts undan, för att göra det så lätt som möjligt att direktsända dataspel. Verktygens begränsningar behandlas närmare i den tekniska jämförelsen av mjukvara i avsnitt 4.2.2 Streamingplattformar (Youtube och Twitch). Värt att nämna är ändå att båda verktygen, trots att de inte riktigt lämpar sig för avhandlingens syfte, är imponerande. Verktygen har vissa fördelar framför tredjepartsmjukvaran OBS (Open Broadcaster Software), som i detta arbete används som det huvudsakliga verktyget för materialkomposition. Av den här orsaken diskuteras egenskaperna och användningsmöjligheterna av Twitch Studio Beta och Youtube Webbkamera också i avsnitt 7.7 Twitch Studio Beta och Youtube Webbkamera.

2.4 Komponering av mediakällor

För att komponera materialet för en direktsändning krävs mjukvara för att kombinera ljud och bild av föreläsaren med skärmdelningen. Twitch och Youtube har varsin hjälpartikel med en lista på rekommenderade verktyg för direktsändning [14] [15]. Efter plattformarnas egna verktyg Youtube Studio Webbkamera och Twitch Studio Beta listar båda Open Broadcaster Software (OBS) och inom topp 5 finns även Streamlabs OBS och Nvidia ShadowPlay. För att kunna göra ett utbildat val av mjukvara för distansundervisning och inspelning, är det relevant att gå igenom skillnaderna mellan programmen. Youtube Studio Webbkamera är högst rekommenderat på Youtubes lista på mjukvara för direktsändningar. Youtube Studio Webbkamera ett nätgränssnitt som inte tillåter skärmdelning och därför används verktyget inte i avhandlingen. Twitch listar Twitch Studio Beta överst på sin lista av rekommenderad mjukvara för direktsändning till Twitch. Twitch Studio Beta publicerades för allmänheten den tolfte november 2019 och fanns därmed inte under tiden för inspelningarna [16]. En närmare genomgång av egenskaperna i både Youtube Studio Webbkamera och Twitch Studio Beta finns i avsnitt 7.7.

Verktygen OBS, Streamlabs OBS, Nvidia ShadowPlay och Twitch Studio Beta bygger på samma grundtanke och fungerar som en kontrollpanel för direktsändningen. I mjukvaran kan man lägga till flera video- och ljudkällor till en komposition som kallas för en scen. OBS tillåter flera scener, och med hjälp av tangentkombinationer (hotkeys) kan man växla mellan scenerna och aktivera animationer. Streamlabs OBS är ett gratisprogram med öppen källkod skapat för att utöka egenskaperna i OBS och göra användargränssnittet mera användarvänligt [17]. Nvidia ShadowPlay utnyttjar grafikkortet för att kombinera och komprimera video till en H.264-videoström lämpad för direktsändningar. Den här mjukvaran är ett lämpligt alternativ för strömning av material med hög resolution från datorer med begränsad effekt, förutsatt att datorn har ett externt grafikkort med stöd för Nvidias teknologier [18].



Figur 12 – OBS programvaran, källor och scener (vänster)

Figur 13 – Streamlabs OBS, källor och scener

Det som Streamlabs och OBS har gemensamt, men som saknas i ShadowPlay är en mer avancerad komponering av källor och scenövergångar, vilket syns i Figur 12 och Figur 13 som tre paneler under förhandsgranskningen av skärminspelningen. Den här typen av scenkomponering är essentiell även i den här avhandlingen för att kunna erbjuda fungerande flerformsundervisning över nätet. Resurser i klassen är idag huvudsakligen digitala vilket innebär att många föreläsare klarar sig utan en fysisk tavla. Vare sig resurserna som används i undervisningen är grafik i en presentation eller webbsidor med text, så ska skärmdelningen kombineras med en bild av föreläsaren, för att vara engagerande för deltagare på distans (se Figur 15). Utöver det här kräver vissa delar av undervisningen mer avancerade scenväxlingar. Om man till exempel visar en videoresurs i helskärm ska man kunna gömma föreläsarens kamera för att inte blockera en del av videon. Man ska också kunna svärta bilden och tysta ljudet av direktsändningen för att till exempel kolla upp ett vitsord för en studerande utan att blotta det för alla distansdeltagare. Den här funktionaliteten är också viktig för att undvika problem med copyright då man laddar upp föreläsningen på till exempel Youtube. Hur många scener som behövs och vad de kan användas för diskuteras mer ingående i avsnitt 7.3.

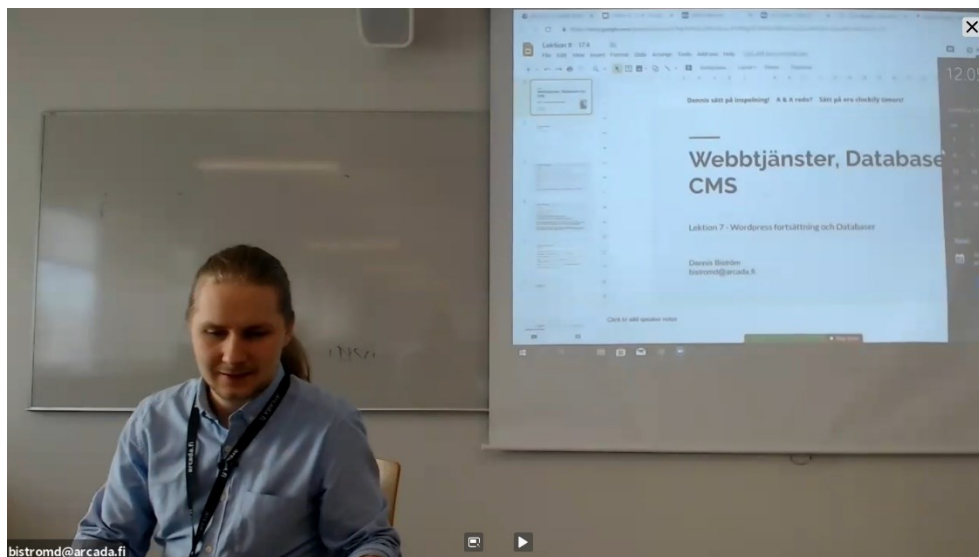
Eftersom ShadowPlay saknar egenskaper som Streamlabs och OBS har, och eftersom Streamlabs trots tilläggsfunktionalitet och lättare användargränssnitt är proprietär mjukvara som ägs av Logitech [19], används endast kompositionsprogrammet OBS vid testning av olika hårdvara- och uppladdningsplattformar. Efter att hårdvara har testats, jämförts och valts, utvärderas även värdet av eventuell tilläggsfunktionalitet för OBS. Flera avsnitt under kapitel 6.3 handlar om hur funktionaliteten för OBS kan förbättras för att stöda diplomarbetets syfte.

3 Materialproduktion

I tidigare kapitel presenterades olika typer av undervisningsmaterial på inlärningsplattformar på nätet, och sätt att erbjuda distansundervisning med direktsändning av föreläsningar utreddes. För att komponera en direktsändning med skärminspelning samt ljud och bild av föreläsaren krävs lämplig hårdvara och mjukvara. Det här kapitlet behandlar problemen med att inte ha tillgång till ett produktionsteam för att styra kameror och mixa ljudet och utreder möjligheter för att avskaffa behovet av ett sådant. I detta diplomarbete koncentreras det på produktionsmetoder som är genomförbara i en dataklass för att fastställa hur material det går att producera vid sidan om undervisningen.

3.1 Komposition

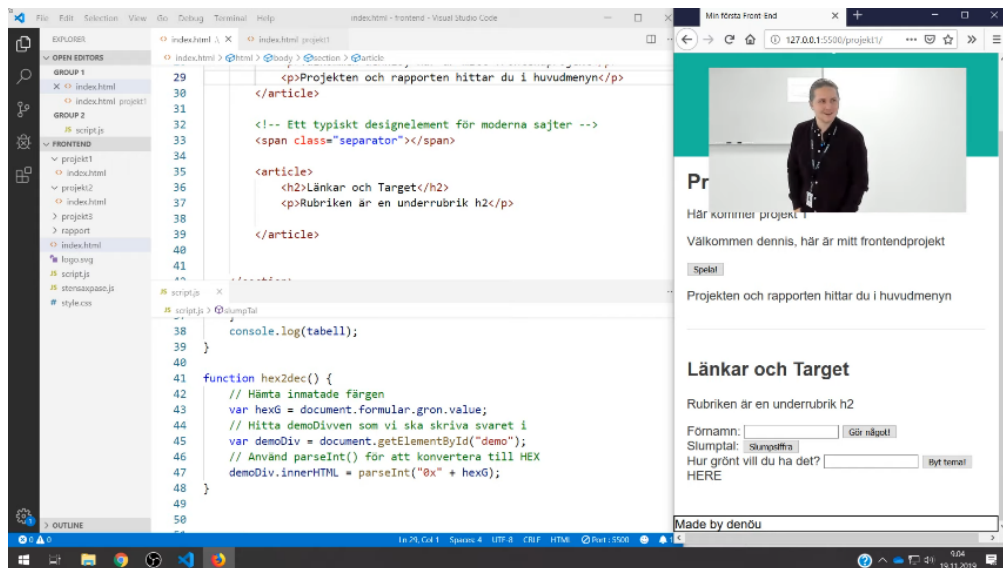
I tidigare kapitel har föreläsaren kombinerats eller integrerats i presentationsmaterialet på flera sätt som är svåra att verkställa i klassrummet. Datacamp (Figur 1) använde sig till exempel av en greenscreen för att skilja på föreläsaren och bakgrunden, för att sedan klistra in föreläsaren ovanpå presentationen. På Udeemy och Coursera hade föreläsarna skapat presentationsmaterialet specifikt för att presenteras bredvid respektive ovanpå inspelningen av föreläsaren. På eduX fanns däremot material som varken ställde specialkrav på presentationsmaterialet eller krävde hela produktionsteam vid inspelning. För vissa kurser hade man helt enkelt spelat in hela klassrummet med föreläsaren och tavlan i bild, en metod som lämpar sig bra för direktsändning. Utan någon som styr kameran måste man ändå försöka fånga både föreläsare och projektor på bild, något som är möjligt med en fastmonterad kamera med vidvinkelperspektiv. Det är ändå svårt att skapa en bra bild av både föreläsare och text projicerad på en vägg, delvis på grund av de stora ljusskillnaderna men också på grund av att det är svårt att skapa en bra komposition (illustrerat i Figur 14). I en del kurser på edX användes enkla scenbyten för att växla mellan föreläsare och presentation. Scenväxlingar är mera avancerade men också genomförbara i direktsändningar. Scenväxlingsmöjligheterna beror på mjukvaran som används för direktsändning, och behandlas därför separat för varje mjukvara.



Figur 14 – Ett försök på att fånga både föreläsare och tavla i bild på en statiskt monterad kamera. Det är svårt att se vad det står på skärmen och föreläsaren har ett mycket begränsat område var han får röra sig.

Det populäraste formatet som används på Twitch när man direktsänder dataspel är en komposition där man presenterar en mindre bild av spelaren ovanpå skärmdelningen, något som även kallas för presentation av bild i bild. Formatet är inte problemfritt, bilden på föreläsaren täcker delar av presentationen ifall det i materialet som presenteras inte finns plats för den (även synligt i Figur 15). Ett annat problem är att föreläsaren i detta format tar upp en väldigt liten del av skärmen. För att föreläsaren ska fylla den lilla rutan, måste föreläsaren stå nära kameran, vilket i sin tur begränsar området där hen kan röra sig inom.

Båda problemen tas i beaktande i avhandlingen, och båda problemen löses delvis i avsnitten 7.3 och 7.5.



Figur 15 – Skärmbild från årets Front-end kurs med föreläsaren som bild i bild

3.2 Kameraarbete

En av avhandlingens forskningsfrågor gäller kvaliteten av det producerade materialet. Om föreläsaren ska synas tydligt (Figur 15) måste en lösning framställas för att spela in video. För att materialet ska kunna produceras av en enskild föreläsare måste behovet av en kameraperson minskas, och helst avskaffas. Avhandlingens målsättning är att kameran ska följa med föreläsaren automatiskt, men det här är både en praktisk och en teknisk utmaning.

Under kapitlet för den tekniska marknadsanalysen behandlas hårdvara och mjukvara som minskar behovet av en kameraperson, medan det här stycket behandlar problematiken kring att spela in material utan en kameraperson. En av utmaningarna för personen som hanterar kameran är att lyckas fånga det som är relevant på bild. Beroende på det praktiska upplägget av klassrumssituationen kan det här vara ganska lätt eller näst intill omöjligt, och utmaningen illustreras väl i föreläsningen presenterad i Figur 8, tagen från MIT:s edX kurs, Circuits and Electronics [20]. I inspelningen sveper kameran från ena ändan av föreläsningssalen till andra ändan för att fånga en väldigt rörlig föreläsare, men även för att hinna med föreläsarens laserpekare när den rör sig över projektionen av presentationen. Mellan föreläsningsspassen visar läraren även grafer av signaler på ett oscilloskop, och kameran sveper in för att fånga skärmen på oscilloskopet i närbild. Ett vidvinkelobjektiv kunde kanske ha fångat föreläsaren och den projicerade presentationen på bild, men med en bredare bildvinkel är det svårt att fånga detaljer, och även här skulle en statisk översikt av klassen inte varit engagerande (samma problem som i Figur 14).

Kameror som kan panorera, rotera och förstora, så kallade PTZ kameror (eng. pan, tilt, zoom) kan justeras för att effektivare fånga subjektet på bild (Figur 16). Även det tidigare nämnda problemet med föreläsaren som visas ovan på presentationen och inte fyller hela bilden (Figur 15) kan lösas genom att zooma in så att föreläsaren fyller bilden bättre. PTZ kameror kan också fjärrstyras, och dyrare produkter kommer med mjukvara där man kan

använda rörelseigenkänning för att kunna följa med en föreläsare [21]. En PTZ kamera som automatiskt följer en föreläsare kunde ersätta behovet av någon som styr kameran, men lösningen är långt ifrån gratis eller problemfri. En mer teknisk genomgång av tekniken i PTZ kameror finns i avsnitt 4.1.3. Här är det ändå värt att notera att det trots avancerade script för att hålla föreläsaren mitt i bild, är svårt att automatisera till exempel scenväxlingar. Förutsatt att föreläsningen inte har ett på förhand skrivet manus är det oftast endast föreläsaren själv som vet exakt när en närbild av föreläsaren ska växlas ut till en skärmdelning av presentationen. De här problemen löses delvis med hjälp av scener och tangenkombinationer i avsnitt 7.3.



Figur 16 – Två typer av PTZ kameror med olika teknik och användningssyfte

3.3 Inspelning av ljud

För att kunna simultanproducera högkvalitativt material för nätet krävs en genomgång av ljudtekniska begränsningar och alternativ av hård- och mjukvara. I ett produktionsteam ingår minst en ljudtekniker som har nyckelrollen vid inspelning av ljud. Ljudmixern använder en fältmixer för att lyssna på ljudet som spelas in samt justerar nivåer och väljer utrustning som passar för inspelningssituationen.



Figur 17 – Ljudmixern har en viktig roll i produktionsteamet [22]

I den här avhandlingen sker inspelningen av ljud i ett förutbestämt kontrollerat utrymme, det vill säga ett klassrum, vilket innebär att mycket av förberedelserna för en lyckad inspelning av ljud kan göras på förhand. För att avhandlingens syfte ska uppfyllas behövs endast ljud från en föreläsare spelas in, även om det är fördelaktigt att kunna räkna mikrofonen till gästföreläsare vid behov. Alla ljudkällor är digitala och inspelade på förhand förutom ljudet från föreläsaren. Det här gör det möjligt att endast en gång behöva justera ljudnivåerna innan föreläsningen börjar. Då man står framför klassen och till exempel ska spela upp en video för studerande är det möjligt att implementera övergångar då man växlar mellan ljudkällor. Även då är övergången inställd på förhand och aktiveras i och med scenbyten. Scenbyten behandlas närmare i avsnitt 7.3.

Föreläsaren ska kunna gå runt i klassen och därför krävs en trådlös lösning för att spela in ljud. Även om inspelningslösningen måste överföra ljudet till lärardatorn trådlöst, betyder det här inte att själva mikrofonen behöver vara det. Avhandlingen jämför i avsnitt 4.1 mikrofoner ämnade för de tre följande syften: film- och tv-produktion, direktsända föreställningar (vid produktioner för scen), samt e-sport. Avhandlingen gör även val baserade på de behov en föreläsare i dataklass har i praktiken. Beroende på hur man i praktiken använder mikrofonen kan det vara bättre att använda sig av mikrofoner av en viss modell (kravtmikrofon, headset, snäcka) framför en annan, och de här alternativen utvärderas närmare i samband med planeringen av inspelningsplattformen i avsnitt 5.3. Idag finns det också ett brett utbud av teknologier för överföringen av ljud (BT, RF, WLAN). För att kunna göra ett utbildat val av inspelningsutrustning behandlas deras begränsningar närmare i avsnitt 5.5.1. Beroende på var man publicerar det inspelade materialet ställs olika krav på ljudkvaliteten (Twitch & Youtube för direktsändning, MS Stream & Zoom för videokonferens). Vissa produkter kan fungera bättre också beroende på var materialet publiceras. De tekniska begränsningarna för ljudkvaliteten på olika publiceringsplattformar utvärderas i avsnitt 4.2

4 Teknisk marknadsanalys

Detta kapitel presenterar hårdvara och mjukvara som är lämpliga för syftet, och en sällning baserat på funktionella, tekniska och praktiska krav i enlighet med syftet utförs. Poängen med sällningen är att alternativen som kvarstår ska vara lämpliga för att användas vid sidan om undervisning för distansundervisning och inspelning av dataklassundervisning på YH-nivå. För att material ska kunna simultanproduceras måste verktygen kunna användas av en ensam föreläsare. Lösningar som kräver en kameraperson eller en ljudmixer godkänns därmed inte. Lösningar som kräver en engångskonfiguration eller mindre förberedelser innan användning godtas, men vid valet av teknik prioriteras lösningar som är tidseffektiva för föreläsaren.

Material som produceras ska passa för plattformen som det publiceras på. Plattformarna för undervisningsmaterial på nätet erbjuder till exempel videomaterial i full HD resolution (1920x1080), och en kamera som spelar in material i 4k är därmed opassande. För att det uppladdade materialet ska lämpa sig för distribution på nätet över förbindelser med lägre bandbredd används kompressionsalgoritmer för att minska på storleken (och kvaliteten) av video och audio. Beroende på valet av kamera, mikrofon och inspelningsmjukvara ställs

också krav på hårdvaran och mjukvaran som används vid inspelningen, till exempel scenväxlingar eller övergångar kan vara tunga att köra på en lärardator eller laptop (#citation needed).

En direktsändning av en föreläsning handlar om envägskommunikation medan webbkonferenser kräver tvåvägskommunikation. Tvåvägskommunikation ställer annorlunda tekniska krav på hårdvara och mjukvara, bland annat då det gäller latens. Detta är viktigt att komma ihåg när man ställer hårdvaru- och mjukvaruprodukter mot varandra. En kvalitativ jämförelse görs i kapitel 5 och efter att resultaten mätts mot avhandlingens funktionella mål tar avhandlingen ställning till värdet av envägs- och tvåvägskommunikation.

4.1 Hårdvara

Inspelningsutrustning designas och säljs för tre kundgrupper: konsumenter, prosumenter [23] och producenter [24]. Produkterna kan även delas in enligt sina användningsområden: konsumentbruk, till exempel för att spela in hemmavideo, bruk och produktion av semiprofessionellt material, till exempel strömning av spel, samt professionellt bruk, till exempel produktion av föreställningar eller direktsändningar. Produktsegmenten går givetvis även in i varandra. Detta avsnitt jämför tillgänglig hårdvara för att se vilka tekniska egenskaper som finns och vilka som behövs för materialproduktionen.

4.1.1 Produkter för film och tv

Produkter för film- och tv-produktion ska uppfylla hårda kvalitetskrav. Vare sig det är direktsänd tv, reklamer eller långfilmsproduktioner ska det producerade materialet kunna visas på biodukar, jumbotrons eller hifi-hemmabiografer. Utrustningen för film- och tv-branschen måste vara pålitlig eftersom inspelningar kräver hela produktionsteam. Trots att man vid inspelningar som inte är direktsända kan ta en extra tagning ifall tekniken strejkar innebär avbrott bland annat höga personalkostnader. Kvalitets- och pålitlighetskraven påverkar prisen av den här typen av utrustning, vilket i sin tur påverkar valmöjligheterna från det här produktsegmentet.



Figur 18 – Sennheiser EW112P G4 ca 400€ (till vänster) spelar in ljud med kvalitet långt över nätplattformarnas begränsningar [25]

Figur 19 – Canons XF400 UHD ca 2000€ (till höger) spelar in 4k 60fps video, vilket ingen inlärningsplattform stöder [26]

Mikrofonerna i Figur 18 lämpar sig väl för inspelning av föreläsningar, och motsvarande produkter är vanliga i större föreläsningssalar eller auditorium med fastinstallerad inspelningsutrustning. Även Canon XF400 kameran (Figur 19) är kompakt och billig i jämförelse med dagens studioutrustning ämnad för tv-sändning. Båda spelar in material som

är långt över inlärningsplattformernas kvalitetskrav, och även produkternas prisklass kräver en måttlig investeringsbudget jämfört med andra alternativ på marknaden.

I avhandlingen undersöks möjligheter för direktsändning men också inspelning. Film- och tv-produktioner spelas in i högre kvalitet än vad som stöds av dagens publiceringsplattformar. Nedan ses strömningsraterna för BluRay och digital film för bio jämfört med strömningsrater på Youtube och Twitch [27]:

Medium	Lagringsmedia	Bitstream
Digital film på bio	1 TB HDD för en ca 2h film	1200 mbps
BluRay	50 GB BD för en ca 2h film	60 mbps
YouTube/Twitch	1 GB .mp4 för en ca 2h film	1,2 mbps (VBR max 6Mbps)
YouTube/Twitch	0,5 GB .mp4 ca 2h föreläsning	0,6 kbps (VBR max 6Mbps)

Tabell 1 – Filstorlekar och strömningsrater för olika format

Film- och tv-branschen involverar stora produktionsteam globalt, och i produktionsteamerna finns utbildade experter på video och ljud. Produkterna är mångsidiga och avancerade för att kunna användas i diverse inspelningssituationer, och som följd kräver utrustning i det här produktsegmentet ofta sakkunskap för att kunna användas. Trådlösa mikrofoner för film- och tv-branschen är ett bra exempel på det här. En orsak till att Sennheiser-mikrofonen i Figur 18 är så dyr är att den stöder flera typer av mikrofoner och mottagare. En "osynlig" teatermikrofon avbildad i Figur 20 kan till exempel kopplas till Sennheisern. Även ljudmixern avbildad i Figur 20 kan ta emot ljud från upp till 12 mikrofoner samtidigt, något som är praktiskt för scenproduktioner men onödigt vid inspelning av dataklassundervisning. Diplomarbetet strävar till att göra det så lätt som möjligt (utan större kompromisser i kvalitet eller funktionalitet) för föreläsaren att producera materialet, och många produkter från film- och tv-segmentet erbjuder funktioner och egenskaper som föreläsare i dataklassmiljö inte behöver.



Figur 20 – Samson Concert 88 headset (till vänster) spelar in ljud från upp till 12 trådlösa headset [28]

Figur 21 – Røde NTG4+ mikrofonen behöver separat ström och är omöjlig att montera för en lekman [29]

För att spela in en föreläsare krävs endast en ljudkanal. Föreläsaren utför inte akrobatik och utsätts inte för specialförhållanden som till exempel hård vind. Eftersom det är ovanligt att flera föreläsare talar samtidigt, kan man genom att ge mikrofonen till den som har ordet klara sig med endast en mikrofon. Separata mikrofoner för gästföreläsare kunde ändå underlätta

inspelningen i praktiken, då kravattmikrofoner inte är helt lätta att flytta fram och tillbaka mellan talare (synlig i Figur 18, kallas också lavalier eller endast lav).

Många direktsända produktioner behöver en separat kameraperson, ofta även en ljudmixer. Eftersom bild och ljud inte kommer att kunna redigeras efter att de spelats in, måste kamerans inställningar mer eller mindre kontinuerligt justeras för att producera material med rätt ljusstyrka och färgbalans. Likaså behöver ljudet justeras till lämpliga nivåer vid byte mellan ljudkällor och mikrofoner. Ett alternativ är att välja utrustning som har inbyggd automatik för justering av bland annat vitbalans och ljudnivåer. Utrustning i den här produktklassen saknar ofta helautomatiska inspelningslägen eftersom de är menade att användas av ett inspelningsteam. Sammanfattningsvis finns det mycket bra utrustning i produktsegmentet, men det är svårt att hitta produkter som är lämpar sig för den här avhandlingens syfte.

4.1.2 Konsumentprodukter

Produkter som är ämnade för konsumenter, till exempel hemmavideo och e-sport, ligger närmare inlärningsplattformarnas kvalitetskrav. Trots att det inte är den mest praktiska lösningen kunde till exempel trådlösa hörlurar med inbyggda mikrofoner fungera för att spela in ljudet från föreläsare i dataklass. Produkter i det här segmentet är billigare och kräver mindre teknisk kunskap jämfört med professionell utrustning.

Det finns ett stort utbud av produkter som marknadsförs som lämpliga för e-sport. Prisen och produkternas egenskaper skiljer sig mycket från varandra. Latens är en viktig egenskap för produkter lämpade för e-sport, och prisnivån är konkurrenskraftig i jämförelse med proffsutrustning för film- och tv-branschen. De billigaste mikrofonerna och webbkamerorna kan införskaffas för några tiar men specifikationerna når inte upp till kvalitetskraven för produktion av inlärningsmaterial för nätet. Produktsegmentet är ändå väldigt brett och dyrare produkter i det här segmentet har tekniska egenskaper som närmar sig de i professionell utrustning.



Figur 22 – Sennheiser GSP 670, 339€ (till vänster) tar upp ljud inom frekvenserna 10–7300 Hz, något av de bredaste upptagningsområden bland mikrofoner ämnade för gaming [30].

Figur 23 – Audeze Mobius, 399€ (till höger) lovar hög kvalitet på ljudet med LDAC, trots att det inte stöds av Windows (avsnitt 4.1.2.1). Kanske ifall man spelar PUBG på mobilen? [31].

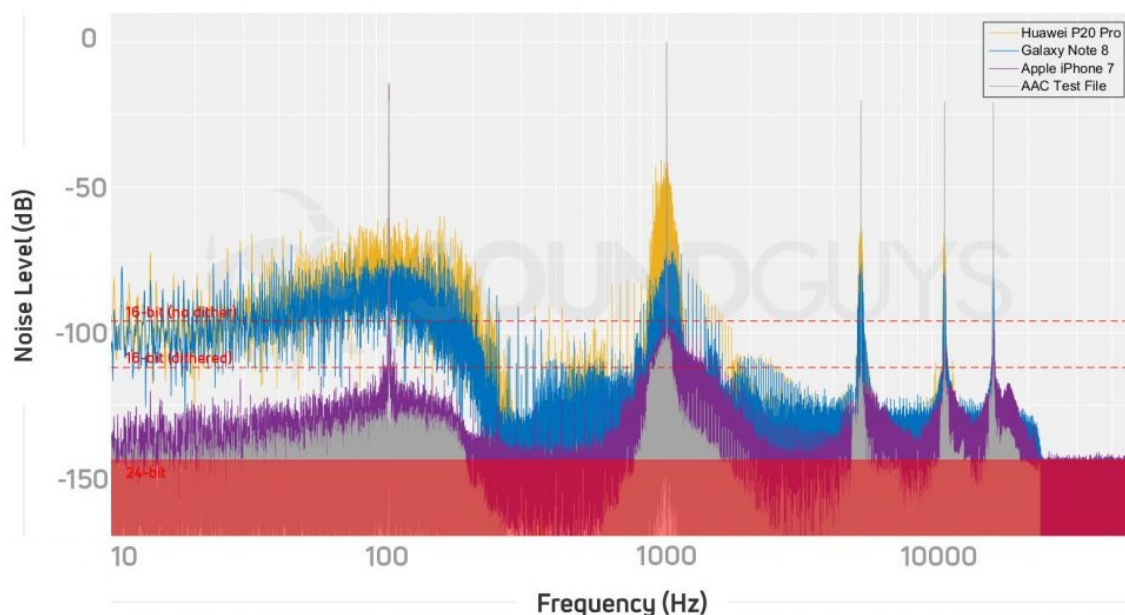
En föreläsare behöver en trådlös mikrofon, inte trådlösa hörlurar som täcker öronen. Flera e-sport produkter uppfyller avhandlingens tekniska krav, så det är nödvändigt att granska utbudet.

Sennheiser GSP 670 har 20 timmars batteritid, och mikrofonen stängs av när man lyfter upp den i lodrät riktning. Ett batteri som räcker hela arbetsdagen och snabb avstängning av mikrofonen är värdefulla egenskaper när man spelar in undervisning i dataklass. Produkten är en av de dyraste produkterna i sin kategori på Verkkokauppa, och fångar upp ljud endast inom frekvensområdet 10–7300 Hz. Jämförelsevis fångar en populär kravattmikrofon som till exempel Røde Lavalier Go-mikrofonen (79 €) ljud över hela hörselområdet 20–20000 Hz [32]. Trots att frekvensområdet är mycket smalare än vad människan klarar av att uppfatta räcker upptagningsområdet till för att spela in tal, där de högsta frekvenserna hittas vid upp till 5000 Hz i th-, f- och s-fonemen [33].

I specifikationerna för Audeze Mobius-hörlurarna listas kodeken⁴ för högkvalitativ ljudåtergivning LDAC som en egenskap, och tekniken möjliggör överföringshastigheter nära de som finns i proffsutrustning (990 kbps). LDAC-tekniken möjliggör överföring av ljudspår med hög kvalitet, men idag stöds det endast av enstaka flaggskeppstelefoner [34]. Majoriteten av produkterna ämnade för e-sport är inte optimala för avhandlingens syfte, men bland de dyrare produkterna finns potential. En undersökning om Bluetooth som trådlös överföringsteknik krävs därmed för att utreda användningsmöjligheterna av produkter från detta marknadssegment.

4.1.2.1 Om Bluetooth

För att föreläsaren ska kunna gå runt i klassen krävs en trådlös lösning för att spela in ljud. Trådlösa produkter för konsumenter som till exempel hörlurar med eller utan mikrofoner använder huvudsakligen Bluetooth teknik. Enligt Christian Thomas har alla Bluetooth kodek i användning idag mätbara problem i ljudkvalitet, men kvaliteten varierar beroende på hur sändare och mottagare väljer sin gemensamma kodek för överföringen av ljud [35].



⁴ enhet eller dataprogram som komprimerar och/eller avkomprimerar data [150].

Figur 24 – Brus i AAC beroende på sändande enhet. Röda området illustrerar vad människan kan uppfatta [35].

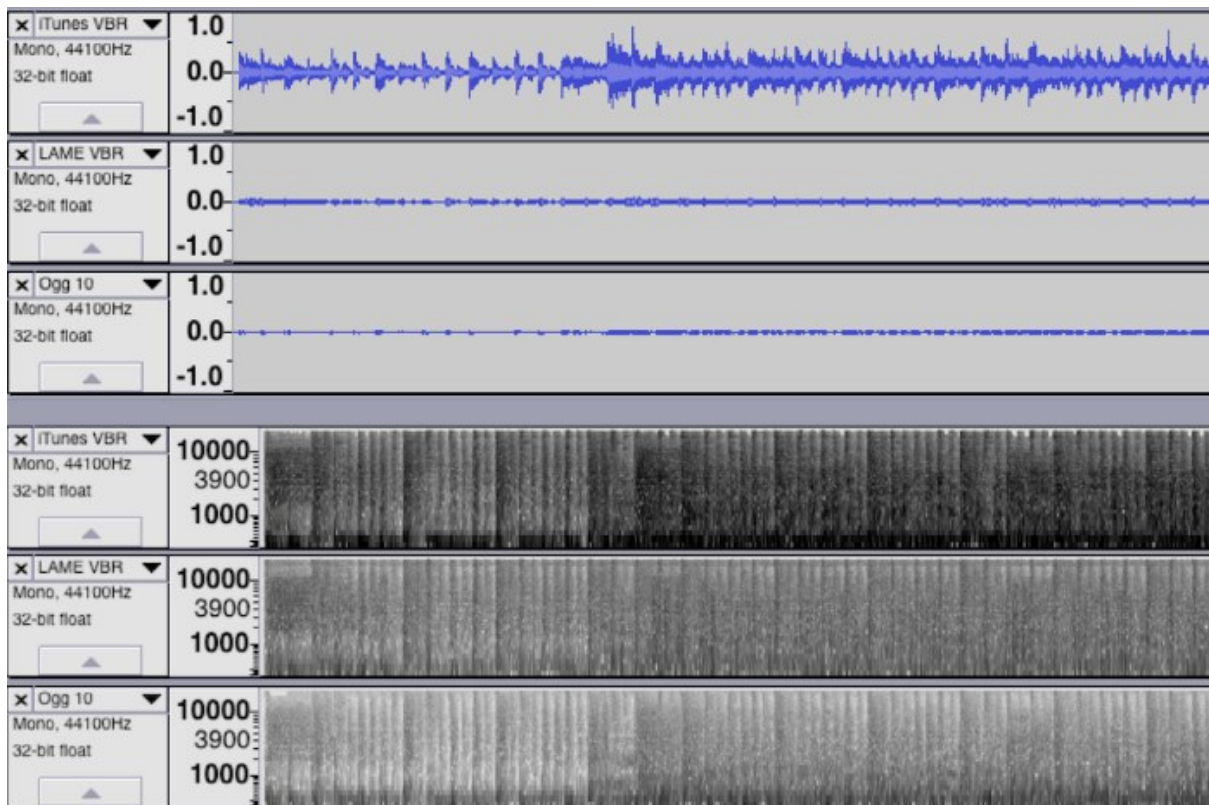
Trots mätbara problem i ljudkvaliteten finns det kodek vars kvalitet kan räcka till för att spela in tal. För att uppnå CD-ljudkvalitet⁵ behövs en överföringshastighet av 1411 kbps⁶ [36]. Genom att använda förlustfri kompression kan man sänka kravet på överföringshastigheten, utan att minska på kvaliteten. Genom att komprimera ett ljudstycke med till exempel FLAC kodeket minskar filstorleken av stycket med ungefär 40 % [37]. Ett ljudstycke med mindre filstorlek men samma uppspelningshastighet innebär lägre överföringshastigheter. För att trådlöst kunna spela upp ljud av CD-kvalitet komprimerat med FLAC krävs överföringshastigheter runt 720–840 kbps.

Sonys LDAC-kodek (tidigare nämnt i Figur 23) stöder överföringshastigheter upp till 990 kbps med en ljudresolution på 24 bitars djup. Det här möjliggör överföring av ljud av CD-kvalitet utan kompression. Endast ett fåtal Sony enheter stöder LDAC-kodeken [38], och Windows har tills vidare inte stöd för LDAC [39].

Destruktiva komprimeringsmetoder (eng. lossless) strävar till att ytterligare minska på filstorleken genom att kasta bort en del av ljuddata. Tanken är att bli av med ljuddata som människans öra har svårt att uppfatta, och därmed uppnå samma upplevda ljudkvalitet trots att man tekniskt sett har tagit bort delar av informationen. Ifall man godkänner destruktiva komprimeringsmetoder (och därmed ljudkvaliteter under CD-kvalitet) kan man ytterligare minska på kravet för överföringshastigheten. Bluetooth tekniken AptX HD har en överföringshastighet upp till 576 kbps med en ljudresolution på 24 bitar. Genom att komprimera ett ljudstycke med Vorbis kodeket vi kan nå med de minsta möjliga uppfattade förlusterna i ljudkvalitet [40]. Man kan ställa in hur mycket ett stycke ska komprimeras, och med att välja Vorbis kodekets högsta kvalitetsinställning (genom att använda -q10 som parameter) kan man skapa ljudspår med nominella överföringshastigheter kring 500 kbps för 44.1 kHz stereoljud. I figuren nedan jämförs felsignalen (det vill säga den borttagna ljuddata) vid olika kompressionsformat, signalen är förstärkt med 10 db för att förbättra synligheten.

⁵ CD-audio används ofta som jämförelsepunkt när man behandlar ljudkvalitet och kompression.

⁶ 1228,8 kbps för en 1× hembränd CD



Figur 25 – Jämförelse över felsignalen för olika kompressionsmetoder. Vågformen syns i blått, i svartvitt illustreras signalen som spektrogram [40].

Vorbis formatet används bland annat av Spotify och kodeket har stöd på Linux, Android och Windows 10 operativsystemen (Windows 10 sedan oktober 2019 [41]). Apple har valt att endast inkludera stöd via mjukvara från tredje parter [42]. På Verkkokauppa.com säljs många produkter som använder sig av Bluetooth för ljudöverföring. I specifikationerna på produkterna finns ändå ingen information om vilka kodek som produkten stöder, vilket gör det svårt för konsumenter att välja mellan produkterna. För att få reda på vilken teknik en produkt använder måste man förstå sig på tekniska begrepp och ha kunskaper inom datateknik. I Windows 10 finns till exempel inga verktyg för att samla information över vad för typ av audio som överförs med Bluetooth [43]. Enstaka utvecklare har ändå framställt sätt att söka genom loggar för tilläggsinformation [44]. Ifall man vill förhålla sig optimistisk kan man trösta sig med att Windows 8.1 eventuellt fick en uppdatering som förbättrade möjligheterna för Bluetooth diagnostik [45].

Det saknas en gemensam standard för ljudöverföring med Bluetooth, vilket har lett tillverkare till att erbjuda lösningar till djungeln som konsumenten utsätts för. Produkten BluDento BLT-HD är en enhet som konverterar Bluetooth audio till fysiska utgångar i form av S-PDIF, Coax och RCA och lovar aptX HD teknik. Ifall sändaren av Bluetooth ljudet stöder aptX HD kodeket kan överföringshastigheten räcka för att överföra tal (576 kbps 24 bitar) [46].

Ljudkvalitet är subjektivt och man kan anse att bandbredden för de vanligaste Bluetooth överföringsteknikerna SBC och aptX räcker för att överföra tal av tillräcklig kvalitet. SBC och aptX klarar av överföringshastigheter upp till dryga 300 kbps med en ljudresolution på 16 bitars djup. Det här kan räcka till att överföra några av de vanligaste filformaten för ljud, till exempel AAC och MP3 filer med överföringshastigheter upp till 320 kbps. Ifall kvaliteten anses

tillräcklig kunde produkten Avantree Audicast fungera som mottagare på lärardatorn. Produkten är en Bluetooth till USB adapter på lärardatorn och stöder överföringstekniken aptX Low Latency [47]. Bluetooth såväl som andra trådlösa tekniker kräver en stark förbindelse som är fri från störningar för att uppnå sin maximala överföringshastighet.

Både produkten BluDento BLT-HD och Avantree Audicast överför ljud av betydligt sämre kvalitet än utrustningen i film- och tv-branschen. Beroende på var man publicerar det inspelade materialet ställs olika krav på ljudkvaliteten och slutligen är det upp till lyssnarna att avgöra ifall kvaliteten räcker. Båda enheterna kunde därmed fungera för avhandlingens syfte.

4.1.2.2 Headsets

Enheterna som utvärderades i avsnittet ovan fungerar som mottagare, men också mikrofonen måste stöda aptX HD för att tekniken ska kunna användas. AptX HD formatet stöds idag av drygt tio enheter [38] varav endast ett par har en inbyggd mikrofon. Endast en av det här enheterna har publicerat specifikationerna för den inbyggda mikrofonen [48]. Eftersom enheterna både spelar upp och spelar in ljud, måste bandbredden för att överföra ljud med hjälp av aptX HD tekniken delas upp. Enheterna har två mikrofoner och två hörlurar och det är oklart ifall ljudspåret från mikrofonen får tillgång till aptX HDs hela bandbredd i fallet då man inte har ett inkommande ljudspår.⁷



Figur 26 – ATH-DSR5BT och LG HBS-1120, två av de enda enheterna med aptX HD stöd och mikrofon [48] [49].

Bluetooth som trådlös förbindelse är begränsande, även om tekniken har förbättrats så att ljudet inte längre brister när överföringshastigheten går under bandbredden för ljudströmmen⁸. Bluetooth har begränsad räckvidd och bandbredden sjunker som följd av avstånd [50]. Värsta tänkbara tillfället i klassen uppstår då föreläsaren talar i det motsatta hörnet av en större dataklass. Bluetooth tekniken byter till lägre bandbredd när signalstyrkan sjunker. SBC och aptX har sin högsta bandbredd vid 328 kbps, därifrån faller de ner till medelkvalitetsnivån 223 kbps och sedan till sitt lägsta bandbreddsläge vid 201 kbps [51]. För att undersöka när konsumenter uppfattar lägre ljudkvalitet hänvisas till undersökning utförd

⁷ Av erfarenhet kan jag för produkter riktade till konsumenter påstå att egenskaper som inte marknadsförs i regel inte är implementerade, och att det är rimligt att utgå ifrån att mikrofonen troligen inte dynamiskt allokeras bandbredd utan har givits en bråkdel av bandbredden i jämförelse med den som används för produktens huvudsyfte, att lyssna på musik.

⁸ eftersom moderna enheter klarar av att skapa flera ljudströmmar av olika bandbredd samtidigt, kan de växla till en lägre bandbredd utan avbrott

av SoundExpert [52]. SoundExpert låter vem som helst ladda ner och lyssna på ljudklipp av olika kvalitet och skicka in sitt subjektiva vitsord enligt följande riktlinjer för skalan.

- 1.0 – you will hear heavily distorted sound
- 2.0 – you will hear unpleasant sound artifacts
- 3.0 – you will hear distinctly audible but tolerable sound artifacts
- 4.0 – you will hear faintly discernible sound artifacts
- 5.0 – you will not hear any sound artifacts
- above 5.0** – all sound artifacts will be beyond threshold of human perception

Figur 27 – Riktlinjer för skalan som används för att ge vitsord då man utvärderar av ljudkvalitet.

Redan vid bandbredden 223 kbps får ljud överfört med SBC ett subjektivt lyssnarvitsord på 4.65 med en 2 % osäkerhetsfaktor [53], vilket är jämförbart med till exempel lyssnarvitsordet 4.53 för MP3 formatet med bandbredden 128 kbps (Lame 3.98) [54].

4.1.2.3 Mikrofoner

Mikrofonerna som behandlats i avsnittet ovan är headsets med mikrofoner. Bluetooth-tekniken medförde problematik men slutsatsen för produkterna var att vissa kunde fungera för inspelning av ljud i dataklass. I genomgången märks att produkterna är inte skapade för att spela in ljud utan för att användas för e-sport. Mikrofonernas tekniska egenskaper har inte prioriterats, vilket syntes bland annat i bristande specifikationer för de inbyggda mikrofonerna. Inom produktsegmentet för konsumenter finns även en annan typ av utrustning som kan lämpa sig för att spela in ljud i klass. Separata mikrofoner vars målgrupp på basis av produktbilder, prisklass och specifikationer verkar vara ungefär freelance journalister och amatörfilmsproducenter.



Figur 28 – SabineTek SmartMike+ Wireless Lavalier - 140€ [55]

Figur 29 – Professional Lavalier Microphone for iPhone, Camera, PC, Android – 35€ [56]

Produkter i det här segmentet kostar allt från 30–200 € beroende på teknologi och design. Gemensamt för de flesta produkterna i det här segmentet är att specifikationerna är oklara eller bristfälliga och att produkterna marknadsförs med reklamfraser som "High quality microphone" och "Excellent voice recording". En snabb genomgång av utbudet av produkterna och kundernas utvärderingar ger en klar bild av produkternas kvalitet och målgrupp. Utvärderingar av produkterna beskriver inte produkten från en teknisk synvinkel, och vare sig kunderna varit nöjda eller missnöjda med produkten skriver de korta

kommentarer som ofta handlar om hur de känner gällande produkterna som de använt för sin hobby eller inom sin familj. Två av de här billiga trådlösa lösningarna införskaffades och testades i ett tomt klassrum. En RF-baserad kravattmikrofon med en USB mottagare (20 €), och en produkt med en trådlös sändare och mottagare (40 €) som påminner om Røde Wireless Go-mikrofonen illustrerad i Figur 30. USB mottagaren levererade genomgående brus i inspelningen och lades i elektronikåtervinningen. Produkten med den trådlösa sändaren och mottagaren hade ett strömsparläge som aktiverades då föreläsaren inte talade. Det tog en stund för enheten att återuppta ljudinspelningen efter strömsparläget, vilket orsakade att ungefär ett eller två ord föll bort efter att man varit tyst en stund. Produkten var därmed oanvändbar för syftet som den köptes in och donerades till IT-enheten. I produktsegmentet finns även dyrare produkter från kända tillverkare som är värda en närmare genomgång.



Figur 30 – Røde Lavalier GO (vänster), en kravattmikrofon från en känd mikrofontillverkare med tydliga specifikationer – 69€ [57]

Figur 31 – Røde Wireless GO (höger), en liten trådlös kravattmikrofon med inbyggd mikrofon i sändaren – 189€ [58]

Røde är en känd australiensisk tillverkare av proffsmikrofoner [59], och de här mikrofonernas pris och specifikationer passar för vårt syfte. Den trådlösa modellen använder kommunikation i 2,4 GHz området (samma område som används för trådlöst nät och Bluetooth) och lovar 7h batteritid vilket är jämförbart med dyrare trådlösa mikrofoner inom proffsaudio. Sennheiser EW 114 som behandlades tidigare (illustrerad i Figur 18) har en batteritid på 8h med två batterier i AA-storlek [60].

4.1.2.4 Kameror

Bland konsumentprodukterna finns några webbkameror som enligt specifikationerna producerar video av tillräckligt hög kvalitet för att laddas upp på inlärningsplattformarna, Logitech C920/922 och Logitech Brio. Logitech C920 spelar in video med 60 bilder per sekund i HD resolution (1280x720) och Logitech Brio kameran klarar av 60 bilder i sekunder i full HD resolution (1920x1080). Båda kamerorna är populära val för innehållsproducenter på Youtube och Twitch, och Logitech C920 finns till exempel på Twitch hemsida rekommenderad hårdvara för livesändningar [14].



Figur 32 – Logitech C922 (till vänster) klarar av 60 fps för inspelning av naturlig rörelse, men endast vid HD resolution [61].



Figur 33 – Logitech Brio (till höger) klarar 60 fps i FHD resolution. Båda kamerorna går att montera på stativ [62].

När jag studerade till ingenjör (2011–2015) hittades Firewire eller IEEE 1394 interfacen på många bärbara videokameror. Det krävdes specialmjukvara för att använda interfacen och specialkunskap för att få mjukvaran att fungera, men överföring av video fungerade bra med både Firewire 400 och Firewire 800 som stödde video med överföringshastigheter upp till 50 MB/s respektive 400 MB/s [63]. Överföringshastigheterna hos Firewire interfacen är idag jämförbara med USB 3.0 (625 MB/s) och Thunderbolt men portarna finns inte på videokamerorna till salu på till exempel Verkkokauppa.com. Idag har videokamerorna oftast miniHDMI som utgång, och även om det finns miniHDMI till USB 3.0 konverterare är inte de billiga (130 - 400€) eller problemfria då produkterna har strikta systemkrav och stöd för endast vissa resolutioner [64] [65].



Figur 34 – Videokameror kring 300 € [66] och en 130€ HDMI-USB3 länk kunde fungera för vårt syfte [65].

PTZ kameror behandlades i materialproduktionskapitlet som ett bra alternativ för att minska behovet av en kameraperson. PTZ kameror i konsumentproduktsegmentet är huvudsakligen till för övervakning, antingen inomhus eller utomhus. Videokvaliteten av produkterna motsvarar den i dyrare webbkameror och räcker till för direktsändningar i klassrumsmiljö. Produkterna erbjuder inte USB eller HDMI utgångar för att komma åt videoströmmen, utan materialet överförs med WLAN eller Ethernet. Många övervakningskameror som till exempel Xiaomi Mi Home Security Camera i Figur 35 fungerar endast genom en app på Android eller IOS. Enstaka kameror går ändå att använda i Windows och ger användaren direkt åtkomst till videoströmmen, som till exempel Blaupunkt VIO-DP20 i Figur 35. Blaupunkt kameran komprimerar automatiskt videomaterialet för att minska bandbreddskraven för nätet.

Databladet berättar inte vilken kvalitetsinställning som används för H.264 kompressionen, men för strömning och senare uppladdning skulle det vara bättre utan kompression eftersom H.264 kodeket utför destruktiv kompression. Om kvalitetsinställningen vid kompressionen är hög påverkas kvaliteten mindre, men kompression tar tid och innebär en tilläggsfördröjning. Tiden som kompressionen tar kan minimeras med dedikerad hårdvara [67], och fördröjning samt hur avgörande det är vid direktsändningar och inspelningar behandlas i avsnitt 6.3.



Figur 35 - Xiaomi Mi Home Security Camera 360° (vänster) [68] och Blaupunkt VIO-DP20 (höger) [69]

4.1.3 Produkter för konferensbruk och poddar

Avhandlingen granskar den här produktgruppen skilt från konsumentprodukterna på grund av utrustningens prisklass och specialkunskapen som krävs för att använda den. Produkterna är svårare att använda en PTZ övervakningskameror men mindre avancerade än proffsutrustning för film- och tv-produktion. Produkterna möjliggör direktsändning samt videokonferenser och ska installeras i rum för gruppmöten, konferenssal, eller auditorium enligt informationen på tillverkarnas produktsidor [70] [71]. Både Arcada och Åbo Akademi hade PTZ kameror i bruk både i mötesrum och i sina auditorier hösten 2019.

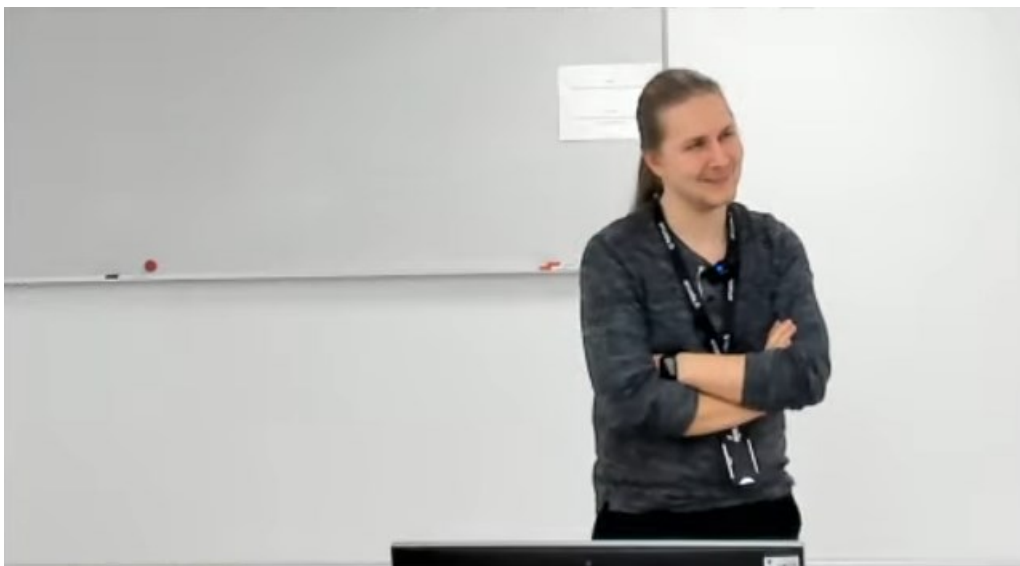


Figur 36 – PTZ kameror för mötes- och konferensbruk från Panasonic (till vänster) – 7100€ [72] och Logitech Group (till höger) – 1100€ [73]

PTZ kameror behöver ställas in för att placera föreläsaren i bild. Logitech kameran kommer med en fjärrkontroll som även mindre tekniskt insatta ska kunna använda. Kamerautrustningen är betydligt dyrare än till exempel webbkameror och portabla videokameror, men har till exempel stora linser och mångfaldig optisk zoom vilket gör dem bättre lämpade för fast installation i större utrymmen. Arcada har en Panasonic AW-HE100 kamera (Figur 36) som fastinstallerats i en föreläsningssal för direktsändningar. Avhandlingen kan därmed erbjuda en jämförelse av bildkvalitet mellan Panasonic AW-HE100 och Logitech Brio kamerorna. Eftersom Brio kameran har ett vidvinkelobjektiv och AW-HE100 kameran är fastinstallerad, producerar de väldigt olika typer av bild och en direkt jämförelse är inte möjlig. Jämförelsen illustrerar kamerornas ljuskänslighet och färghantering i en undervisningssituation, inte till exempel resolution eller användbarhet. Båda skärmbilderna är tagna från en föreläsning som laddats upp på Youtube (1080p 30 fps) där föreläsaren delat skärmen i fullskärm och haft en 640x350 pixlar stor bild-i-bild delning av kameran i enlighet med materialkompositionen som föreslagits i avsnitt 3.1.



Figur 37 – Skärmbild av en direktsänd föreläsning inspelad med Panasonic AW-HE100 kameran [74].



Figur 38 – Skärmbild tagen från en direktsänd föreläsning med Logitech Brio webbkameran [75].

I och med genomförandet av arbetet testades Logitech PTZ Pro kameran (kameran i produkten Logitech Group) och Panasonic AW-HE100 kameran i tomma klassrum. Båda kamerorna kräver lite förberedelse av föreläsaren för att ställa in bilden för direktsändning. Kamerorna följer inte automatiskt föreläsaren. Logitech kameran kommer med en fjärrkontroll som är det enda sättet att komma åt PTZ funktionaliteten. Panasonic AW-HE100 kameran erbjuder styrning via RS-422A vilket kräver tilläggs elektronik och avancerad kunskap om kommunikationsprotokoll. Kamerans manual ger ingen information om hur kommandon för kamerans rörelse ska produceras [76] men en manual för en Pioneer PRV-LX1 ger en insikt över hur kommunikation över RS-422A fungerar [77]. Panasonic AW-HE100 använder egna kommandon och det är meningen att man ska köpa tilläggsutrustning av tillverkaren för att kontrollera kameran via RS-422A.

NewTek PTZ kameran i Figur 39 stöder NDI teknik (behandlas i nästa stycke), och det möjligt att styra kameran med annan mjukvara än den som kommer med produkten. Det finns också PTZ kameror med inbyggd funktionalitet för att automatiskt följa med föreläsaren. AutoTracker 3 kameran från 1 Beyond (7000 €) följer föreläsaren och stöder videoöverföring med NDI [21]. Företaget säljer också en produkt vid namnet AutoFramer (3500 €) som zoomar, panorerer och beskär bilden enligt var i bilden subjekten befinner sig (illustrerat i Figur 40) [78]. Funktionen att följa föreläsaren automatiskt ökar värdet av videoinspelningen i kompositionen, eftersom det delvis löser problemet för inspelningen av föreläsaren (behandlades i kapitlet för materialproduktion). Föreläsaren kan fylla bilden utan att måsta stå stilla ifall kameran följer med hen automatiskt. I avsnitt 7.5 utvecklas ett Python script för att automatiskt hålla föreläsaren i bild.



Figur 39 – Newtek PTZ kameran (2500 €) kan skicka video och styras via Ethernet [71].



Figur 40 – Istället för dyra servon på X och Y led, brukas mjukvara för att finna människor i en video med vid vinkel.

4.1.4 NDI och Streamdeck

NDI (Network Device Interface) är en mjukvarustandard utvecklad av NewTek för att överföra högkvalitativ video (>100Mbit/s) med låg latens över lokalnätverk [79]. Tekniken finns i diverse kameraprodukter, och kännetecknas av en RJ45 port, även oftast en NewTek logotyp. En nätverksport kan också användas för att styra PTZ kameror som inte har stöd för NDI. NDI tekniken gör det möjligt att överföra videomaterial till vilken dator som helst över lokalnätet utan att tappa kvalitet. Det här medför flera alternativa angreppssätt för materialproduktionen. Med att till exempel flytta det inspelade materialet längs lokalnätet till mer avancerad utrustning (än en klassrumsdator) kan man använda mera avancerade metoder för direktsändningar eller inspelning. Flytten av materialet till andra enheter på lokalnätet ändrar på problematiken vid simultanproduktion, vilket kan vara ett intressant ämne för fortsatt forskning. Bland hårdvaran som testades i avhandlingen fanns produkter med NDI stöd, men alla produktionsmöjligheter kring tekniken har inte utforskats. Kvalitetskraven för uppladdningsplattformerna är ganska låga⁹, vilket även minskar på belastningen av lärardatorn vid inspelning. Effekten i klassrumsdatorn räckte för direktsändning och inspelning av undervisningen. Behovet av NDI kunde vara större till exempel om 4k video ska direktsändas eller om kameran producerar video med överföringshastigheter på över 50 Mbit/s.

Ett vanligt verktyg för direktsändning av spel på Twitch är en så kallad "Stream deck", en kontrollpanel med förprogrammerad funktionalitet. Kontrollpanelen består av ett antal programmerbara knappar som kan programmeras för många syften. Vid direktsändningar av spel används de ofta för att utlösa förhandsinställda scenövergångar eller till exempel animerade effekter. Kontrollpanelen kan också använda visuella hjälpmedel som till exempel färgkodade lysande knappar eller en pekskärm för att underlätta produktionen av engagerande direktsändningar. Kontrollpaneler kan kosta kring 200 € [80], och eftersom

⁹ Bland annat Tabell 1 illustrerar att flera plattformar endast stöder videomaterial i full HD resolution och låga bandbredder.

bland annat OBS verktyget har ett brett stöd för tangentkombinationer kan dessa användas i samma syfte. Användningen av tangentkombinationer för att byta mellan scener och aktivera filter samt dess inverkan på materialproduktionen behandlas i avsnitt 7.3.

4.2 Mjukvara

En presentation och teknisk jämförelse av tillgängliga lösningar gällande mjukvara
Ju mindre mjukvara desto bättre för syfte

På marknaden finns flera program som lämpar sig för att producera material vid sidan om undervisningen. I den här avhandlingen granskas endast mjukvara som kan användas både för direktsändning och inspelning av material. Dessa program kan vidare delas in enligt syfte: program som är ämnade för tvåvägskommunikation (videokonferensverktyg) samt program för envägskommunikation (verktyg för direktsändning). Bland verktygen för direktsändning undersöks endast de som stöder både direktsändning och inspelning av material eftersom föreläsaren har behov av båda. Latensen på plattformarna Youtube och Twitch jämförs med videokonferensverktygens för att utreda ifall verktyg för direktsändning också går också att användas för tvåvägskommunikation. Avhandlingen utreder också om verktyg för direktsändning kan användas för att förbättra eller utöka funktionaliteten av videokonferensverktygen. Möjligheterna av att kombinera mjukvara behandlas även i avsnittet 7.7 och 7.7. I de följande stycken jämförs tillgänglig mjukvara för båda syften för att avgränsa programalternativen för den kvalitativa jämförelsen.

4.2.1 Videokonferensverktyg

Flera videokonferensverktyg idag erbjuder möjligheten att spela in konferensen. Beroende på programmet finner vi alternativ att spara konferensen lokalt eller att lagra den i molnet. Ofta kan man även se på inspelningarna i molnet utan att först måste ladda ner dem. Två sådana här verktyg rekommenderades av Arcadas IT-stöd: Zoom och Teams. Båda programmen har tillräckligt med egenskaper för att kunna användas för att spela in föreläsningar.

4.2.1.1 Zoom och Zoom Cloud

Zoom är ett gratis videokonferensverktyg från Zoom Video Communications Inc. Zoom kräver att man installerar en klient och en 80 kB fil laddas ner första gången man använder programvaran. När filen körs laddas installationspaketet (11 MB) ner och programmet installeras. Installationen kräver inte administratörrättigheter och efter installationen tar Zoom upp 42 MB utrymme. Med gratisversionen av programvaran kan man endast hålla upp till 40 minuter långa möten, vilket inte räcker för en föreläsning. Det billigaste tilläggsabonnemanget kostar 14€ per månad per mötesvärd (föreläsare) och det dyraste alternativet kostar 19€ i månaden per mötesvärd förutsatt att man har minst 50 värddar [81]. Arcada har det bredaste abonnemanget, vilket är en orsak till att IT-stödet rekommenderar just Zoom. Det finns många motsvarande verktyg på marknaden och ifall man behöver ett gratisalternativ kan man till exempel använda Jitsi [82], ett alternativ som även diskuteras i avsnitt 9.5.

Zoom erbjuder inspelning av möten (föreläsningar) antingen lokalt på världens (föreläsarens) maskin eller i Zooms moln. Vid lokal inspelning används processorn för att spela in video till temporära filer i Zooms egna videoformat med filändelsen .zoom. Genom att undersöka .zoom filerna med programmet MediaInfo får vi reda på att formatet är video skapat med AVC kodeket och komprimerat med kvalitetsinställningen High@L5.1. När mötet avslutas, komprimeras de inspelade .zoom filerna till ett av två mer användbara format enligt inställningarna i mjukvaran. Användaren kan välja mellan två videoformat, ena är förinställt och det andra skapas ifall man kryssar för lådan "Optimize for third-party video editor", på svenska ungefär "Optimera för en tredje parts videoeditoringsmjukvara".



Figur 41 – MediaInfo visar information om filer och kodek.

Förhandsinställningar	Optimera för en tredje parts videoeditor
AVC High@L5.1	AVC Baseline@L5
CABAC	Ingen CABAC
11 referensbilder	1 referensbilder (GOP M=1, N=30)
FFMpeg codec kommando: avc1	FFMpeg codec kommando: avcC

Tabell 2 – Zoom och dess två videoformat.

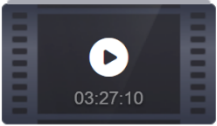
Båda videoformaten är av formatet H.264 AVC med en konstant bildhastighet på 25 bilder per sekund (fps), progressiv bildskanning (t.ex. 1080p, jmf. med 1080i) och variabel strömningshastighet upp till 4 Mbps. I följande stycket om Teams och Microsoft Stream finns en jämförelse ang. videokvalitet. Ljudet på Zoom är samma i båda formaten, en kanal kodad i AAC, samplad med 32.0 kHz med en variabel strömningshastighet på i medeltal 50 kbps och en maximal strömningshastighet kring 110 kbps. Efter stycket för den tekniska genomgången av Teams finns en analys över ljudkvaliteten hos båda verktygen.

Genom att välja att alternativet "spara föreläsningen i molnet" laddas inspelningen upp efter föreläsningen. Det tar en stund för Zoom att konvertera inspelningen på sina servrar från det temporära .zoom formatet till något som kan spelas upp i en webbläsare. När konverteringen är klar får mötesvärderna ett email som innehåller en länk till inspelningarna från mötet (Figur 42). Zooms moln innehåller en del tilläggsfunktioner som man inte får med lokala inspelningar.

bistromd@arcada.fi's Personal Meeting Room Share

Sep 5, 2019 08:35 AM Helsinki ID: 633-594-4390

2 total views • 1 total downloads [Recording Analytics](#)



03:27:10

Recording 1

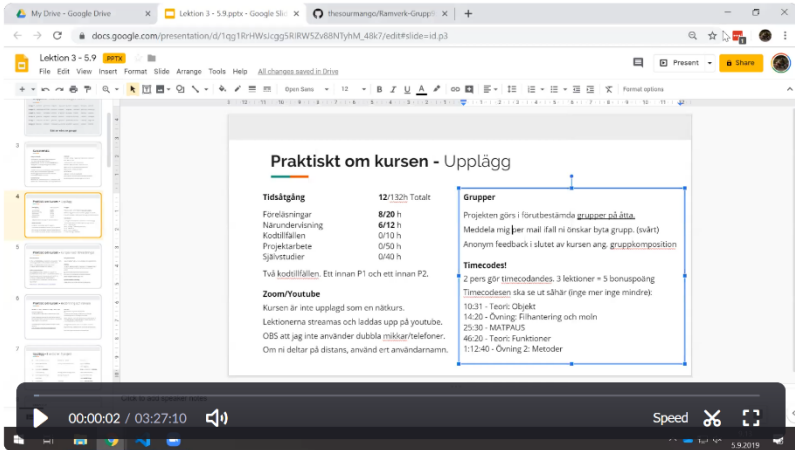
5 files 2.47 GB

Download (5 files) Copy shareable link

Shared screen with speaker view	944 MB
Speaker view	621 MB
Shared screen	886 MB
Audio only	81 MB
Chat file	723 B

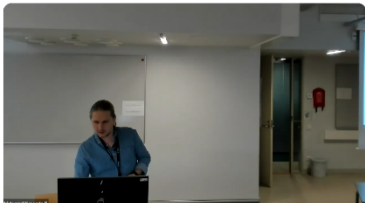
Figur 42 – I Zooms moln sparas även föreläsarens bild skilt från skärmdelningen och man kan dela en länk till föreläsningen.

zoom bistromd@arcada.fi's Personal Meeting Room Download (5 files)



Praktiskt om kursen - Upplägg

Tidsåtgång	12:132h Totalt	Grupper
Föreläsningar	8/20 h	Projekten görs i förutbestämda grupper på 4-5 personer. Meddela mig per mail till ni önskar bryta grupp (svårt)
Närundervisning	6/12 h	Anonym feedback i slutet av kursen ang. gruppkomposition
Kodfilalen	0/10 h	Timecodes!
Projektarbete	0/50 h	2 pers gör timecodades. 3 lektioner = 5 bonuspoäng
Självstudier	0/40 h	Timecodades ska se ut såhär (inga mer änge mindre):
Två kodfilalen. Ett innan P1 och ett innan P2.		10:31 - Teori: Objekt
Zoom/YouTube		14:20 - Övning: Filhantering och moln
Kursen är inte upplagd som en nätkurs.		25:30 - MAIPRAUS
Lektionerna streamas och laddas upp på youtube.		46:20 - Teori: Funktioner
OBS att jag inte använder dubbla mikrofoner.		1:12:40 - Övning 2: Metoder
Om ni deltar på distans, använd ert användarnamn.		



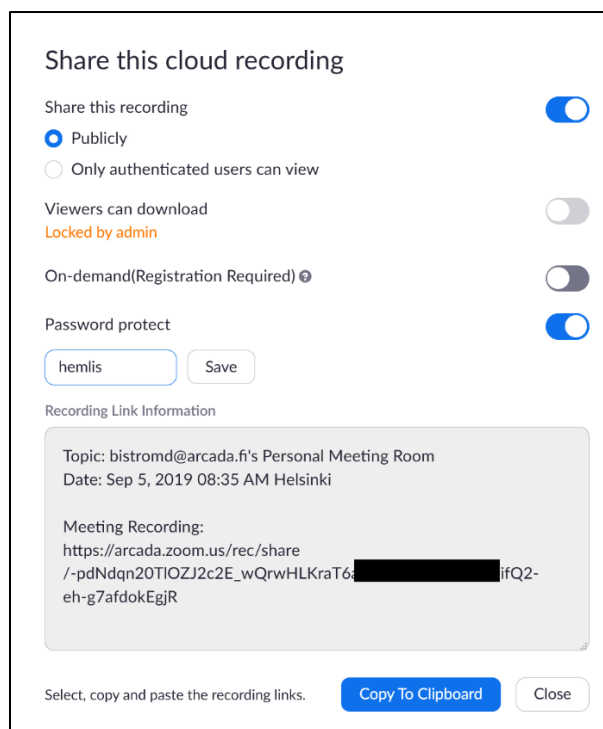
Chat Messages

38:17
hej

38:27
hello

Figur 43 – Zooms molnplattform och tilläggsfunktionalitet.

På molnplattformen kan man se på föreläsningen så att videoinspelningen av föreläsaren visas ovanför chatten från föreläsningen. Man kan också justera uppspelningshastigheten av inspelningen, eller välja att granska endast en del av föreläsningen med hjälp av sax-ikonen synlig i Figur 43. För lokala inspelningar har man inte möjligheten att spara föreläsarens video i en skild fil. Man kan däremot välja att föreläsarens bild integreras bredvid skärmdelningen (istället för ovanpå) ifall man vill undvika problemet med att videon av föreläsaren täcker något viktigt i presentationen. Som följd blir formatet av inspelningen bredare (ingen standardresolution), vilket försvårar korrekt återgivning, uppladdning till andra plattformar, och delning till studerande, se Figur 48.

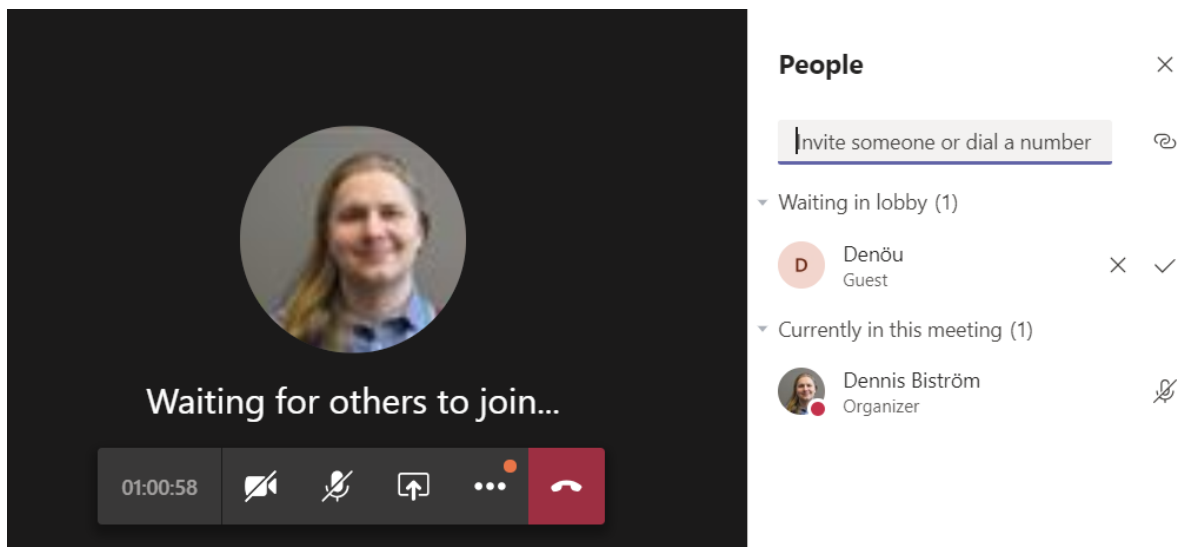


Figur 44 – Med Zoom kan man välja att dela föreläsningen på flera sätt, och även låsa tillgång till videon med ett lösenord.

4.2.1.2 Teams och Microsoft Stream

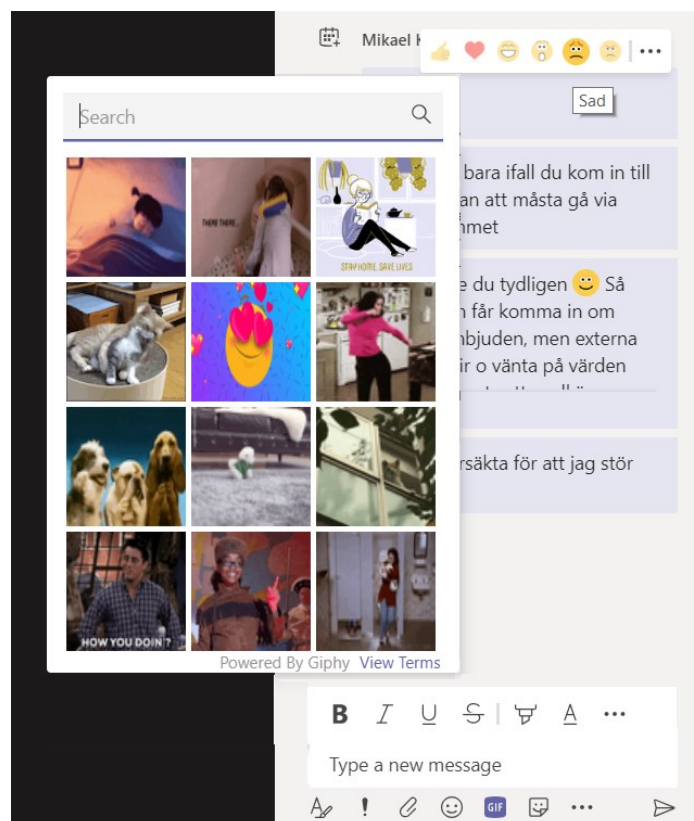
Teams verktyget erbjuder också funktionalitet för videokonferenser, som kan bokas via Outlook eller påbörjas direkt från Teams-appen. Beroende på vilket licensschema man har för Office, kan man även ha kalenderfunktionalitet inbakat i Teams-appen, vilket gör det möjligt att boka möten utan att använda Outlook. Teams har inget inbyggt alternativ för att ordna återkommande möten med samma mötes-id, till skillnad från Zoom. Det är möjligt att ändra id:n på ett Teams möte ifall man har tillgång till Teams Admin Center [83]. Det går givetvis även att flytta ett möte som redan hållits till en ny tidpunkt i framtiden och på så vis kalla in nya deltagare till samma adress flera gånger. Man kan även delta hur sent som helst i ett möte, också efter att mötet tagit slut. På det här viset räcker en mötesinbjudan per kurs, så länge det inte stör föreläsaren att mötestidpunkten är i det förflutna.

Man kan delta i en föreläsning över Teams i Chrome eller Edge webbläsaren, men också via Teams-appen. Teams-appen har en installationsfil som är 100 MB stor, efter installation tar appen 232 MB utrymme. Appen kräver inte administratörrättigheter för att installeras, och man kan delta i möten trots att Windows Defender meddelar att vissa egenskaper av programmet blockerats av säkerhetsskäl. Föreläsaren behöver även tillgång till Outlook och Teams tillägget för Outlook (vilken installeras i samband med Teams-appen) för att kunna schemalägga ett möte.



Figur 45 – Vänttrummet i Teams

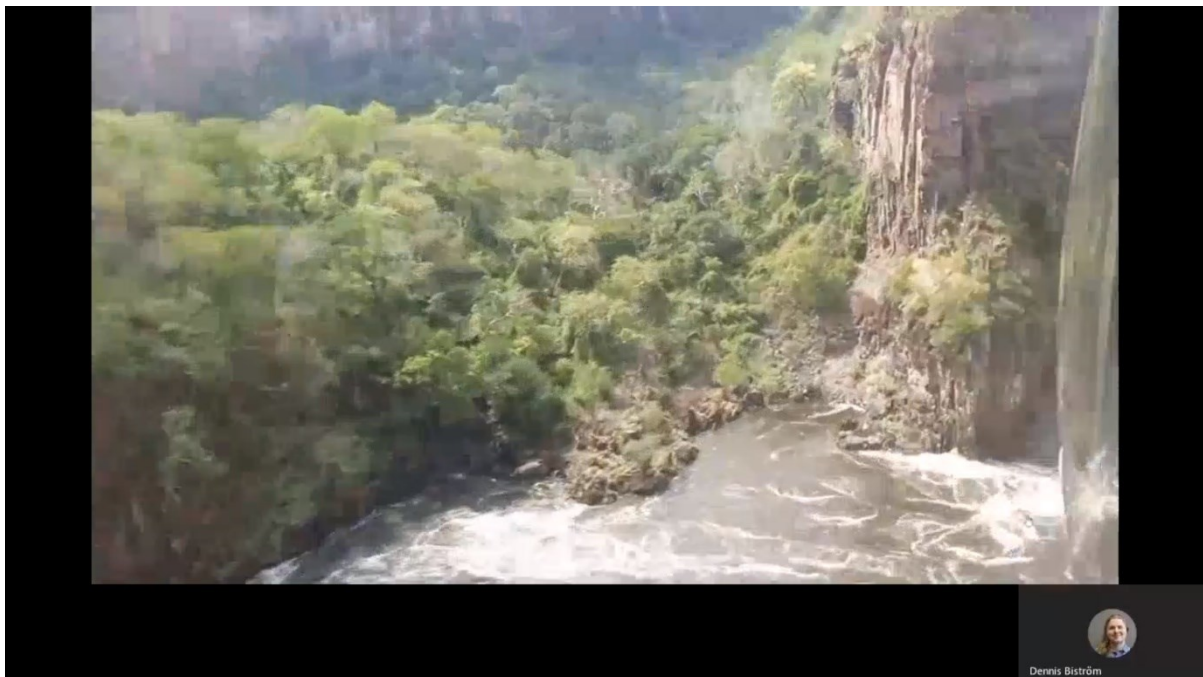
Teams har bara ett alternativ för hur ett möte och deltagarnas roller ser ut. Värddar och inbjudna gäster från samma Microsoft Exchange miljö kan delta i mötet utan att gå via vänttrummet, och externa gäster måste godkännas innan de släpps in. Ifall man inte blir insläppt från vänttrummet inom 15 minuter blir man borttagen och måste be om att bli insläppt igen. Teams erbjuder video-, ljud- och skärmdelning och en chatt med reaktioner, fildelning och tredjepartsintegrationer med till exempel Giphy.com.



Figur 46 – Teams har en bredare palett med funktioner i chatten

Då man håller ett möte med Teams skapas en Teams chatt¹⁰ och filer som delas i chatten laddas upp till användarens OneDrive. Filer delas sedan med mötesdeltagare som är del av Exchange miljön. Externa gäster kommer endast åt att se på filerna inne i det aktiva Teamsmötet, vilket begränsar filformaten till de som stöds av Teams. Mötesdeltagare kan även ladda ner filer från chatten för att spara dem lokalt¹¹. Skärmdelning är möjligt, både av och till deltagare som deltar via Teams-appen eller direkt i webbläsaren. Föreläsaren kan därmed inte ge fjärrkontroll till deltagare som deltar i webbläsaren. Deltagare i webbläsaren kan inte heller be föreläsaren om fjärrkontroll.

Teams erbjuder likt Zoom inspelning av mötet, men inspelningen av föreläsningen sker på Microsofts moln, och efter att mötet har spelats in, laddas inspelningen alltid upp till Microsoft Stream plattformen (valbart i Zoom). Uppladdningstiden varierar beroende på föreläsningens längd och rusningen på Microsofts servrar, men först efter att föreläsningen har publicerats på Stream plattformen kan man ladda ner videon lokalt. Ett testklipp i full HD resolution med bandbredd på ungefär 30 Mbps (en helikopterresa genom Victoria falls på BluRay) visades i en fullskärmsdelning för att illustrera hur bristande bandbredd ser ut på Teams och Zoom. Vid uppladdning på Teams komprimeras bilden till AVC video med variabel bildhastighet mellan 4 och 15 bilder per sekund och en variabel strömningshastighet på 1 Mbps.



Figur 47 – Via Teams tillåter MS Stream upp till 720p video med 4–15fps och en strömningshastighet på 1 Mbps.

¹⁰ Tidigare föreslogs att använda samma möte för flera föreläsningar. Det kan anses vara problematiskt att chatten från tidigare föreläsningar kvarstår från en föreläsning till den nästa.

¹¹ Nedladdningen av filer för gäster fungerar för tillfället inte alls i Chrome Version 80.0.3987.162



Figur 48 – Med Zoom skapas en video med skärmens riktiga resolution (2560x1440) och sedan läggs föreläsarens bild in till höger så den resulterande videon har en resolution på 2840x1440.

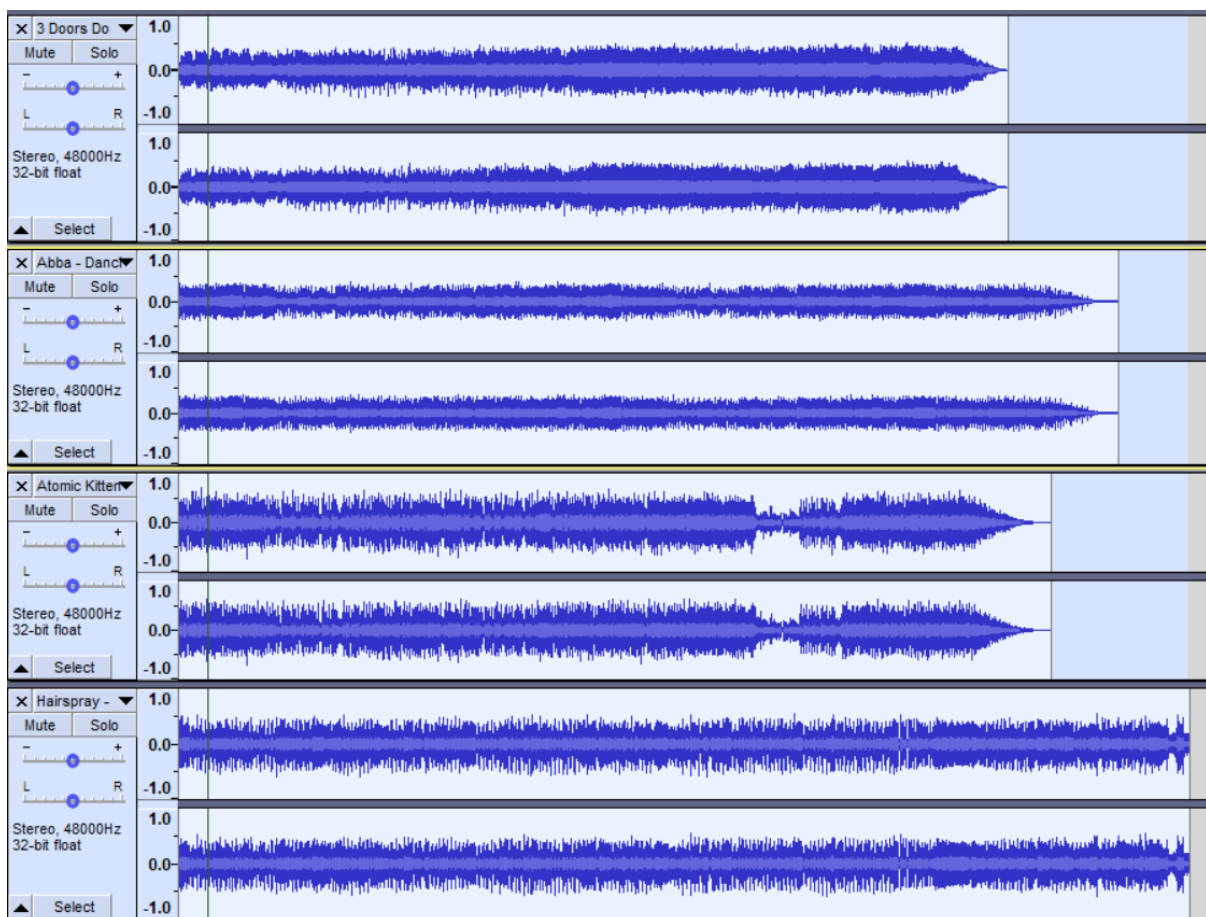
Teams inkluderar även bilder på mötesdeltagarna under och till höger/vänster om videon, vilket resulterar i det tidigare problemet vid lokalinspelning med Zoom. Då man spelar in föreläsningen lokalt med Zoom och väljer att inkludera föreläsarens video bredvid skärmdelningen blir inspelningen av udda format, illustrerat i Figur 47 och Figur 48. Lösningen som Microsoft har valt är sämre än Zooms. En vanlig skärminspelning av en skärm i 16:9 format skulle vid återgivning fylla hela skärmen, men i och med att föreläsarens video ska rymmas med, måste skärmdelningen antingen bli ett bredare format eller skärmdelningen förminskas för att göra plats för föreläsaren. I båda fallen kommer den resulterande videon omringas av svarta kanter då man spelar upp den. Zoom har valt att inkludera föreläsaren till höger om bilden, men lämnar skärmdelningen i sin originalstorlek. Resultatet är en video som resolutionsmässigt är för bred, men genom att beskära videon (VLC har ett filter för det här) kan man visa skärmdelningen i sin ursprungliga resolution. Microsoft skapar däremot svarta kanter på tre av skärmdelningens fyra sidor, och förminskar resolutionen av den ursprungliga videon. Därtill stöder Stream plattformen endast resolutioner upp till vanlig HD (1280x720). Oberoende resolutionen av skärmen som delas är det härmed omöjligt att spara eller se på skärmdelningen i samma resolution som den delades. Värt att notera är att Microsoft Stream plattformen inte har egenskapen att visa föreläsarens bild bredvid videon (egenskapen erbjöds på Zooms molnplattform i Figur 43). Teams egenskapen att förminska skärmdelningen och inkludera mötesdeltagarna under videon har inte stäng av, något som illustreras i Figur 47 där föreläsarens bild är inkluderad under skärmdelningen trots att föreläsaren stängt av sin webbkamera.

AVC Baseline@L5
Ingen CABAC
1 referensbilder (GOP M=1, N=90)
FFMpeg codec kommando: avcC
Variabel 1000 kbps strömningshastighet
Variabel bildhastighet 4–15 fps
Maxresolution 1280x720 pixlar

Tabell 3 – MS Stream och den bästa videokvaliteten är en hackig gröt av pixlar i 720p.

För inspelningen av föreläsningar i kapitel 5 används bara ett videokonferensverktyg. För att kunna göra ett utbildat val mellan Teams och Zoom måste även ljudkvaliteten granskas. För att jämföra ljudet för plattformarna behövs ett testljud som kräver hög bandbredd vid inspelning. En blandning av alla ljudfrekvenser (eng. white noise) kräver maximal bandbredd för att spelas in felfritt eftersom en inspelning måste innehålla information om alla frekvenser. Plattformar som automatiskt känner igen material med upphovsrätt (till exempel Youtube) måste ha algoritmer som känner igen white noise. White noise innehåller alla frekvenser samtidigt vilket innebär att bruset också innehåller alla upphovsrättsliga verk. För att undvika att en algoritm som känner igen white noise skulle påverka testet, skapades ett testklipp istället genom att kombinera ljudet från fyra sånger.

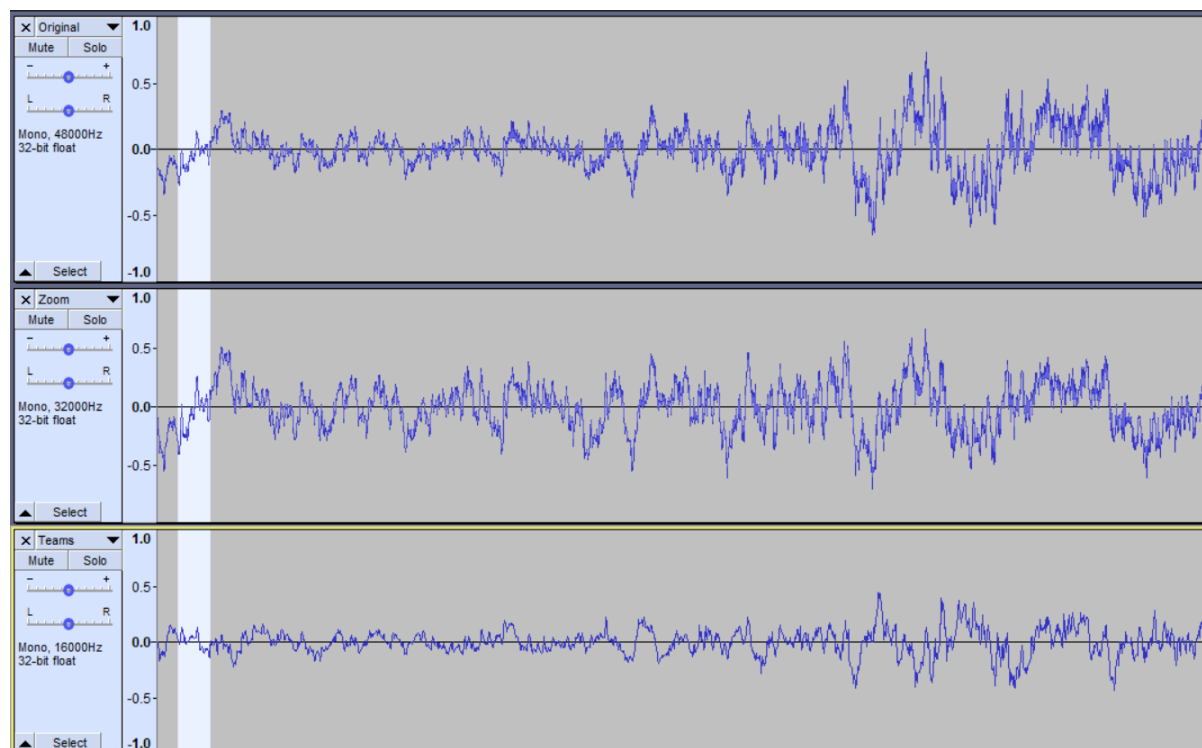
Fyra pop-sånger importerades i ljudredigeringsmjukvaran Audacity och slogs ihop till ett ljudspår. De följande sångerna valdes: Here Without You av 3 Doors Down, Dancing Queen av Abba, The tide is high av Atomic Kitten, och Good morning Baltimore från filmen Hairspray. Både Zoom och Teams tillåter delning av skärmen och kan spela in ljud direkt från datorn. Ett kort 20 s klipp spelades in lokalt med Zoom och till MS Stream plattformen med Teams. Klippet laddades ner från MS Stream plattformen och ljudet extraherades från respektive videoklipp genom att använda verktyget youtube-dl [84]. Ljudet som extraherades importerades sedan till Audacity för att visuellt presentera skillnaderna. Ljudet på Teams dubbelt så dåligt som på Zoom, då det inspelade ljudet har halva samplingsfrekvensen.



Figur 49 – Fyra sånger ovanpå varandra spelas in för att testa ljudkompressionen på Zoom och MS Stream, sångerna är här visualiserade innan hopslagningen för att bättre illustrera vågformerna av de olika stycken.

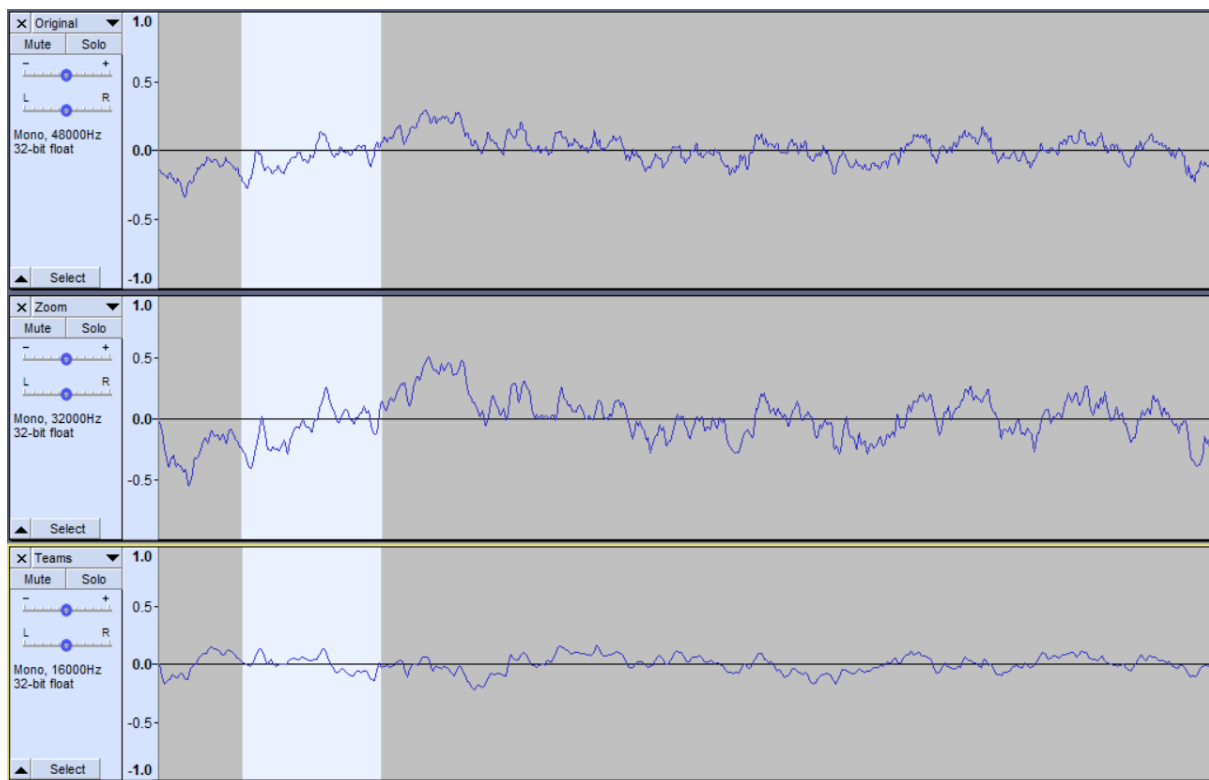
Zoom	Teams
AAC Mono	AAC Mono
57 - 90 kbps variabel strömningshastighet	54 - 104 kbps variabel strömningshastighet
32 kHz samplingsfrekvens	16 kHz samplingsfrekvens
mp4a-40-2 codec ID	mp4a-40-2 codec ID

Figur 50 – Formaten för ljudklippen



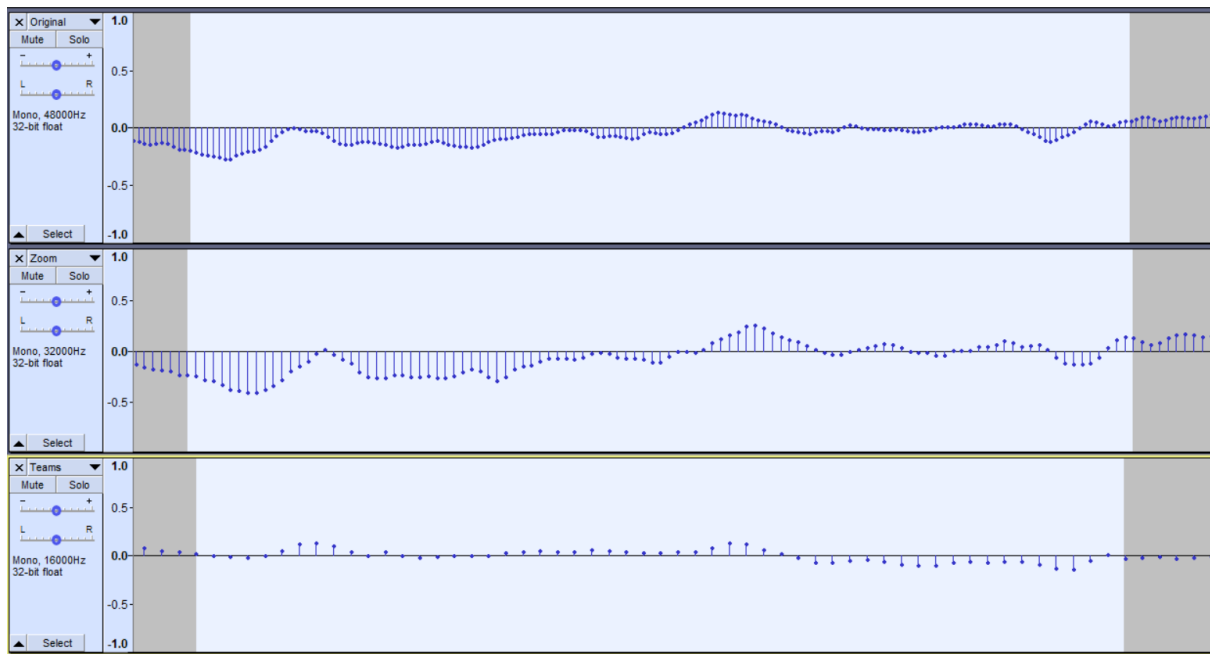
Figur 51 – Väljer att undersöka intressant område för att illustrera inverkan av plattformarnas kompression, märk sampelraterna.

Figur 51 har valts för att illustrera kompressorn som används på Zoom. En kompressor för ljud minskar på dynamiken, för att nå ett slutresultat där variationerna i volym är mindre. I bilden kan vi se att ljudstyrkan i början av originalsamplet är mycket svagare än topparna mot slutet. I vågformen från Zoom är nivåerna i början av samplet på motsvarande eller samma nivå som topparna mot slutet.

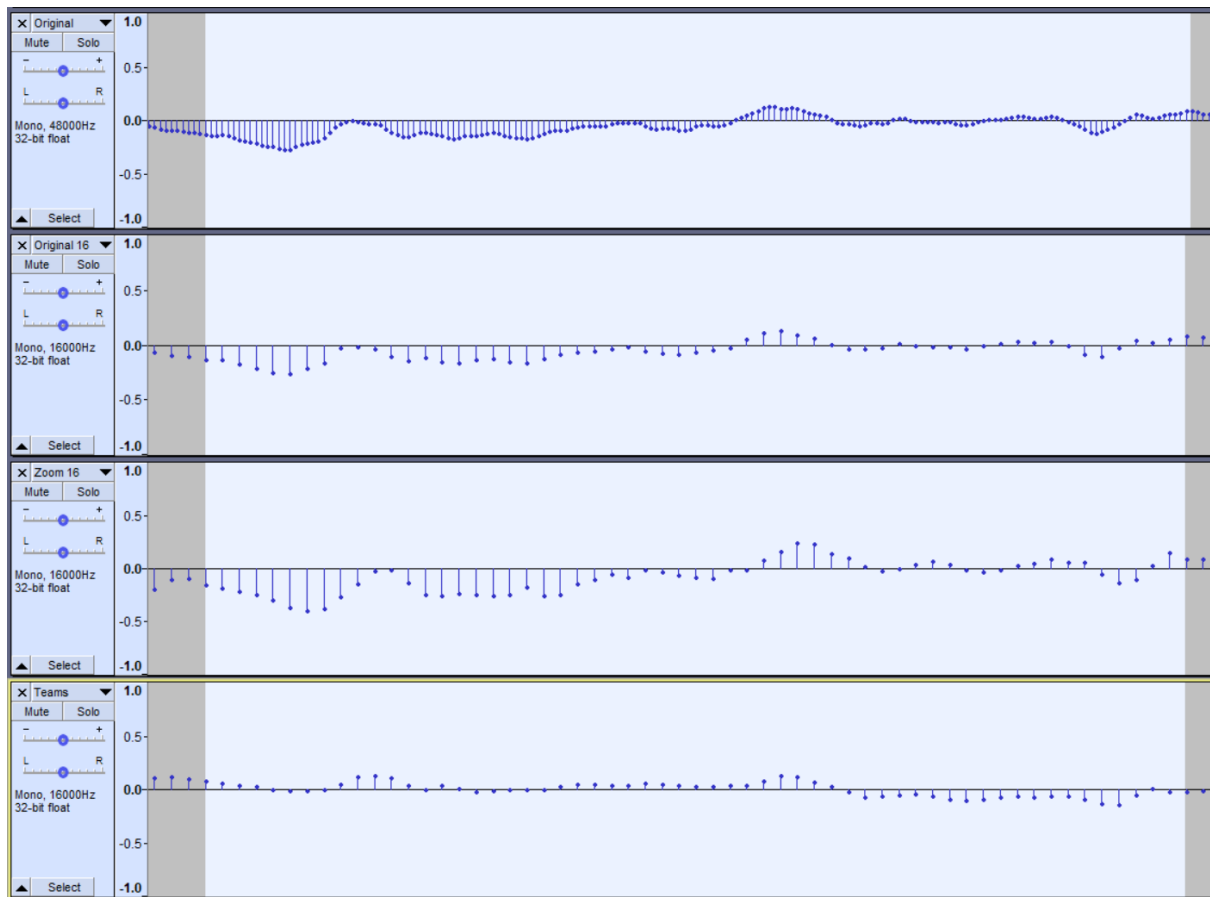


Figur 52 – Zoom låter klart sämre och i vågformen ser man en förlust i detaljnoggrannhet.

Teams 16 kHz sampelrat räcker endast till för att återge frekvenser under 8000 Hz [85], vilket inte räcker för att återge instrument i musik [86]. Högsta frekvenserna i tal ligger kring 5000 Hz [33], så man kunde påstå att kvaliteten räcker för tal. Figur 52 illustrerar att Teams använder kraftig normalisering av ljudet, då de absoluta värden av amplituden rör sig kring mittlinjen istället för att göra större avvikelser ovanför och nedanför värdet 0. Det här syns till exempel på "platån" efter det valda ljudområdet, tydligast synligt i vågformen från Zoom. Vågformen har samma form även i ljudet från Teams, men värdena för amplituden ligger kring mittaxeln istället för runt värdet 0.5. Ian Howell har skrivit en noggrannare genomgång över ljudskillnader för olika verktyg för videokonferenser [87].



Figur 53 –Med en fjärdedel av datapunkterna har Teams gjort grova approximeringar. Med att lyssna hör man att bandbredden inte räcker till för att återge testklippet.



Figur 54 – Illustrerar 16 kHz originalsignalen jämfört med resultatet från Zooms och Teams algoritmer.

Ljudet i Teams är förfärligt, även om en kanal samplad vid 16 kHz och variabel strömningshastighet på ungefär 50 kbps med maximala strömningshastigheter kring 90 kbps

enligt några kunde räcka för att återge tal¹², så förstör algoritmerna på Teams ljudspåret som använts i testet. Plattformarnas exakta ljud- och videokompressionsalgoritmer förblir företagshemligheter, men genom observationer kan man göra vissa antaganden. Videokonferensverktygen måste leverera fungerande användarupplevelser och eftersom kunderna använder inbyggda mikrofoner och högtalare på sina bärbara datorer måste alla konferensplattformar åtminstone använda sig av ekoborttagning och filter för att minska bakgrundsbrus. Även förstärkning till exempel med en kompressor och borttagning av svaga ljud från omgivningen (eng. gain, gate) är typiskt för videokonferensverktygen [87].

Trots Teams tekniska brister är det värt att nämna programmets breda användningsmöjligheter. Teams verktyget kan användas som ett alternativ till nuvarande kurshanteringsplattformar som till exempel Moodle eller ItsLearning, då man kan skapa ett team av studerande och lärare för varje kurs. Teams erbjuder avancerade kursverktyg som anslagstavlor, delade arbetsbord, möjligheten att lägga upp filer och hantera kursprestationer med mera [88]. Syftet för det här diplomarbetet är ändå att utreda möjligheterna för simultanproduktion av nätundervisningsmaterial vid sidan om dataklassundervisning, och därmed förblir frågan Teams vs ItsLearning en rubrik för någon annan.

4.2.2 Streamingplattformar (Youtube och Twitch)

Youtube och Twitch är populära plattformar för bland annat direktsändningar av dataspel. För att följarna ska kunna urskilja vad som händer på skärmen måste resolutionen för direktsändningen räcka till. I spel rör sig kameran ofta med karaktären vilket skiljer sig mycket från till exempel film- eller tv, där vi ofta finner kameran fast på ett stativ. Snabba kamerarörelser ställer högre krav på bandbredden av video eftersom flera pixlar byter färg samtidigt. Båda plattformarna erbjuder därmed stöd för betydligt högre resolutioner och strömningshastigheter jämfört med videokonferensverktyg. Youtube erbjuder resolutioner upp till 4k (3940x1260) med strömningshastigheter upp till 51 Mbps för material med 60 bilder per sekund [27]. Twitch stöder resolutioner upp till full HD (1080p), strömningshastigheter upp till 6 Mbps och upp till 60 bilder per sekund. Twitch rekommenderar att strömma skjutspel och andra spel med snabba kamerarörelser vid 900p resolution för att maximera mängden data per pixel och därmed nå högre bildkvaliteten trots lägre resolution (6000 kbps / 1600 * 900 = 4,12 bits per pixel jämfört med 6000 kbps / 1920 * 1080 = 2,90 bits per pixel, en över 40 % ökning) [89]. Twitch erbjuder statistik för livesändningar via "Video Stats" inställningen,

¹² Dock inte riktigt för musik enligt subjektiva kvalitetstest [54]

Name	Value
Video Resolution	1920x1080
Display Resolution	865x487
FPS	61
Skipped Frames	0
Buffer Size	3.65 sec.
Latency To Broadcaster	5.36 sec.
Latency Mode	Normal Latency
Playback Rate	6188 Kbps
Backend Version	0.9.5-92226dd2
Serving ID	3d457f55dcda4998b23a6a373ec5a2f2
Codecs	avc1.4D402A,mp4a.40.2

Advanced

- Mini Player
- Video Stats
- Ad Stats

AF vs. APK - DWG vs. HLE - KT vs. DRX [2020 LCK Spring Split] 43,497 71,442,020

Category: League of Legends

English MOBA

Figur 55 – Twitch LOL match med över 40 000 tittare samtidigt, 6 Mbps ström i 1080p 60 fps, sändningsinställningar för normal latens, typisk latens 5,3 sekunder [90].

Video ID / sCPN Me7A74QT1BQ / FJM4 Y12T 4G5H
 Viewport / Frames 1280x720*1.28 / 0 dropped of 2454
 Current / Optimal Res 1920x1080@60 / 1920x1080@60
 Volume / Normalized 100% / 100%
 Codecs avc1.4D402a (299) / mp4a.40.2 (140)

Connection Speed 22177 Kbps
 Network Activity 142 KB
 Buffer Health 2.17 s
 Live Latency 2.70s
 Live Mode Manifestless, Optimized for Ultra Low Latency, seq 22894
 Mystery Text s:8 L22894.00 b:22852.821-22896.013

Automatisk uppspelning
 Annoteringar
 Uppspelningshastighet Normal >
 Kvalitet 1080p60 >

[2020 우리은행 LCK Spring Split] AF vs. APK - DWG vs. HLE - KT vs. DRX

54 993 tittar nu • Började streama för 6 timmar sedan

1 497 108 DELA SPARA

LCK 408 000 prenumeranter PRENUMERERA

Figur 56 – Samma LOL match på Youtube med nästan 55 000 tittare. 2,7s latens med Youtubes Ultra Low Latency inställning, 22 Mbps ström i 1080p 60 fps [91].



ESL_CSGO_FR



LIVE

Home

Videos

Clips

Followers

Follow

Subscribe

Technical Details:

Name	Value
Video Resolution	1920x1080
Display Resolution	865x487
FPS	61
Skipped Frames	0
Buffer Size	2.14 sec.
Latency To Broadcaster	1.98 sec.
Latency Mode	Low Latency
Playback Rate	5000 Kbps
Backend Version	0.9.5-92226dd2
Serving ID	723c6fcf409e4dd596272c42f7644655
Codecs	avc1.64002A,mp4a.40.2

Settings Menu:

- Quality: 1080p60 (Source)
- Advanced
- Report Playback Issue
- Popout Player
- View Keyboard Shortcuts

Player Info: @KIIPERONE

[FR] OG vs Virtus.Pro - ESL Pro League - Saison 11 Europe & Amérique

822

19,603,166



Figur 57 – ESL Pro League med knappa 1000 tittare, 1080p 60 fps sändning med sändningsinställningar för låg latens, typisk latens 2 sekunder, 5–7 Mbps ström [92].

Technical Overlays:

- Video ID / sCPN: mp4F12Hvrmj8 / N2HK Q5XB EQEH
- Viewport / Frames: 1280x720*1.28 / 0 dropped of 8330
- Current / Optimal Res: 1920x1080@60 / 1920x1080@60
- Volume / Normalized: 100% / 100%
- Codecs: avc1.64002a (299) / mp4a.40.2 (140)
- Connection Speed: 57699 Kbps
- Network Activity: 1184 KB
- Buffer Health: 20.77 s
- Live Latency: 33.17s
- Live Mode: Manifestless, Optimized for Normal Latency, seq 462
- Mystery Text: s:8 L2314.43 b:2175.147-2335.195

Match Info: THREE BO3 BANGERS TODAY! | Match-Ups today: Virtus Pro vs OG, FURIA

Player Controls: Automatisk uppspelning, Uppspelningshastighet, Undertexter (1), Kvalitet, Automatisk 1080p60

LIVE: Virtus.pro vs. OG - ESL Pro League Season 11 - Group D

5 380 tittar nu • Började streama för 41 minuter sedan

574

13

DELA

SPARA



ESL Counter-Strike
1,19 mn prenumeranter

BLI MEDLEM

PRENUMERERA

Figur 58 – Samma kanal på Youtube med 5000 tittare. 33 s latens med Youtubes Normal Latency inställning, 55 Mbps ström i 1080p 60 fps [93]

För direktsändning av undervisningen är resolutionerna och datahastigheterna på Youtube och Twitch mångfaldigt högre än de som kan uppnås på Zoom och Teams. I avhandlingen spelas klassundervisningen också in, och därför granskas kvaliteten för videon efter att direktsändningen har avslutats. Verktuget youtube-dl användes för att ladda ner videoklipp av avslutade direktsändningar från samma kanaler som i figurerna ovan. Avhandlingen jämför material från både Youtube och Twitch för att granska video och audiokvaliteten för uppladdade direktsändningar. Följande kommandon för youtube-dl programmet kördes i kommandotolken för att granska vilka videoformat som är tillgängliga och sedan ladda ner de bästa formaten och extrahera ljudet från videon med ffmpeg:

```
youtube-dl -F https://www.twitch.tv/esl_csgo_fr/clip/AttractiveEvilMallardGrammarKing
youtube-dl -x -k https://www.twitch.tv/esl_csgo_fr/clip/AttractiveEvilMallardGrammarKing
```

```
youtube-dl -F https://youtu.be/QTaUymJGLwA
youtube-dl -x -k -f 299 https://youtu.be/QTaUymJGLwA
youtube-dl -f 140 https://youtu.be/QTaUymJGLwA
```

	Youtube Live, Normal latens	Twitch Live, Normal latens
Video codec	AVC1.60042a	AVC1.4D402a
Ström	50 Mbps 1920x1080 60fps	6 Mbps 1920x1080 60fps
Latens	33 sekunder	5,3 sekunder
Audio codec	mp4a40.2	mp4a40.2

	Youtube Live, Ultralåg latens	Twitch, Låg latens
Video codec	AVC1.4D402a	AVC1.60042a
Ström	22 Mbps 1920x1080 60fps	5 Mbps 1920x1080 60fps
Latens	2,7 sekunder	2,0 sekunder
Audio codec	mp4a40.2	mp4a40.2

	Youtube Uppladdat	Twitch Uppladdat
Video codec	AVC1 High@L4.2	AVC1 High@L4.2
Codec inställningar	CABAC 3 referensbilder	CABAC 2 referensbilder (GOP: M=3, N=120)
Ström	4.1 Mbps genomsnittlig variabel FHD 60 fps	5 Mbps genomsnittlig variabel FHD 60 fps
Audio format	AAC LC Stereo 44 kHz	AAC LC Stereo 44kHz
Codec profil	isom/mp41 (MPEG-4)	m4a/isom (Apple + iTunes)
Audio ström	128 kb/s variabel	162 kb/s variable

Figur 59 – Jämförelse över video och audioformat på Youtube och Twitch, live och uppladdat

Formaten som används på Twitch och Youtube är kvalitetsmässigt mångfaldigt bättre än formaten för Zoom och Teams, både då det gäller direktsändningar och uppladdade föreläsningar. Trots möjligheten att välja låglatensläge på Twitch och Youtube och därmed komma ner till latenser kring 2 sekunder, räcker det inte för tvåvägskommunikation. En annan nackdel för direktsändning av material till Twitch och Youtube är att det krävs tilläggs mjukvara för materialkompositionen för att skickar videoströmmen till respektive

plattform. Twitch och Youtube har varsin webbsida med en lista på rekommenderade strömningsverktyg [14], [15]. Efter plattformarnas egna verktyg Youtube Studio Webbkamera och Twitch Studio Beta listar båda Open Broadcaster Software (OBS) och inom topp 5 finns även Streamlabs OBS och XSplit. Under avsnittet 2.4 motiveras varför OBS valdes för genomförandet av inspelningen.

5 Kvalitativ jämförelse

Två alternativ valdes för den praktiska genomföringen av materialproduktionen:

- 1) Zoom videokonferensmjukvaran i kombination med Røde Lavalier Go-mikrofonen kopplad till en Android telefon (Xiaomi Mi A2). På telefonen används Zoom-appen för att delta i föreläsningen. Även WO Mic-appen testas för att överföra ljudet till lärardatorn över det trådlösa nätet och Bluetooth för att jämföra pålitlighet och kvalitet¹³ över 2.4 GHz nätverket.
- 2) Røde Wireless Go-mikrofonen kopplad direkt till lärardatorn i kombination med OBS och Youtube.

Båda alternativen används för simultanproduktion av material för nätet vid sidan om dataklassundervisning under tiden för ett läsår, i totalt tio kurser. En kvalitativ jämförelse utförs där man utreder vilka praktiska och tekniska begränsningar inspelningalternativen har. Resultaten presenteras från föreläsarens synpunkt, sedan vidareutvecklas en av lösningarna.

Lösningen med Zoom och telefon är lättare och förmånligare, medan lösningen med Youtube och den trådlösa Røde-mikrofonen kräver mer förberedelser, redan bara på grund av OBS komplexitet. Syftet är att simultanproducera material för nätundervisning, och eftersom det lyckas med båda lösningarna, strävar diplomarbetet till att svara på två av forskningsfrågorna med hjälp de separata lösningarna. Lösningen med Zoom och telefonen svarar på frågan hur lätt och hur billigt det är att simultanproducera material, medan lösningen med Youtube och den trådlösa mikrofonen svarar på frågan hur kvalitativt materialet kan bli (inom ramarna för vad som anses genomförbart ekonomiskt och praktiskt av en enstaka föreläsare). Hur man konfigurerar mjukvaran och hur man Tillvägagångssättet för engångskonfiguration av mjukvara och hårdvara redogörs, varefter de praktiska förberedelserna för en föreläsning demonstreras. Undervisningsmaterialet är liknande för båda lösningarna då alla kurser är programmeringskurser för första eller andra årets studerande, materialet är nästan identiskt i en av tio kurser (kursen i webbtjänster, databaser och CMS har dragits två gånger på varandraföljande år).

5.1 Krav och vikt av val

Avhandlingen har utrett vilken typ av material som går att simultanproducera utan att kräva klipp eller editering. Avhandlingen har framställt praktiskt genomförbara sätt att spela in material i dataklass. Materialet kan produceras under en föreläsning utan avbrott och utan

¹³ Båda teknologierna använder samma 2,4 GHz nät vilket innebär att den tekniska kvaliteten förutsätts vara den samma. WiFi och BT uppkopplingen upprättas och upprätthålls på olika sätt, vilket kan påverka den uppfattade kvaliteten, som det här syftas på.

föreläsarens aktiva insats i produktionen. Den tekniska marknadsanalysen presenterade passande hårdvarualternativ och kom fram till att mjukvaran Zoom och OBS duger för materialproduktionen och att plattformarna Zoom Cloud, Youtube och Twitch duger för att publicera materialet. Alternativen som kvarstår fyller diplomarbetets syfte på ett tekniskt plan och flera alternativ är ekonomiskt möjliga att införskaffa.

Målet är att skapa ett arbetsflöde för att kunna producera undervisningsmaterial på nätet vid sidan om klassundervisning inom IT. Föreläsningarna består av flerformsundervisning i dataklass. En presentation används för att gå genom teorin och nätresurser ges ut både i text och videoformat. Till undervisningen hör även närundervisning där föreläsaren går runt i klassen. Inspelningsprocessen ska kunna skötas av en ensam föreläsare. Grundläggande teknisk kompetens kan förutsättas av föreläsaren men djupare kunskap om inspelningstekniken ska inte behövas. Processen ska kunna genomföras dagligen och med så lite tidsåtgång som möjligt både före och efter föreläsningar.

Hårdvaran ska vara så kompakt som möjligt, för att underlätta förflyttandet av tekniken från ett klassrum till det nästa. En långsiktig plan kunde vara fast installation av inspelningstekniken, och då har storleken på utrustningen mindre betydelse. Avhandlingen försöker utveckla en portabel lösning i mindre skala istället för att kräva stora investeringar för fastinstallationer i varje dataklass. Billigare hårdvara och mjukvara föredras, men inte ifall det ökar komplexiteten för lösningen eller innebär klart sämre kvalitet. I valen föredras mjukvara med öppen källkod och stöd för de tre populäraste operativsystemen. Det är viktigt att lösningen är lätt, även om det innebär en proprietär lösning. Gratis mjukvara föredras framför licensbelagda alternativ, men mjukvara kan också köpas ifall det underlättar materialproduktionen eller minskar på föreläsarens tidsåtgång.

5.2 Val av mjukvara

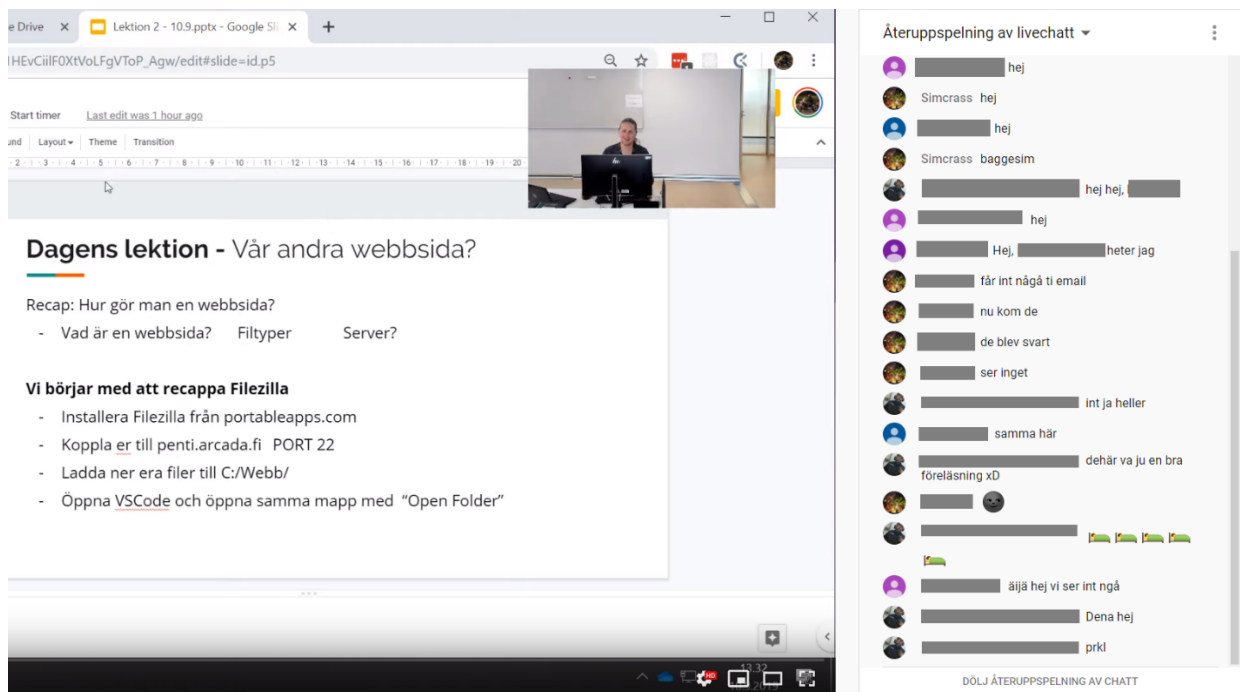
I tidigare avsnitt framgick att OBS lämpar sig bra för materialproduktion för både Youtube och Twitch. OBS måste konfigureras innan en direktsändning men konfigurationen behöver endast göras en gång per klassrum. Eftersom OBS är så populärt finns det också mycket resurser på nätet som kan guida en mindre insatt föreläsare genom processen.

The image shows a YouTube channel page for 'StreamerTeach'. At the top, there is a code editor snippet showing JavaScript and HTML code for a React component. Below the code is the channel header with the profile picture, name 'StreamerTeach', and subscriber count '22 prenumeranter'. There are buttons for 'ANPASSA KANAL' and 'YOUTUBE STUDIO'. The navigation bar includes 'HEM', 'VIDEOR', 'SPELLISTOR', 'KANALER', 'DISKUSSION', 'OM', and a search icon. The main content area features a playlist titled 'Webbutveckling 19-20' with a 'SPELA UPP ALLA' button. The playlist contains four video thumbnails for 'Lektion 1' through 'Lektion 4'. Each video has its duration and view count displayed. Below the playlist is another section for 'Ramverk och Webbapplikationer 19-20' with a 'SPELA UPP ALLA' button. On the right side, there is a 'FEATURED CHANNELS' section with a recommendation for 'thesourmango' and a 'PRENUMERERA' button.

Figur 60 – Lektioner från samma kurs går att kombinera till spellistor på en kanal på Youtube

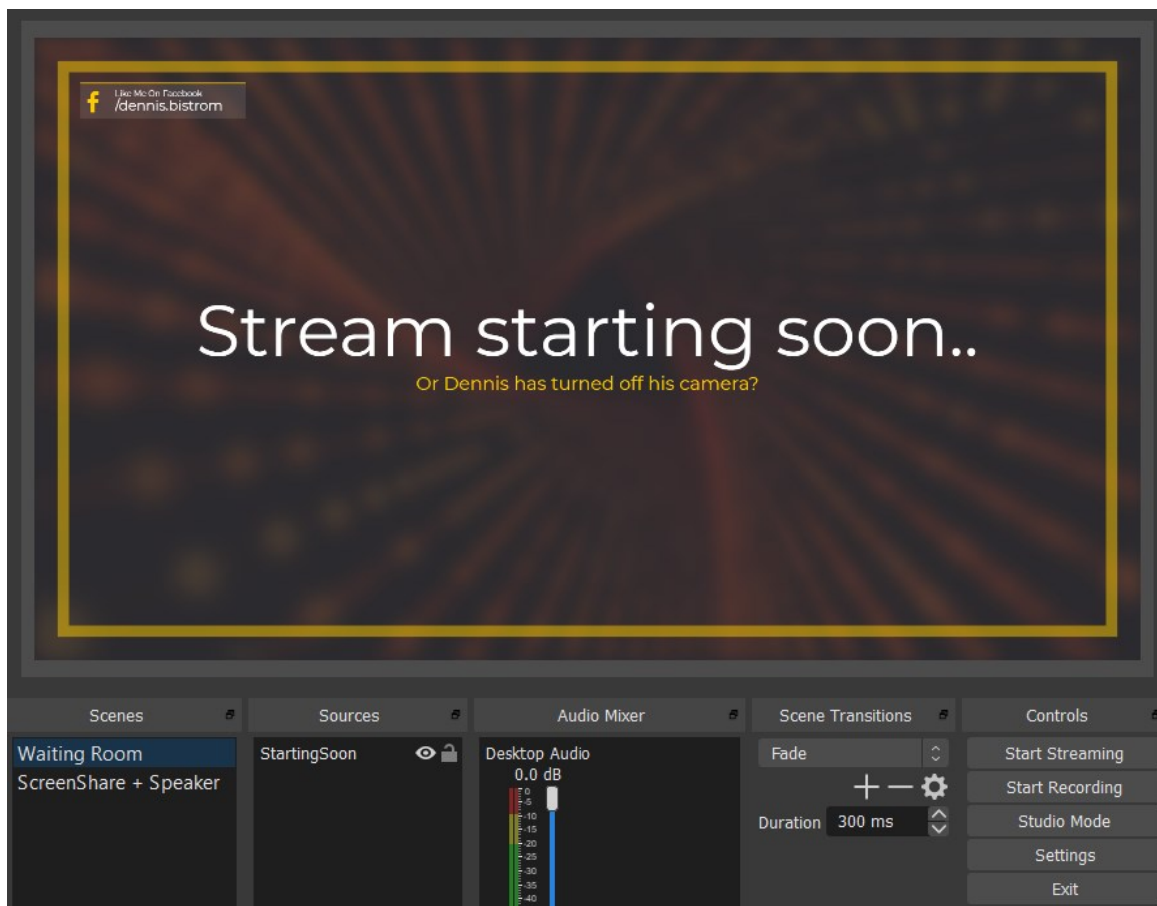
Utöver mångfaldigt bättre strömningsrater för både video och audio har Youtube och Twitch också andra fördelar framför Zoom och Teams. På Youtube och Twitch kan föreläsaren skapa ett starkare brand för kurser eller kurshelheter som hen drar genom att skapa kanaler och spellistor för sina uppladdade föreläsningar¹⁴. Youtube och Twitch erbjuder också direktåtergivning av chatten, där frågor som ställts i chatten under den direktsända föreläsningen återges vid samma tidpunkt som de ställdes när man ser på föreläsningen i efterhand.

¹⁴ Lyssnarengagemang i förhållande till brandstyrka kunde vara ett intressant ämne för fortsatt forskning.



Figur 61 – Studerande meddelar föreläsaren att hans skärm är svärtad med AV Mute.

Youtube som plattform har några fördelar jämfört med Twitch, då Youtube erbjuder ett väntrum för studerande ifall de deltar i föreläsningen innan strömningen har lagt igång. Samma kan givetvis återskapas med hjälp av OBS för direktsändning till Twitch, till exempel genom att manuellt skapa ett "väntrum". Om föreläsaren har en direktsändning igång dygnet runt, där man uppmanar tittarna att vänta på föreläsaren då när kameran inte är aktiv. Lösningen är illustrerad i Figur 62, och hur man skapar scener beskrivs i avsnitt 7.3.



Figur 62 – Ett unikt väntrum i OBS, istället för det generella väntrummet som Youtube erbjuder.

En annan fördel för Youtube framför Twitch är att det finns betydligt fler Google-konton än Twitch konton, 81 % av 15–25 åringar i USA använder Youtube [94]. Studerande kan följa föreläsarens kanal och få uppdateringar då nya föreläsningar laddas upp. Youtube känner igen tidskoder i videobeskrivningen, en värdefull tilläggssegenskap. Om man skriver 01:24 i en uppladdad videos beskrivning, konverteras den automatisk till en länk som flyttar uppspelningen till den tidpunkten. Det här gör det lättare för studerande att hitta innehållet de söker efter i en flera timmar lång föreläsning, då föreläsaren kan placera in referenspunkter genom inspelningen. Det tar ändå för länge för föreläsaren att gå igenom inspelningar, och en annan lösning har utarbetats i avsnitt 7.1. På grund av de ovan nämnda orsakerna valdes Youtube framför Twitch som publiceringsplattform.

Både konferensverktyget Zoom och MS Stream har dålig ljudkvalitet, men båda verktygen är lättare att använda än OBS med Youtube, delvis för att båda erbjuder sina egna molntjänster för publicering. Utöver den bättre användarupplevelsen har Zoom och MS Stream tilläggfunktionalitet som underlättar distansundervisning, till exempel möjligheten att räcka upp handen eller be om paus. Tvåvägskommunikationen fungerar endast med den låga latensen hos videokonferensverktygen, trots att Youtube och Twitch med sina sändningslägen för låg latens kommer ner till fördröjningar på 2 sekunder. Varken Youtube eller Twitch erbjuder studeranden möjlighet att dela sin skärm. Både med Zoom och Teams kan föreläsaren erbjuda fjärrassistens, vilket inte är en egenskap på Youtube och Twitch. Zoom har bättre ljud än Teams, och molnplattformen på Zoom visar upp skärmdelningen

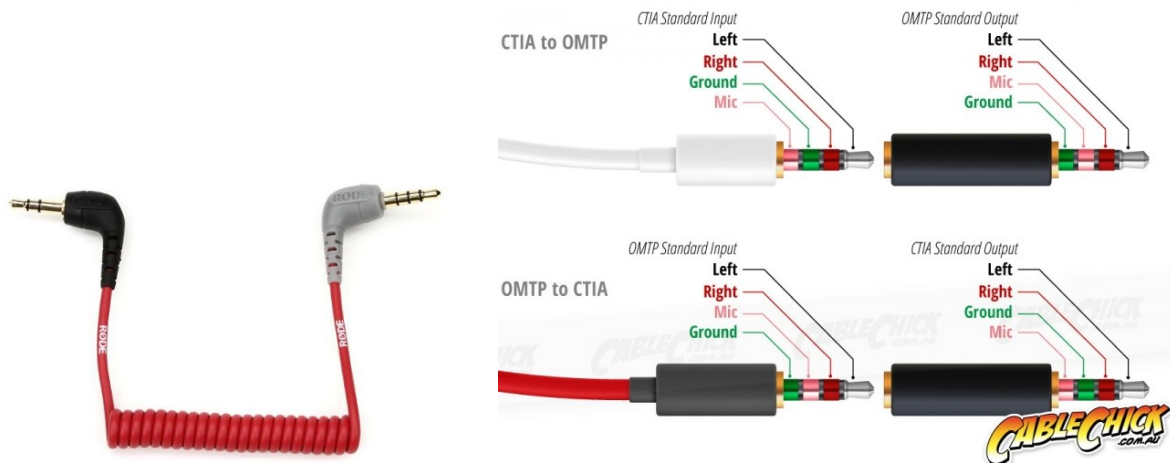
och föreläsarens video skilt, bredvid chatten från föreläsningen¹⁵. Zoom har fungerande skrivbordsdelning och man kan begära föreläsaren om fjärrkontroll. På Teams kan man erbjuda fjärrassistans endast ifall båda deltagarna hör till samma Microsoft Exchange miljö. Fördelarna för en fast mötesadress finns inte i Teams, och inställningarna för mötesrummen är färre än på Zoom. Flera egenskaper är inte alltid bättre, men bland annat de följande inställningarna gör Zoom till en klar vinnare bland videokonferensplattformarna: Möjligheten att stänga av mikrofonen och video för nya deltagare, möjligheten att ge deltagare portförbud till konversationen och möjligheten att slå på notifikationer för reaktioner som till exempel armuppräknning.

5.3 Val av mikrofon

I den tekniska marknadsanalysen begränsades utbudet av mikrofoner till en produkt- och prisklass. Här ansågs två produkter fylla avhandlingens krav: en billigare, kravattmikrofon Røde Lavalier Go, och en dyrare trådlös sändar-mottagarkombination, Røde Wireless Go. Båda lösningarna används i den kvalitativa jämförelsen eftersom det trådlösa alternativet är tre gånger dyrare och smarttelefonens Bluetooth och WLAN kan användas för att överföra ljudet trådlöst till lärardatorn.

Røde Wireless Go produktens mottagare kopplas rakt till lärardatorns mikrofoningång med en 3,5 mm TRRS kontakt. Det är inte helt problemfritt att använda Røde Wireless Go-mikrofonen eftersom den använder sig av en viss typ av en 3,5 mm plugg för att kopplas till lärardatorn. 3,5 mm pluggen finns i tre format, mono, stereo och headset, skapade för en, två och tre kanaler. Trots att man kan använda sig av adaptrar för att växla mellan de tre fysiska pluggarna finns det ingen gemensam standard för vilken pol i kontakterna som ska användas för en viss signal. Røde Wireless Mic produkten råkar fungera problemfritt då man kopplar in den med en stereo 3,5 mm plugg i mikrofonuttaget (ljusröd) bak på en bordsdator, men inte alls ifall man kopplar in den i headset uttaget på frampanelen på bordsdatorn. En adapter som konverterar 3,5 mm stereopluggen till en headsetkontakt fungerar inte nödvändigtvis heller, eftersom det beror på den mottagande datorn hur den hanterar den inkommande headset signalen (se *Figur 63*). Datorerna på Arcada har numera drivrutiner som frågar användaren vad det är för enhet som man kopplat in, och i fallet Røde Wireless Go kan man välja "Mic" bland alternativen.

¹⁵ Även direktuppspelning av chatten är en egenskap som Zooms molnplattform numera har (April 2020), trots att den egenskapen inte fanns då den kvalitativa jämförelsen utfördes (Våren 2018->)



Figur 63 – Røde erbjuder adapters (till vänster) [95] men det finns ingen garanti att mottagardatorn följer någon specifik standard (till höger) [96].

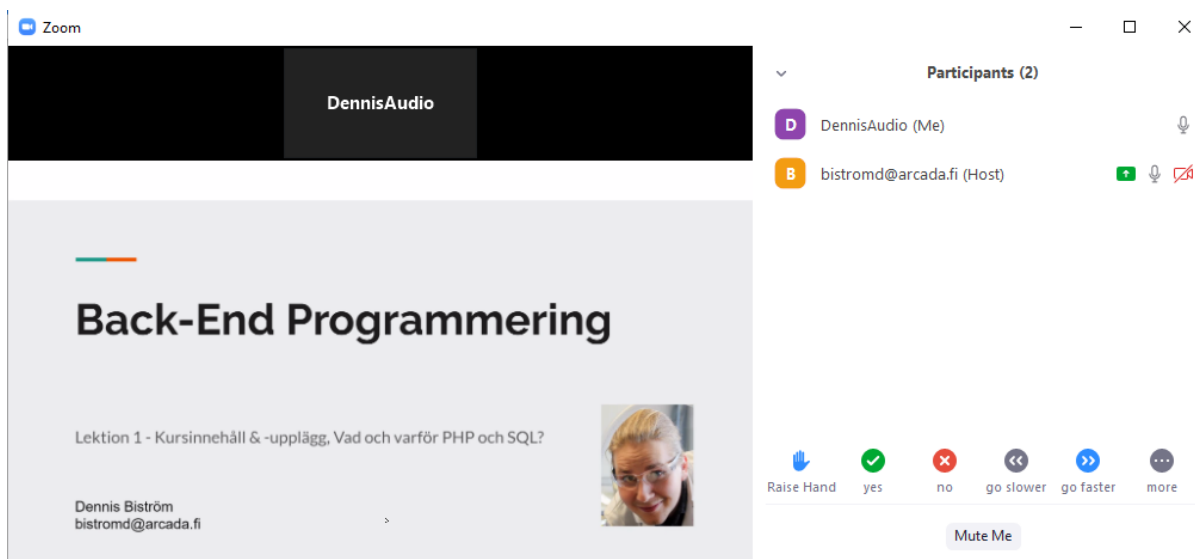
Sändaren fästs vid föreläsarens krage. Både sändare och mottagare måste laddas skilt och därför har en vägggenhet med två USB-C utgångar införskaffats. Efter varje föreläsning tas sändare och mottagare bort från klassrummet för att laddas, men också för att minska risken för stöld. Lösningar från film- och tv branschen producerade ljud av onödigt hög kvalitet i jämförelse med ljudkvaliteten på publiceringsplattformerna och skulle innebära en mottagarenhet som installeras vid lärardatorn och även den trådlösa sändarenheten behöver en fast installerad laddningsstation eller ett förråd med batterier.

För att kunna Røde Lavalier Go-mikrofonen trådlöst ska kunna överföra ljudet till lärardatorn krävs en sändare och mottagare. Røde Lavalier Go-mikrofonen kopplas till en smarttelefon som använder Bluetooth eller WLAN teknik för att sända ljudet till lärardatorn. Lösningen med lavalier-mikrofonen innebär inte en till enhet att laddad, förutsatt att föreläsaren inte kommer till lektionen med en urladdad telefon. Det finns många modeller av kravattmikrofoner, och chefen för AV på Arcada förhöll sig skeptisk till ljudkvaliteten av Røde Lavalier Go-mikrofonen. Han hade tillgång till en motsvarande kravattmikrofon, en Audio-Technica ATR3350 som han hade testat och var vanlig i produktioner. Både Røde Lavalier Go och Audio-Technica ATR3350 mikrofonerna används tillsammans med samma smarttelefonen. Metodiken försäkrar därmed att eventuella brister i ljudkvalitet inte orsakas endast på grund av en okänd mikrofonprodukt. Audio-Technica-mikrofonen är lite billigare än Røde Lavalier Go-mikrofonen och har en brytare på sladden för att man ska kunna stänga av den. Inuti brytaren finns även ett LR44 batteri som måste bytas med jämna mellanrum för att ljudet ska fungera.



Figur 64 – Røde SmartLAV+ kopplad till en smarttelefon [97].

För överföringen av ljudet till lärardatorn används Zooms app på smarttelefonen. Föreläsaren deltar med smarttelefonen i samma möte som studerande. Lärardatorn och skärmdelningen deltar också i samma möte. På det här sättet är föreläsaren med i mötet som två användare, en för ljudet, och en för skärmdelning och webbkamera. Approachen är lätt att använda och ljudet kan överföras trådlöst antingen över telefonens trådlösa nät eller över mobilnätet. På Zoom kan man bara dela en skärmdelning i gången så lärarens skärmdelning är alltid i fokus och hindrar studerande från att dela sina skärmar så länge som lärarens skärmdelning är aktiv. Ett minus med att hämta ljudet från smarttelefonen är att Zoom mjukvaran byter fokus till den deltagaren som talar automatiskt. Det här resulterar i att bilden från föreläsaren med webbkamera ersätts av en svart låda från användaren som ljudet kommer från alltid då föreläsaren talar (se Figur 65). Funktionaliteten går inte att stänga av för hela mötesrum, men varje mötesdeltagare kan själv välja att endast se på videon av föreläsaren och därmed stänga det automatiska byte mellan talarna. En genomgång av praktiska egenskaper i mjukvaran finns i avsnittet 6.1.



Figur 65 – När föreläsningen börjar deltar redan två deltagare, lärardatorn och föreläsarens smarttelefon.

5.4 Val av kamera

Det framkom i tekniska marknadsanalysen att det till finns två eller tre typer av kameror som uppfyller föreläsaren samt plattformarnas krav samt och vilka föreläsare på YH-nivå har råd med: Mindre bärbara videokameror (eng. camcorder) som placeras på stativ och kopplas till datorn via USB eller Firewire¹⁶, PTZ kameror (som helst ska fastinstalleras), och webbkameror som är vanliga på Twitch och Youtube (vilka också behöver stativ).

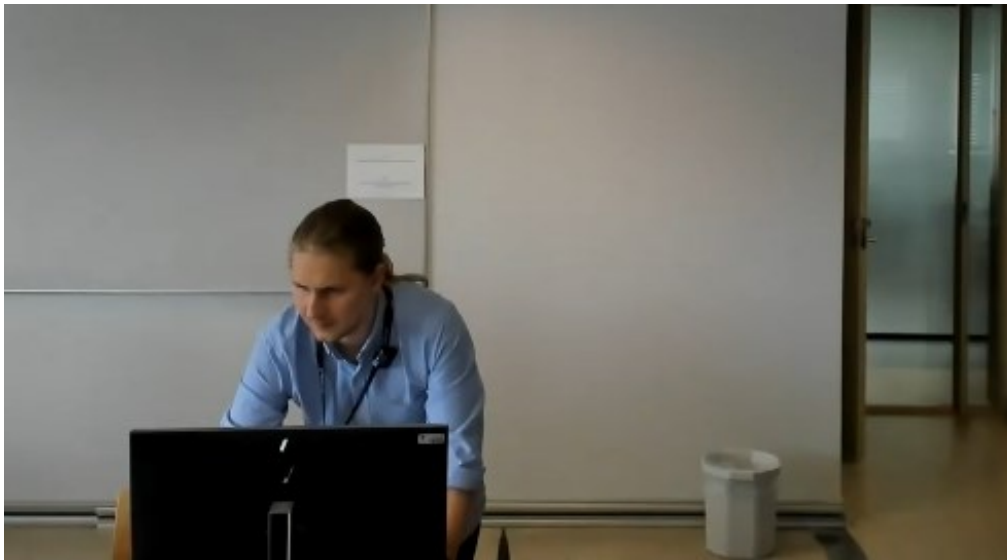
Videokameror är i regel dyrare än webbkameror, men har större linser och sensorer vilket resulterar i högre ljuskänslighet. Högre ljuskänslighet innebär bättre bild speciellt i sämre ljusförhållanden, dock är dataklasser ofta väl belysta. Bland videokamerorna ämnade för hemma eller hobbybruk finns det produkter som är i samma prisklass som webbkamerorna men producerar bättre bildkvalitet. Problemet med videokameror är att de inte har direkta videoutgångar som kan kopplas till datorn, vilket gör det svårt att motivera valet av en videokamera för direktsändningssyfte. Det finns undantag som Zoom Q8 kameran [98], men även här är resolutionen över USB begränsad till 720p. Idag har videokamerorna oftast en miniHDMI som utgång för videon, vilket i sin tur kräver tilläggsutrustning för att konverteras till USB, PCI-E eller Thunderbolt. Videokameror kräver också extern ström till skillnad från webbkameror som får strömmen över USB.

PTZ kameror finns i en bred prisklass allt från billiga kameror ämnade för att övervaka hem till dyra modeller som kan fjärrstyras och har motorik samt optik som lämpar sig för även stora auditorier. Logitech PTZ Pro kameran har ett pris på 750 € och är därmed lite dyrare än videokamerorna som skulle passa för inspelning. Bildkvaliteten för kameran är jämförbar med bilden för betydligt billigare webbkameror och man har inte användning för kamerans optiska Zoom och PTZ funktionalitet vid simultanproduktion av material för nätet. I regel är lärardatorn fast installerad i en dataklass, så efter en engångsinstallation behöver bilden inte justeras (och samma gäller webbkameror). PTZ kameror i den här prisklassen följer inte föreläsaren automatiskt och för att flytta kameran behövs en aktiv insats av föreläsaren. Mångfaldigt dyrare produkter som till exempel AutoTracker kameran kan automatiskt följa med föreläsaren, men utöver priset krävs också proprietär mjukvara som gör det svårt att använda kameran tillsammans med till exempel OBS.

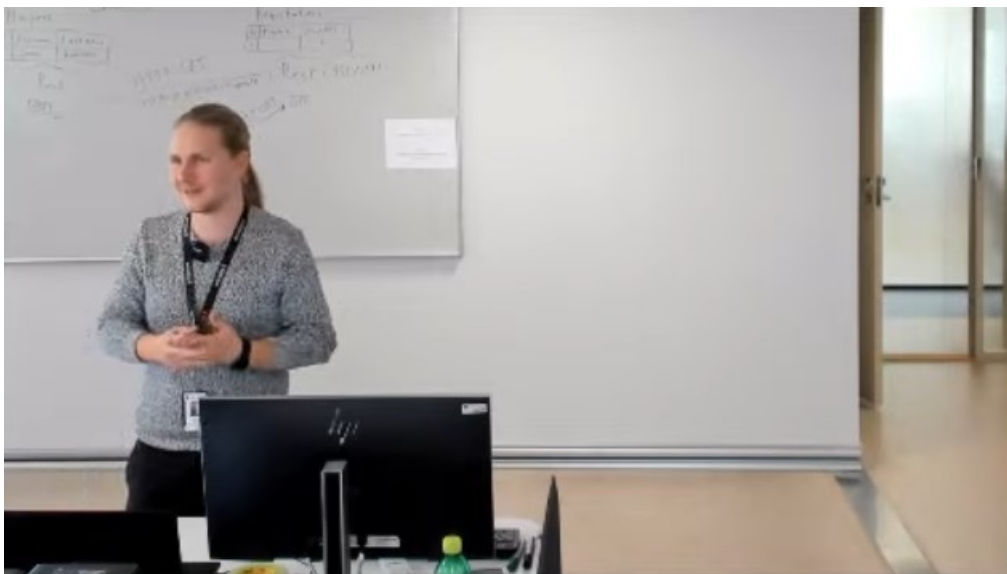
Webbkameror är det mest ekonomiska alternativet och kopplas till datorn med endast en sladd. Bildens egenskaper kan styras från värddatorn till exempel i OBS utan tilläggs mjukvara. Webbkameror är små och lätta, så ett mikrofonstativ räcker för att montera dem i klassen. Om utrustningen är mindre synlig lägger också färre studerande märke till den. Trots den enkla optiken och mindre sensorer i webbkameror framkom det i den tekniska marknadsanalysen att de tekniska egenskaperna för Logitech Brio och C920 kamerorna kvalitetsmässigt räcker till för att spela in föreläsningarna. Eftersom föreläsarens bild är så liten syns ingen skillnad i noggrannheten av kamerorna trots att Brio har fyra gånger så många pixlar. Avhandlingen utgår ifrån att hålla inspelningsprocessen så lätt som möjlig och därför jämförs kamerornas bildkvalitet endast vid standardinställningarna i figurerna nedan. Vid standardinställningarna producerar Logitech Brio kameran har en bättre

¹⁶ FireWire anses död/ersatt av Thunderbolt eller USB 3.0 och finns inte i dagens videokameror, men även äldre videokameror klarar av 1080p, vilket räcker för vårt syfte.

bild medan man för C920 kameran måste manuellt öka exponeringen av bilden för att nå samma resultat.



Figur 66 – Skärmbild av Logitech C920, med standardinställningar.



Figur 67 – Skärmbild av Logitech Brio, med standardinställningar.

Trots att Logitech Brio kamerans höga resolution inte syns i den lilla bilden över föreläsaren är kameran ändå av speciellt intresse. Eftersom den klarar av att spela in video med 30 bilder i sekunder i 4k resolution kan man använda sig av upp till en 4x digital zoom för 1080p video och upp till 9,6x digital zoom för 720p. Likt idén som verkställts i AutoFramer produkten från 1 Beyond [78] kan mjukvarubaserad ansiktsgenkänning i kombination med beskärning och panorering av bilden (eng. crop & pan) göra det möjligt att hålla föreläsaren mitt i bild också när hen rör sig framför tavlan. Implementationen av lösningen behandlas i stycket 7.5.

5.5 Teknologi

5.5.1 Trådlös överföring av ljud

Tekniska marknadsanalysen kartlade relevanta produktsegment och vilken teknik som används inom dem. Pris och användbarhet var avgörande faktorer i valet av produkterna. För trådlösa överföringen av ljud kan produkterna delas in i huvudsakligen två (tre) frekvensområden och tillhörande tekniker, UHF (& VHF) samt 2,4 GHz. Trådlös överföring av ljud är ett brett ämnesområde och det är inte syftesenligt att noggrant granska all problematik. Värt att nämna är ändå några tumregler, grundbegrepp, begränsningar och problematik associerad med trådlös överföring av ljud. En tumregel är att bandbredden ökar, räckvidden minskar och signalen är känsligare för hinder vid högre frekvenser.

I Finland får man utan lov använda sig av sändare och mottagare som använder följande frekvensområden: 174–230 MHz, 470–694 MHz, 823–832 MHz, 863–865 MHz, 1785–1804,8 MHz, 2200–2290 MHz och 2315–2400 MHz [99]. Till VHF hör 174–230 MHz området som används allt mindre bland trådlösa mikrofoner och till exempel Verkkokauppa.com säljer inte längre en enda trådlös mikrofon som använder sig av VHF området. Till UHF hör frekvensområden 470–694 MHz, 823–832 MHz och 863–865 MHz [100]. Det första intervallet 470–694 MHz delas i Finland med tv-kanalerna och är det vanligaste sändningsområdet för internationella mikrofontillverkare. Frekvenserna mellan 800–900 MHz inte är områden som internationellt får användas utan lov vilket påverkar utbudet av trådlösa mikrofoner som sänder i det här området. De högsta frekvensområden i öppet bruk i Finland: 1785–1804,8 MHz, 2200–2290 MHz och 2315–2400 MHz områden, hör enligt IEEE till radiofrekvenser i S-Bandet, och det sista två är del av det så kallade ISM-banden (eng. Industrial, Scientific and Medical) definierat av Internationella teleunionen (ITU-R). Bandet kallas även för 2,4 GHz bandet och har nått massiv utsträckning som följd av att den används för både WLAN och Bluetooth kommunikation.

Innan man tar i bruk UHF mikrofoner måste man granska vilka frekvensområden som är i bruk för att undvika att orsaka eller utsättas för störningar. I ett hus som till exempel Arcada finns ofta personal som är medvetna om vilken inspelningsutrustning som används och var. Mikrofoner som används i närheten av varandra är förinställda att sända på specifika kanaler för att undvika interferens. Mikrofoner som kommunicerar i 2,4 GHz området är speciellt utsatta för störningar då samma frekvensområde används av varje smarttelefon i närheten. Speciellt i höghus och närmare stadskärnan kan det finnas stora mängder enheter som kommunicerar över samma frekvenser, och det kan vara fördelaktigt att kunna låsa ett trådlöst modem till vissa kanaler, ifall modemmet har en sådan funktion. Många nätverksmodem, smarttelefoner och även Røde Wireless Go-mikrofonen sköter kanalväxlingen automatiskt, vilket är effektivt i en statisk miljö. Hårdvarutillverkare erbjuder allt mindre integrerade kretsar (eng. SoC) som använder sig av diverse "smarta" teknologier, som till exempel att koppla upp sig till två kanaler samtidigt för att smidigt kunna byta kanal ifall kretsen märker av interferens från andra enheter [101] [102].

Traditionell UHF (och VHF) teknik används fortfarande aktivt för trådlösa mikrofoner i professionella sammanhang trots att området kring 2,4 GHz erbjuder högre bandbredder och billigare utrustning. 2,4 GHz området kräver som följd av den högre frekvensen mera

energi och har kortare räckvidd [103]. 2,4 GHz området är även mer känsligt för störningar från mikrovågsugnar och andra WLAN och Bluetooth enheter. Även om området kring 2,4 GHz rent tekniskt är smalare och känsligare för störningar, har populariteten av 2,4 GHz sändare och mottagare bland tillverkarna¹⁷ gjort mikrofoner som använder 2,4 GHz området lika kapabla och storleksmässigt mindre än UHF motsvarigheter i samma prisklass. Även Bluetooth teknologin har genomgått revisioner och kodek för ljudöverföring som introducerats i de tekniska specifikationerna för Bluetooth 4.0 och 4.1 (2010 respektive 2013, behandlades i stycket 4.1.2.1) räcker till för att överföra ljud till lärardatorn [104]. I det här diplomarbetet jämförs pålitligheten av Bluetooth WLAN förbindelsen även i praktiken.

5.5.2 Videokompression

H.264-H.265, processorkrav och HW encoding möjligheter

Videon som spelas in med webbkameran och strömmas till Youtube komprimeras med H.264. För att ställa in mängden kompression används en kvalitetsinställning. För full HD material med upp till 30 bilder i sekunden används inställningen 4.1. För full HD material med upp till 60 bilder i sekunden används kvalitetsinställningen 4.2. I videomaterial används en blandning av hela bilder och bilder som endast innehåller information om differensen till den föregående bilden. På det här viset sparar man bandbredd då videomaterial består av en ström av bilder som till stor del är likadana som den föregående (och den nästa). För streaming till Youtube ska dessa hela bilder, så kallade keyframes skickas varannan sekund. För videoströmmen används en konstant strömningshastighet (eng. bitrate). Ljudet som spelas in kan strömmas till Youtube som AAC eller MP3 och ha en samplingsfrekvens på 44.1 KHz och en strömningshastighet på 128 kbps [27]. För Zoom behöver inte några kvalitetsinställningar ställas in. Zoom programvaran tillåter en att slå på eller av HD video för kameran, men när det gäller skärmdelning spelas videon alltid in med samma format och komprimeras med H.264 AVC kodeken med kvalitetsinställningen 5.

För att kunna strömma 1080p video från skärmdelningen och minst 720p video från webbkameran måste hårdvaran klara av det. De här resolutionerna motsvarar de som idag erbjuds på inlärningsplattformar på nätet. I OBS kan vi välja om vi använder hårdvaruaccelererad kompression eller ifall kompressionen sker med hjälp av mjukvara. Vilka hårdvaru- och mjukvarubibliotek som är tillgängliga beror på lärardatorns operativsystem och givetvis hårdvara. Lärardatorerna på Arcada snurrar Windows och har inte grafikkort som stöder Nvidias lösningar för videokompression med hårdvara CUDA och NVENC [105]. I och med avsaknaden av hårdvaruacceleration kräver kompressionsprocessen ganska mycket processorkraft och vid direktsändning använder OBS runt 40 % av effekten av en bärbar dator av modellen Dell Latitude 7480, något som klart påverkar datorns prestanda. I dataklasserna på Arcada har föreläsare även tillgång till en bordsdator av modellen HP Elitedesk 800 G4 TWR. Vid direktsändning belastar OBS processorn med ungefär 27 % vilket inverkar på prestandan, men endast i situationer där man närmar sig full belastning. En nämnvärd situation där prestandan tog slut var i en Java-kurs då man emulerade Android 7.0 på en Nexus 5 telefon i Android studio. Det är svårt att avgöra ifall strömningen av video var den enda faktorn i att processorkraften tog slut. Aktivitetshanteraren visade inga andra krävande processer än Android Studio och OBS,

¹⁷ I kombination av bland annat möjligheten till mindre antenner och automatisk kanalväxling i och med kapabla inbyggda datasystem [143]

men emuleringen av Android är ganska avancerat och även till exempel processer inuti emulatorn orsakar tilläggsbelastning för processorn.

Hårdvarukompression minskar kraven för processorn mångfaldigt. Applikationer som kan använda sig av CUDA på Nvidias grafikkort kan öka prestandan med två till fem gånger i jämförelse med endast processorbaserad kompression [67]. Även om processorkraften på lärardatorn räcker till för att komprimera videon för direktsändningen, finns det en klar fördel med att flytta kompressionen till grafikkortet och befria 30 % av processorns beräkningskraft för stunder då processorn temporärt utsätts för hög påfrestning, till exempel när man öppnar en webbläsare eller sin IDE (Integrated Development Environment).

6 Resultat

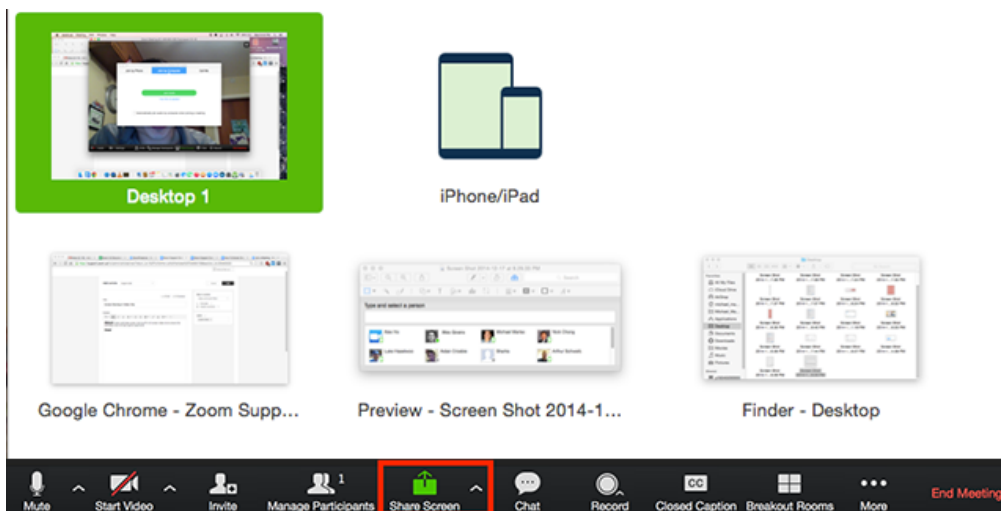
Zoom och Youtube fungerade båda som verktyg för simultanproducering av material för nätet vid sidan om dataklassundervisning. Alternativen användes i 4 respektive 6 kurser under loppet av drygt ett läsår 18–19. Båda tillvägagångssätten erbjöd fördelar och nackdelar. Kapitlet utreder ifall avhandlingens funktionella mål uppnåddes, varefter praktiska och tekniska begränsningar presenteras. Det bättre alternativet för materialproduktion koras vinnare och vidareutvecklas.

6.1 Zoom + Telefon

Zoom är ett lättanvänt videokonferensverktyg som möjliggör undervisning på distans såväl som inspelning av föreläsningen. Lösningen med Zoom och föreläsarens telefon är den lättaste och mest ekonomiska lösningen för att erbjuda distansundervisning med godtycklig kvalitet. Avsnittet koncentrerar sig på möjligheterna för distansundervisning och lägger vikt på användarvänlighet, jämfört med följande avsnitt, Youtube + Røde, som strävar till att direktsända och spela in material av hög kvalitet med minsta möjliga inverkan på arbetsbördan för föreläsaren.

Zoom visade sig ha bättre bild- och ljudkvalitet än Teams, också Zooms molnplattform var bättre utformad. För att spela in bilden på föreläsaren används Logitech C920 webbkameran kopplad direkt till lärardatorn med USB. För inspelning av ljudet används föreläsarens smarttelefon och en kravattmikrofon av modellen Røde Lavalier Go. Lösningen är billigast då man endast behöver köpa mikrofonen, och eftersom mikrofonen inte är trådlös det blir ingen tilläggsenhet att hålla laddad.

Inför den första föreläsningen behöver bild, ljud och mjukvara konfigureras. Kameran placeras framför föreläsaren genom att montera den på den en skärm i raden närmast föreläsaren i dataklassen med den medföljande foten för kameran. Kameran har plats för en skruv som möjliggör montering på stativ, men USB sladden är knappt två meter lång vilket gör att man behöver en förlängningssladd för att montera kameran på stativ. För att spela in ljudet från föreläsaren används Zoom-appen på smarttelefonen.

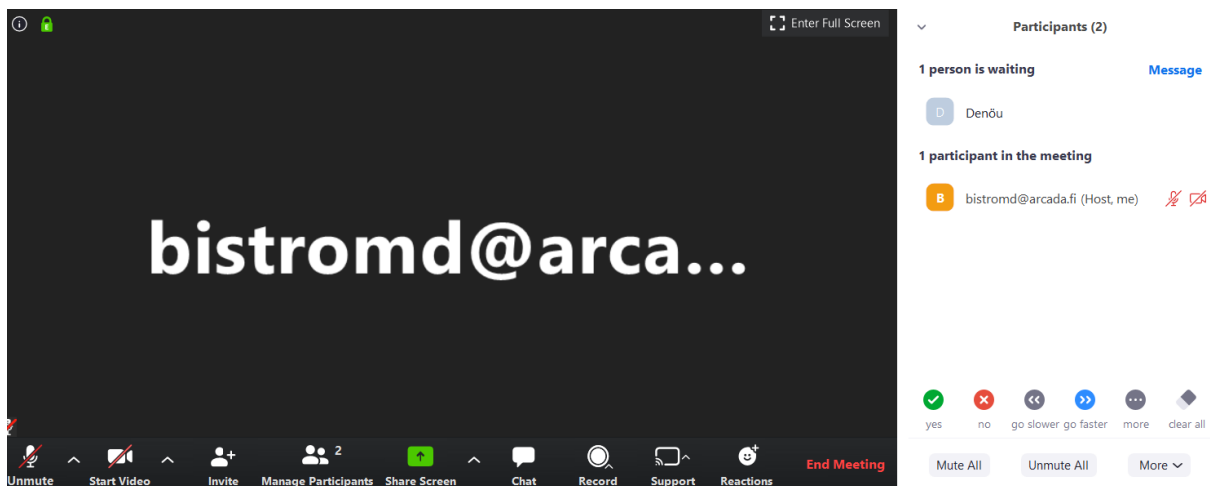


Figur 68 – Skärmbild av Zoom och skärmdelningsalternativ för föreläsaren.

Man kan starta Zoom mjukvaran direkt eller genom att navigera direkt till en Zoom mötesadress på nätet, som i sin tur öppnar mjukvaran automatiskt. Väl i mjukvaran kan man starta möten på tre sätt, genom att schemalägga ett möte, genom att starta ett möte direkt, eller genom att skapa ett personligt mötesrum med en fast adress. Vid schemaläggning skickar man mötesinbjudningar till de som är inbjudna med epost. Zoom erbjuder även möjligheten att exportera möteshändelser till bland annat Microsoft Exchange. Då man startar ett möte direkt, genereras en webbadress unik för det mötet. Genom att skapa ett personligt mötesrum kan man binda sig till en fast adress, som sedan kan delas ut till diverse deltagare i god tid, utan att måsta schemalägga eller starta ett möte i förväg¹⁸. Det personliga mötesrummet är klart det mest ändamålsenliga för en lektor som håller många föreläsningar och ofta drar flera kurser samtidigt med många studerande. Mötesrummet behöver konfigureras endast en gång, varefter man kan dela sin adress till alla deltagare till exempel på kursens hemsida eller via kurshanteringsverktyg som Moodle (ÅA) eller ItsLearning (Arcada).

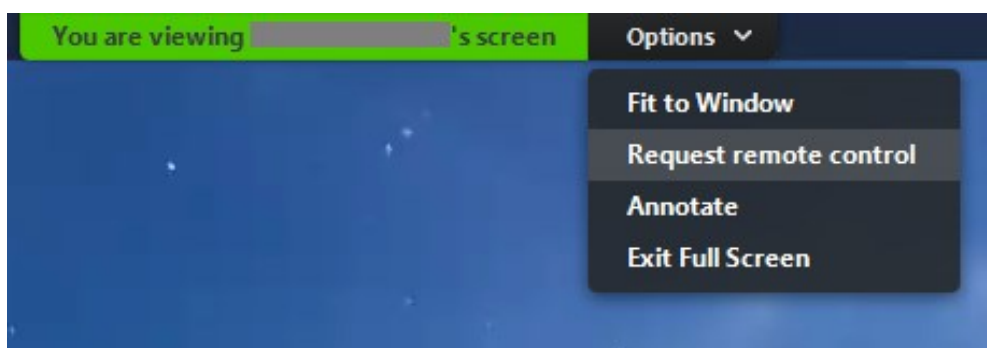
Ifall mötesrummet inte är skyddat med ett lösenord och väntrumsfunktionaliteten är avstängd kan studerande komma och gå hur de vill utan föreläsarens tillåtelse. För föreläsaren kunde det här resultera i att mötesrummet inte är tomt då man ska påbörja sin föreläsning, eller att man blir utsatt för "Zoombombing" [106]. Ägaren av mötesrummet kan givetvis sparka ut icke-inbjudna gäster men ifall man inte vill utsätta sig för "faran", kan man aktivera ett väntrum eller skydda mötesrummet med ett lösenord. Om väntrummet är aktiverat måste värden släppa in alla deltagare vilket är distraherande i en föreläsningssituation (sena studerande är dock distraherande även i vanliga klassrum). Genom att lösenordskydda mötesrummet skyddar man sig från användare som gissar sig fram till mötesadressen. I praktiken gör lösenordet inte det svårare för studerande att delta eftersom man kan inkludera lösenordet i rummets webbadress som GET (till exempel <https://arcada.zoom.us/j/64851479789?pwd=T01HNnIPSHhOW>).

¹⁸ Adressen till ett mötesrum ser till exempel ut så här: <https://zoom.arcada.fi/my/bistromd>



Figur 69 – Zoom möte med en studerande i väntrummet

Studerande kan delta i undervisningen med ljud och video eller via chatt. Om det är få som deltar kan ljud och video fungera men för en hel klass blir det för stökigt och chatt fungerar bättre, det här diskuteras i det nästa stycket. Zoom erbjuder egenskaper som passar bra för ett virtuellt klassrum då man kan interagera med föreläsaren via så kallade reaktioner (eng. "reactions"). Med reaktioner kan studerande till exempel visa tummen upp eller ner, önska snabbare takt eller paus, och svara ja eller nej utan att måsta avbryta talaren. Zoom tillåter föreläsaren att dela en video, en ljudkanal och en skärmdelning. Man kan välja att dela hela skärmen eller enstaka program, illustrerat i Figur 68. Även studerande kan dela med sig sin skärm, men endast en skärmdelning kan vara aktiv samtidigt. Man kan gå runt begränsningen med hjälp av tilläggsprogram som till exempel OBS där man kan skapa en skärmdelning som Zoom känner igen som en videoenhet, vilket illustreras i avsnitt 7.7. Delning av ljud, video och skärm möjliggör distansundervisning vid sidan om klassundervisning och även studerande kan dela sin skärm på distans. Zoom stöder också fjärrstyrning (eng. remote support) av deltagarnas datorer, så ifall studerande behöver hjälp kan de begära föreläsaren att ta över kontrollen av mus och tangentbord.

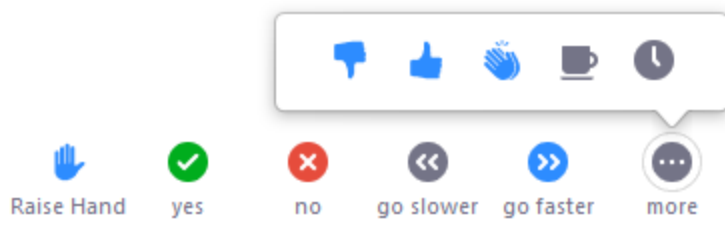


Figur 70 – Om föreläsaren stoppar sin skärmdelning kan en studerande dela skärm och be om stöd på distans

Efter att tekniken har införskaffats och monterats, och den fasta adressen till mötesrummet har skapats, krävs i praktiken inga tilläggsförberedelser för själva Zoom mötet. Studerande har föreläsningarna i dataklasserna som vanligt, men även alternativet att delta på distans erbjuds nu via den personliga Zoom länken. Av studerande förutsätts bara att de klarar av

att starta Zoom, något som tack vare Zooms breda stöd för enheter¹⁹ inte har orsakat problem. Förutom distansundervisningen kan man med Zoom även simultanproducera undervisningsmaterial för nätet vid sidan om dataklassundervisning, genom att spela in föreläsningen. Man påbörjar en inspelning genom att trycka på "banda till molnet"-knappen (eng. "Record to cloud") då föreläsningen börjar²⁰. Efter att en föreläsning har spelats in till molnet, behandlas och komprimeras videon på Zooms servrar. Processen tar oftast runt ¼ av föreläsningens längd. Efter behandlingen får föreläsaren en länk till inspelning per epost. Länken kan sedan delas till exempel i kursens gruppchatt för deltagare som inte kunde delta (varken fysiskt eller på distans) i föreläsningen då den var inbokad.

En av utmaningarna med distansundervisning är tvåvägskommunikation. Ifall föreläsarens uppkoppling är bra är latensen för Zoom är mindre än en sekund, och även om latensen beroende på uppkopplingen givetvis kan öka, är videokonferensverktyg specifikt ämnade för fungerande tvåvägskommunikation. När alternativet för deltagande per distans togs i bruk i kursen Webbutveckling (första året, period 1) var det typiskt att se dryga 10 deltagande på distans, och ungefär 30 i dataklassen²¹. Redan på första föreläsningen blev det klart att det är svårt att kombinera tvåvägskommunikation med ljud hos deltagarna på distans. Klassrummet har bra högtalare (Genelec 6020A) men deltagarna har dåliga mikrofoner med varierande ljudnivå vilket gör det svårt för studerande på distans att delta som en naturlig del av undervisningen²². Efter ett antal smaskande och skrikande deltagare tystades distansdeltagarnas mikrofoner. Även videodeltagande förbjöds fort då nya deltagare syntes på tavlan och stal uppmärksamheten från undervisningen. I mindre grupper och labb där studerande är i en aktivare deltagarroll än vid teoriundervisning framför klassen kan deltagarna bra delta både med video och audio. Teoriomfånget och mängden gemensam undervisning är mindre i sådana sammanhang och därmed är simultanproduktion av material för nätet inte lika relevant.



Figur 71 – Reaktionen på föreläsningen kallar Zoom för "Non-verbal feedback" [107].

Distansdeltagare har möjlighet att delta i undervisningen genom att skriva i chatten eller använda sig av de inbyggda reaktionerna i Zoom för att räkka upp handen eller för att visa tummen upp. Föreläsaren får en avisering när det här sker vilket gör det möjligt att reagera

¹⁹ Studerande har många gånger deltagit per smarttelefon i bussen eller tåget till exempel då de är försenade till föreläsningen.

²⁰ Här är det möjligt att från inställningarna slå på automatisk inspelning till molnet då mötet börjar, men då det i praktiken alltid tar minst 10 minuter för föreläsare och studerande att sätta sig till rätta orsakar det här dötid i början av föreläsningen, vilket inte är önskvärt.

²¹ Efter att verktyget blivit bekant, vilket tog ungefär fyra föreläsningar.

²² Någon i klassen föreslog en snäcka hos föreläsaren, något som kunde vara ett ämne för fortsatt forskning. Kvaliteten av ljudet via Zoom är låg och som följd måste man ha ganska hög volym på talarna, vilket gör inslag från deltagare på distans invasiva för föreläsaren. Kommunikationen blir även onaturlig eftersom klassdeltagarna inte hör det som distansstuderande berättar föreläsaren.

snabbt på reaktionerna. Föreläsaren kan ha uppe deltagarlistan och chatten bredvid innehållet som delas för snabb interaktion, men ifall skärmen visas på en projektor i klassen så ser studerande chatten. Om studerande till exempel skickar personliga privatmeddelanden till föreläsaren eller säger osakligheter så visas de för klassen. Det är därför rekommenderat att hålla chatten uppe på en skild skärm²³. Även om chatten visas för studerande i klassen så gömmer Zoom chatten och deltagarlistan på den inspelade videon i molnet. Chatten sparas istället i en skild fil och visas upp bredvid inspelningen vid (synligt i Figur 43). För tillfället finns inte möjlighet att editera en chatt uppladdad i molnet. Det är därmed inte möjligt att till exempel ta bort enstaka osakliga meddelanden i chatten för en inspelning uppladdad i molnet, men det är både möjligt att ladda ner den lokalt och att ta bort den från molninspelningen.

My Recordings > bistroimd@arcada.fi's Personal Meeting Room

bistroimd@arcada.fi's Personal Meeting Room [Share](#)

Sep 5, 2019 08:35 AM Helsinki ID: 633-594-4390

7 total views • 1 total downloads [Recording Analytics](#)

Recording 1
5 files 2.47 GB

[Download \(5 files\)](#) [Copy shareable link](#)

Shared screen with speaker view	944 MB
Speaker view	621 MB
Shared screen	886 MB
Audio only	81 MB
Chat file	723 B

Figur 72 – Ifall osakligheter förekommer i chatten kan bevisen laddas ner och chatten tas bort från den inspelade föreläsningen. Samma gäller även ljudspåret, i vilket fall man får fundera vad inlärningsvärdet av endast bilden är.

För att följa med närvaro på distans kan man be studerande att hälsa på föreläsaren i chatten. Eftersom chatten sparas i molnet är de då lätt att se vem som har deltagit²⁴. Systemet för närvaro i kombination med Zooms inbyggda aktivitetsmonitoreringslösning erbjuder föreläsaren två bra verktyg för att bilda en uppfattning om studerandeengagemang på distans. Aktivitetsmonitoreringen visar en klockikon bredvid deltagaren ifall hen har haft ett annat fönster än Zoom aktivt i över 30 sekunder. Klockikonen kommer och går hos studerande när de använder nätresurser eller öppnar sin IDE, men när man talar önskar man att klockorna försvinner från deltagarlistan [108]. Aktivitetsmonitoreringen är inte alltid problemfri på datorer med många skärmar, två studerande med Linux har också rapporterat att den inte fungerar alls.

²³ Föreläsare har oftast tillgång till en bärbar laptop så det här innebär inte tilläggsutgifter.

²⁴ Eftersom man fritt får välja sitt namn när man kommer in i mötesrummet, är det viktigt att be studerande att använda sitt riktiga namn i chatten.



Figur 73 – Klockikonen kommer och går, men om den förblir synlig när man talar har deltagarna klockat ut.

Närundervisning hör till dataklassundervisning för IT-studerande, alla behöver förr eller senare hjälp med kodandet. Tidigare nämndes att studerande har möjlighet att dela med sig sin skärm bara föreläsaren stänger av sin skärmdelning först. Distansstuderande har också möjligheten att be föreläsaren om fjärrstyrning av sina datorer. Fjärrstyrningen fungerar bra, och under fler än trettio ungefär 4 h långa föreläsningar brast uppkopplingen endast en gång²⁵. Närundervisning på distans är tidsmässigt ineffektivt då studerande inte är tillräckligt förberedda för situationen vid fjärrstyrning och trots att flera studerande fick distansstöd upprepade gånger påträffades samma problematik. Studerande sitter inte med headset på genom hela föreläsningen då de deltar på distans, de har till exempel inte heller webbkameran installerad och är inte heller påklädda²⁶. Utöver tiden det tar dem att lägga upp tekniken när de personligen sällan, men generellt ofta begär om hjälp, sitter många²⁷ med två skärmar och flera fönster som de inte vill dela. Det här leder till att studerande i stödsituationer delar ett fönster åt gången (ifall de alls vågar/vill dela). Speciellt vid dataklassundervisning i till exempel webbprogrammering är det här nästan lönlöst, då man skriver kod i ett fönster (IDE) och testar kod i ett annat (oftast webbläsaren). Byte mellan fönster tar en stund och det är svårt att hålla felsökningstanken medan man väntar på att studerande byter mellan fönstren. Problemen kunde eventuellt minskas genom övning eller utbildning för båda parterna men även ifall det här problemet skulle lösas återstår frågan om studerandenas integritet i och med att de använder sina personliga datorer. Studerandenas integritet och sätt att hantera den behandlas under avsnittet 9.1.

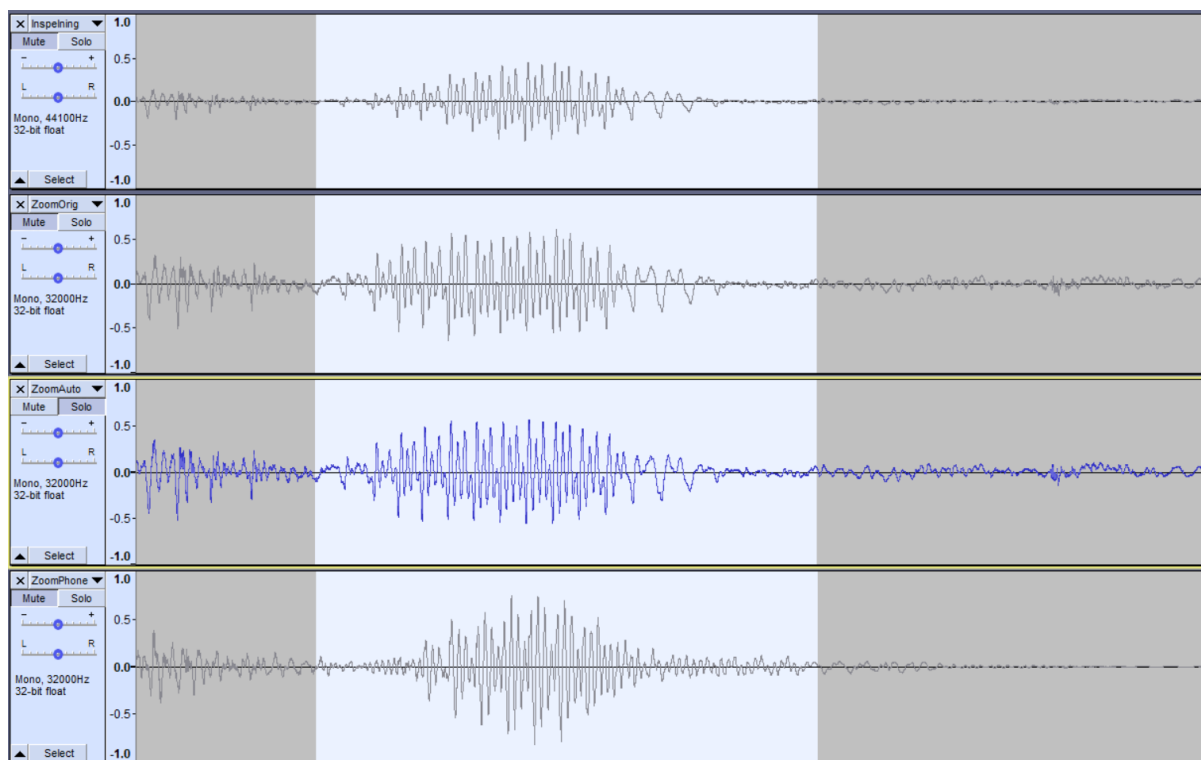
Videokonferensverktyget Zoom användes för alla föreläsningar i sex kurser läsåret 2018–2019. Bildkvaliteten på Zoom räcker för att dela statistiskt innehåll som presentationer eller nätresurser, men inte för till exempel videoresurser. Det är praktiskt att Zoom stöder diverse operativsystem, och att det är möjligt att använda Zoom utan installation av programvara inuti Chrome och Edge. Det är synd att klienten inte erbjuder alternativ för att justera kvaliteten, varken på bilden eller ljudet. Den låga latensen erbjuder möjligheter för tvåvägskommunikation men det är svårt att utnyttja distansundervisningens hela potential vid sidan om undervisning i klassen.

²⁵ Fjärrstyrning ställer hårdare krav på nätförbindelsen än vad som krävs för att endast titta på en föreläsning, men IT-studerande som deltar på distans kopplar sällan upp sig över trådlöst nät.

²⁶ Delvis för att det inte krävs av dem, tvärtom, de uppmanas stänga av sin mikrofon och kamera. För naturlig kommunikation behövs ändå båda i situationen för fjärrstödet.

²⁷ Testgruppen studerar informationsteknik, distansstöd användes inte med företagsekonomistuderande trots att även de deltog i knappa hälften av kurserna.

I avsnitt 4.2.1 framkom det att ljudet i Zoom tekniskt sett är bristfälligt. Även enligt subjektiva test anses kompressionen märkbar [54]. Det finns en inställning för att slå på "Original Sound" för möten i Zoom. Inställningen stänger av eko och kompressionsalgoritmerna som i teknikkapitlet sågs förstöra ljudet. Ett test utfördes där en inspelning spelades upp på värddatorn och spelades in på en deltagardator enligt samma metodik som användes i teknikkapitlet. Det visar sig att Original Audio inställningen har en väldigt liten inverkan på testklippet som användes, och att inställningen inte påverkar ljudet alls i Zoom-appen för smarttelefoner. Vågformen för inspelningen av föreläsarens ljud via Zoom-appen på en smarttelefon utsätts för större förändringar än ljud som spelats in på en PC som deltar i mötet. Figuren nedan visualiserar hur vågformen på ordet "upp" (ur sammanhanget "lägg upp") ser ut beroende på inställningarna i Zoom.



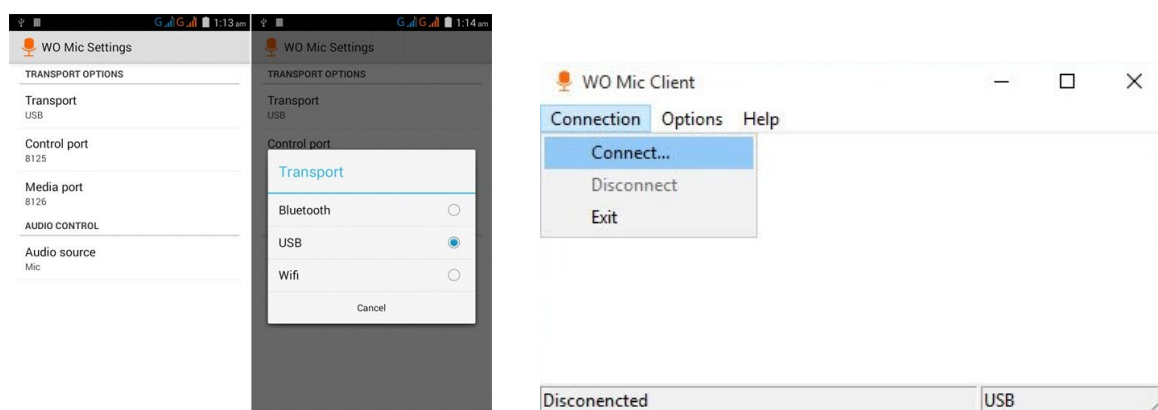
Figur 74 – Visualiserat hur ljudet för ordet "upp" ser ut beroende på Zooms inställningar. Ljudet via telefonappen skiljer sig mest från originalet.

Den översta vågformen visualiserar en direktinspelning av ljudet från Røde kravattmikrofonen utanför Zoom. Det andra ljudspåret visualiserar ljudet överfört med Original Sound inställningen påslagen. Det tredje ljudspåret visar ljudet efter att det överförts med Zoom med kompressionsinställningen "Auto". Det nedersta spåret illustrerar hur vågformen ser ut efter att ha överförts med Zoom-appen på smarttelefonen. Ljudet har spelats in lokalt på en PC med mjukvaran Audacity.

I inspelningen av testljudet ser vi att Original Sound inte ändrar på ljudkodek eller strömningsraten av ljudet. Alternativet må stänga av en del av Zooms algoritmer, men en kraftig kompression ses fortfarande vara närvarande. Testljudet är inspelat i klassrumsmiljö ungefär en tredjedel in på en morgonföreläsning, så klippet borde motsvara typiska föreläsningförhållanden. Røde Lavalier Go-mikrofonen producerar klart bättre ljud med hög

signalstyrka och lägre brusnivåer jämfört med till exempel en inbyggd laptopmikrofon²⁸. Beroende på hurdan kvalitet den inkommande ljudsignalen är kan det behövas starkare eller svagare borttagning av brus eller eko. Zoom algoritmer är därför adaptiva och stängs av ifall inget brus eller eko är närvarande i ljudsignalen, något som kan märkas i en mötessituation. Ljudet från talaren ändras märkbart i mötessituationer då deltagare utan hörlurar orsakar rundgång, som följd av att algoritmen för att motverka eko slår på. Vågformen på det högkvalitativa testklippet med låg brusnivå och stark signal ser nästan likadan ut vare sig Original Sound inställningen är påslaget eller ej. Det här kunde förklaras med att algoritmerna för borttagning av brus och eko inte är påslagna i någondera fallen. Avhandlingens syfte är inte att utreda hur och när Zooms algoritmer aktiveras utan observationen att de finns där och kan stängas av med Original Audio egenskapen, samt att Original Audio egenskapen inte fungerar på smarttelefonen räcker för att utesluta Zoom-appen som lösning för att spela in föreläsarens tal.

Ursprungliga tanken var att spela in föreläsarens ljud med Zoom-appen på mobilen. Original Sound egenskapen saknades och ljudet från smarttelefonen var av betydligt sämre kvalitet än vid inspelning med till exempel en PC. Som ett alternativ sätt att spela in ljud från kravattmikrofonen valdes WO Mic programmet [109]. WO Mic klienten installeras på smarttelefonen och WO Mic servern installeras på föreläsarens dator. Serverapplikationen installerar en virtuell mikrofonenhet på mottagardatorn som tar emot ljud från smarttelefonen och levererar ljudet till Windows som om det vore en vanlig mikrofonenhet [109]. För att installera den virtuella enheten krävs administratörrättigheter, men eftersom installationen endast behöver göras en gång godtas lösningen trots att den kräver en tilläggsinsats av en IT-administratör. WO Mic-applikationen tillåter en att välja hur man vill överföra ljudet från smarttelefonen, och båda de trådlösa alternativen Bluetooth och WLAN utvärderas.



Figur 75 – WO Mic klienten på smarttelefonen (till vänster) och servern på PC (till höger) [110].

Ljudet överfördes från smarttelefonen till laptoppen över WLAN. Det trådlösa nätet på Arcada är i aktiv användning och nätstationer byter kanaler snabbare än vad Dell laptoppen och Xiaomi Mi A2 telefonen klarar av. Som följd brast ljudet upprepade gånger under en föreläsning. WLAN uppkopplingen återupprättades inte efter att förbindelsen en gång brustit, trots att "reconnect automatically" egenskapen var påslagen i WO Mic-appen. Efter att uppkopplingsmetoden byttes till Bluetooth hölls uppkopplingen stabil i över 30 föreläsningars tid, och enheterna hittade alltid varandra efter avbrott i undervisningen. När verktyget togs i

²⁸ Delvis redan på grund av att mikrofonen ligger närmare föreläsarens mun jämfört med en inbyggd laptopmikrofon.

bruk användes Android Oreo på Xiaomi Mi A2 telefonen, men hösten 2018 erbjöds en uppdatering till Android Pie (9.0). Android 9 förbättrar säkerheten genom att förbjuda avlyssning av mikrofonen då telefonens skärm är avstängd, vilket gjorde WO Mic-appen oanvändbar i Android 9 [111]. Som lösning installerades en applikation som hindrar enheten från att stänga av skärmen, vilket givetvis påverkade batteritiden och temperaturen av telefonen i föreläsarens ficka.

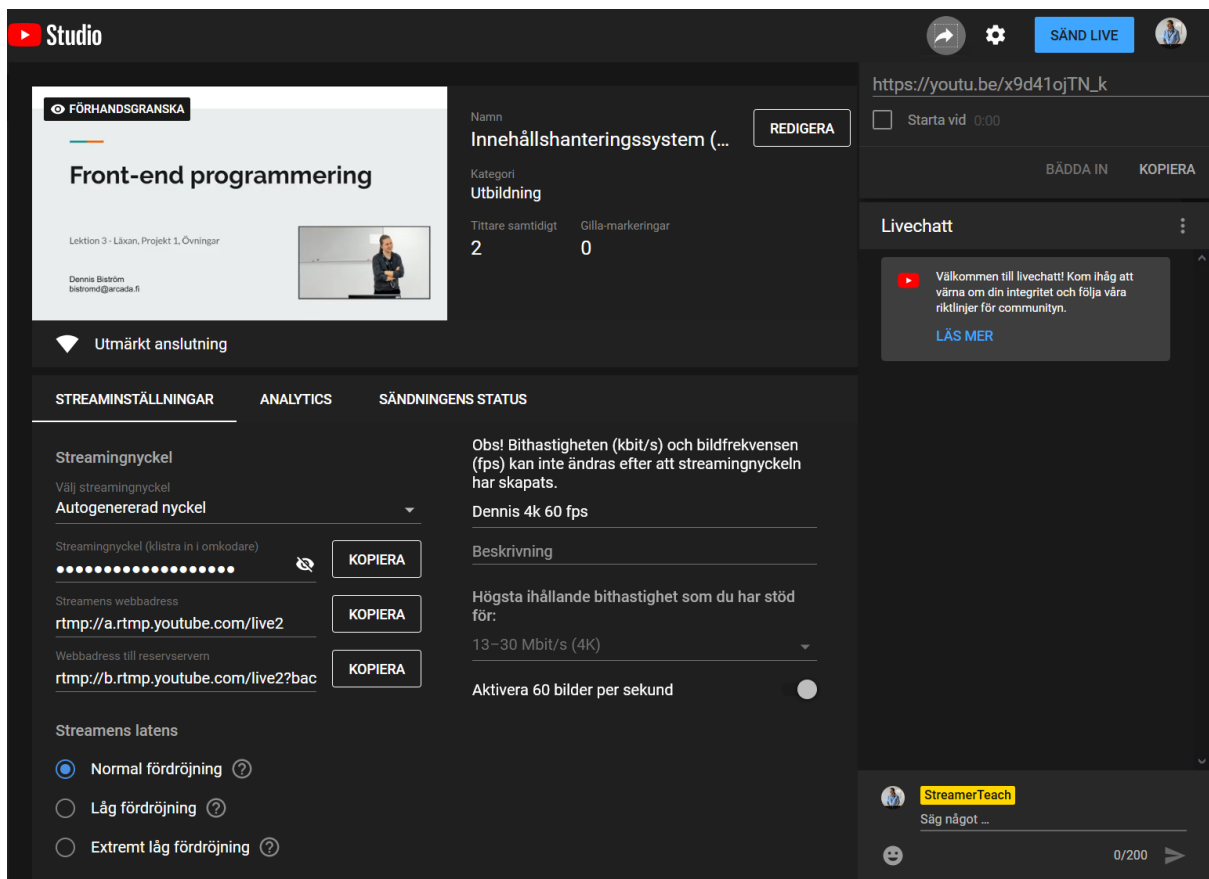
6.2 Youtube + Røde

Zoom erbjuder en lätt lösning för direktundervisning och simultanproduktion av material för nätet vid dataklassundervisning. Kvaliteten på Zoom var bristande trots att kvalitetskraven för material på nätet var låga jämfört med kvalitetskraven på material som produceras för professionellt bruk. Lösningen med Youtube och Røde Wireless Go-mikrofonen strävar efter att producera material av högre kvalitet både tekniskt och innehållsmässigt, med minsta möjliga inverkan på arbetsbördan för föreläsaren. I kapitel 6.3 förbättras kvaliteten av det inspelade materialet ytterligare.

För inspelning av ljud används Røde Wireless Go-mikrofonen, som består av en mottagare och en sändare. Sändaren har en inbyggd mikrofon och är tillräckligt liten och lätt för att knäppas fast i kragen. Mottagaren är kopplad direkt till lärardatorn med en i 3,5 mm audiokontakt. Mikrofonen har en batteritid på 6–7 h²⁹, jämförbar med professionella RF-mikrofoner som erbjuder ca 8 timmar batteritid på två AA-celler. För att påbörja en direktsändning på Youtube krävs ett Google-konto och en tillhörande verifierad Youtube-kanal. För att få tillgång till direktsändningar på Youtube måste man även aktivera egenskapen för direktsändning på sitt konto, en process som kan ta upp till 24 timmar [112].

För att skicka materialkompositionen till Youtube behövs en strömningsnyckel unik för sin direktsändning. Man kan ändra sin strömningsnyckel vid behov, men lättast är att använda samma strömningsnyckel för alla föreläsningar. Strömningsnyckeln finns i webbgränssnittet Youtube Studio, där man hanterar livesändningar på Youtube. Från gränssnittet kopieras nyckeln till OBS-mjukvaran, där den läggs in under Settings – Stream. Konfigurationen behöver endast göras en gång för att en föreläsare ska kunna simultanproducera material för nätet, och efter konfigurationen går det att starta OBS automatiskt då man loggar in. Det går också att automatiskt starta strömmandet av material till Youtube och möjligheten behandlas i avsnitt 7.4.

²⁹ För att underlätta laddandet av mikrofonens sändare och mottagare uppmanas föreläsaren att införskaffa en vägggenhet med två USB-uttag.



Figur 76 – Youtube Studio, inställningar och chatt samt livesändningens unika länk.

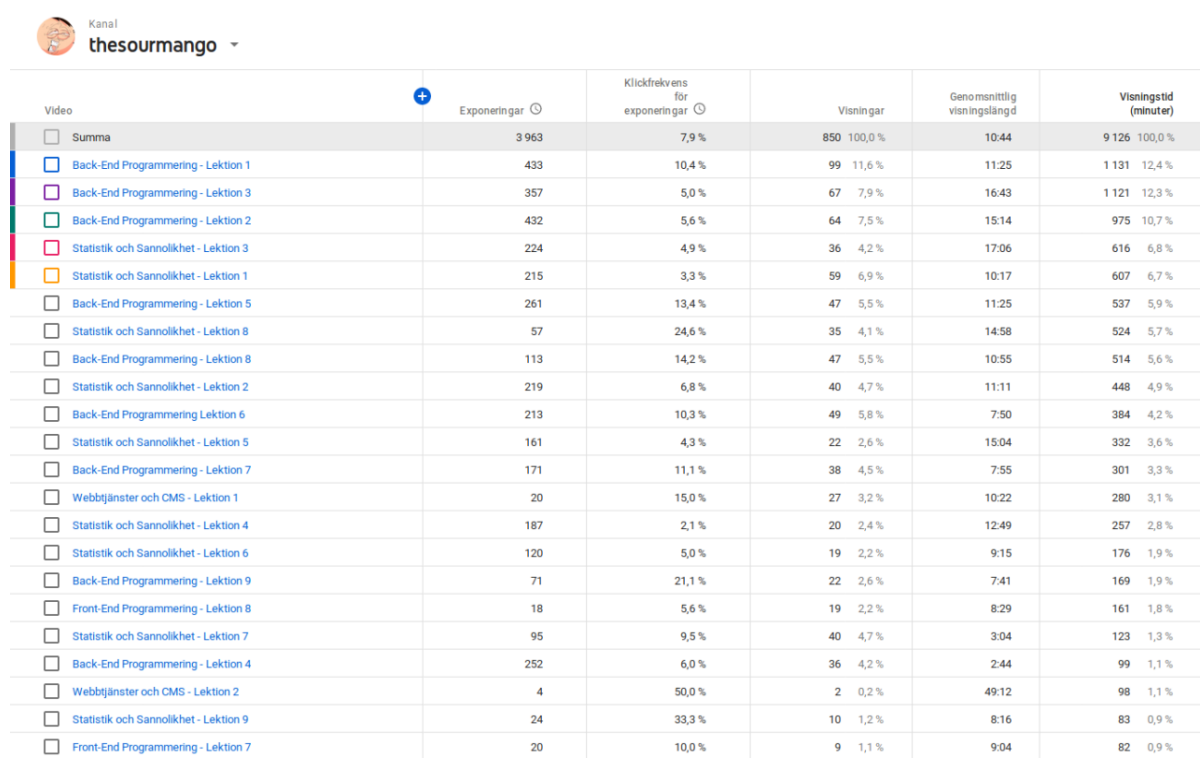
När man trycker "Start streaming" (se Figur 80) i OBS når videon fram till Youtubes webbgränssnitt inom kort. I webbgränssnittet finns även en unik länk till föreläsningen som ska delas till studerande via valfri kommunikationskanal innan föreläsningen börjar. Studerande som deltar i direktsändningen blir placerade i ett väntrum ifall de ankommer innan livesändningen har påbörjats. Då föreläsaren trycker "Sänd Live" påbörjas livesändningen och därmed även inspelningen av föreläsningen.

Youtube som plattform erbjuder flera fördelar framför videokonferensverktyg som Zoom. Ett Google-konto kan ha flera kanaler på Youtube, och varje kanal kan brandas enligt innehållet som laddas upp. På Youtube kan föreläsaren skapa en kanal för sina kurser eller kurshelheter och på kanalen skapa spellistor för sina egna uppladdade föreläsningar. Föreläsaren kan också dela med sig engagerande spellistor skapade av andra användare på Youtube. Utöver spellistor kan kanalen fungera som en samlings sida för innehåll som hör till ett ämnesområde, till exempel webbdesign, och föreläsaren kan gilla videor som är aktuella för en kurs för att skicka studerande aviseringar om relevant innehåll. Aviseringarna påminner även studerande om kursen via en kanal som många befinner sig på under eftermiddagen [94].

Utöver att erbjuda en plats att lagra inspelningarna i logiska helheter erbjuder Youtube (och Twitch) även direktåtergivning av chatten vid sidan om en inspelning. Frågor som ställts i

chatten under en direktsända föreläsning återges i chatten bredvid inspelningen vid samma tidpunkt som de ställdes i den ursprungliga livesändningen (se Figur 61)³⁰.

Närvaron sköts på samma sätt som på Zoom, studerandena hälsar på föreläsaren i chatten om de deltar på distans. För att föreläsaren ska se vem som deltar och ställer frågor i chatten bes studerande att skapa ett parallellkonto på Youtube där de använder sitt förnamn och efternamn, så behöver föreläsaren inte undra vem "lolgamer69" är. Ingen IT-studerande på Arcada (IA17, IA18, IA19) har hittills klagat på att de måste skapa ett Google-konto för att delta i distansundervisningens chatt. I jämförelse med Zoom plattformen finns inget sätt för föreläsaren att aktivt övervaka enstaka deltagares aktivitet³¹ under föreläsningen. Youtube som plattform har däremot bra verktyg för att analysera tittarmängder och tider, deltagarengagemang och mer. I och med att studerande använder sina riktiga namn skapas överskådlig statistik för varje studerandes deltagande.



Video	Exponeringar	Klickfrekvens för exponeringar	Visningar	Genomsnittlig visningslängd	Visningstid (minuter)
Summa	3 963	7,9 %	850 100,0 %	10:44	9 126 100,0 %
Back-End Programmering - Lektion 1	433	10,4 %	99 11,6 %	11:25	1 131 12,4 %
Back-End Programmering - Lektion 3	357	5,0 %	67 7,9 %	16:43	1 121 12,3 %
Back-End Programmering - Lektion 2	432	5,6 %	64 7,5 %	15:14	975 10,7 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 3	224	4,9 %	36 4,2 %	17:06	616 6,8 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 1	215	3,3 %	59 6,9 %	10:17	607 6,7 %
Back-End Programmering - Lektion 5	261	13,4 %	47 5,5 %	11:25	537 5,9 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 8	57	24,6 %	35 4,1 %	14:58	524 5,7 %
Back-End Programmering - Lektion 8	113	14,2 %	47 5,5 %	10:55	514 5,6 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 2	219	6,8 %	40 4,7 %	11:11	448 4,9 %
Back-End Programmering Lektion 6	213	10,3 %	49 5,8 %	7:50	384 4,2 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 5	161	4,3 %	22 2,6 %	15:04	332 3,6 %
Back-End Programmering - Lektion 7	171	11,1 %	38 4,5 %	7:55	301 3,3 %
Webbtjänster och CMS - Lektion 1	20	15,0 %	27 3,2 %	10:22	280 3,1 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 4	187	2,1 %	20 2,4 %	12:49	257 2,8 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 6	120	5,0 %	19 2,2 %	9:15	176 1,9 %
Back-End Programmering - Lektion 9	71	21,1 %	22 2,6 %	7:41	169 1,9 %
Front-End Programmering - Lektion 8	18	5,6 %	19 2,2 %	8:29	161 1,8 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 7	95	9,5 %	40 4,7 %	3:04	123 1,3 %
Back-End Programmering - Lektion 4	252	6,0 %	36 4,2 %	2:44	99 1,1 %
Webbtjänster och CMS - Lektion 2	4	50,0 %	2 0,2 %	49:12	98 1,1 %
Statistik och Sannolikhet - Lektion 9	24	33,3 %	10 1,2 %	8:16	83 0,9 %
Front-End Programmering - Lektion 7	20	10,0 %	9 1,1 %	9:04	82 0,9 %

Figur 77 – Tittarstatistik för föreläsningar, märk genomsnittliga tittartiden och enstaka distansdeltagare på webbtjänster och CMS.

För videokonferensverktyg som Zoom behövs ingen konfiguration av kompositionen eftersom programmet har direktåtkomst till hårdvaran. Genom att använda kompositionsmjukvara som till exempel OBS kan man öka produktionsvärdet av materialet. OBS erbjuder tilläggsfunktionalitet för materialkompositionen innan skärmdelningen och/eller kameraströmmen skickas till Youtube (eller matas in i Zoom). I OBS skapar man scener, till vilka man lägger till källor. En närmare genomgång av vad som är möjligt med scener finns i

³⁰ I April 2020 tog även Zooms molnplattform i bruk egenskapen för direktåtergivning av chattmeddelanden.

³¹ Från och med den 2 April har Zoom tagit bort sin lösning för aktiv monitorering eftersom den baserade sig på Facebooks SDK. Det här resulterade i att Zoom skickade data om icke-inloggade deltagare till Facebook, något som inte ansågs vara tydligt förklarad i användarvillkoren.

avsnitt 7.3, här behandlas endast metodiken för att kunna skapa en komposition för direktsändningen till Youtube. Den enklaste scenen man kan skapa använder endast en källa, till exempel video från en kamera. Kameran kan konfigureras för ljud och bild eller endast någondera. Man kan också lägga till flera källor och man kan till exempel hämta ljudet från en extern mikrofon som till exempel Røde Wireless Go. Utöver bilden från kameran och ljudet från mikrofonen kan man välja en källa för skärmdelningen. För skärmdelningen kan man välja att dela hela skärmen eller enstaka fönster. Eftersom klassrum för IT-undervisning oftast redan delar hela skärmen på en projektor i klassen är det är lättast att välja att dela hela skärmen även i OBS.

6.3 Praktiska begränsningar

Bilden av föreläsaren är en statisk översikt som varken är intressant eller engagerande. Med en bred kameravinkel strävar man efter att fånga föreläsaren som rör sig mellan lärardatorn, tavlan och vitduken då hen presenterar. Föreläsaren tar alltså upp endast en liten del av bilden. Därtill förminskas videon av föreläsaren i materialkompositionen för att täcka en så liten del som möjligt av skärmdelningen. Som följd kan man knappt se munrörelser eller uppfatta ansiktsuttryck hos föreläsaren. Avsnitt 7.5 strävar till att lösa det här problemet.

När man visar upp undervisningsmaterial i en direktsändning på Youtube finns det en risk för att föreläsningen avbryts på grund av Youtubes inbyggda upphovsrättsalgoritmer³². Youtube avslutar direktsändningen ifall man fastnar i deras automatiska filter och man tvingas att starta en ny direktsändning för att fortsätta föreläsningen. Ifall upphovsrättsinnehavaren till materialet som visas är med i Youtubes partnerprogram och har aktiverat intäktsgenerering så har upphovsrättsinnehavaren rätt att köra reklam på den uppladdade föreläsningen. Det här är en begränsning för plattformen och upphovsrättsalgoritmerna kan inte stängas av. Man kan däremot svärta skärmen och stänga av ljudet av direktsändningen i OBS för att undvika problemet. Scener och tangentbordskombinationer presenteras i avsnitt 7.3.

Vid närundervisning i klassen går föreläsaren ur bild för att hjälpa studerande. Deltagare på distans såväl som studerande som ser på föreläsningen i efterhand måste då gissa sig till när föreläsaren nästa gång syns i bild. Problemet är svårt att lösa vid direktsändning eftersom föreläsaren själv inte vet hur länge det tar att hjälpa studerande, men en lösning för studerande som ser på föreläsningen i efterhand presenteras i avsnitt 7.1. Diplomarbetet presenterar också ett förslag för att vidareutveckla lösningen i avsnittet 10.2.

6.4 Tekniska begränsningar

Både Zoom och Youtube tillåter direktuppladdning av föreläsningen efter att den har avslutats vilket minskar på arbetsbördan för föreläsaren. Redan innan föreläsningen har påbörjats, men även direkt efter att den avslutats, kommer man åt att redigera beskrivningen som visas nedanför videorutan på Youtube. Det här är praktiskt eftersom man har sin lektions innehåll i närminnet just strax innan och efter föreläsningen. På Youtube är föreläsningen tillgänglig för återgivning i låg resolution inom tio minuter efter att den avslutats, varpå kvaliteten gradvis förbättras. Inom en timme hittas föreläsningen i sin

³² I och för sig ska man inte visa material som är under upphovsrätt under föreläsningarna.

slutliga kvalitet. På Zoom är föreläsningen oftast tillgänglig i sin helhet i full kvalitet inom två timmar, men konverteringen kan ta upp till fyra timmar. I praktiken betyder det här att föreläsaren sällan hinner dela länken till föreläsningen under arbetstid.

Kvaliteten på videokonferensverktyget Zoom är bristande både då det gäller bild och ljud. Ursprungliga tanken var att spela in föreläsarens ljud med Zoom-appen på mobilen. Original Sound egenskapen saknades och ljudet från smarttelefonen var av betydligt sämre kvalitet än vid inspelning med till exempel en PC. Verktyget som ersatte Zoom-appen, WO Mic, kräver administratörrättigheter för att installeras på lärardatorn. Trots att programmet inte är speciellt modernt eller intuitivt i användning visade sig Bluetooth uppkopplingen vara pålitlig (jämfört med WLAN) och efter att enheterna parats ihop hittade de alltid varandra efter avbrott i undervisningen. Android 9 förbättrade säkerheten för smarttelefoner genom att förbjuda avlyssning av mikrofonen då telefonens skärm är avstängd, vilket gjorde WO Mic appen oanvändbar i Android 9 [111]. Som lösning installerades en applikation som hindrar enheten från att stänga av skärmen, vilket givetvis påverkade batteritiden och temperaturen av telefonen i föreläsarens ficka. Som följd av problemen med Android och Zoom i kombination med att Røde Wireless Go-mikrofonen fungerade bra med OBS och Youtube, valdes Røde Wireless Go som mikrofon i kapitlet för vidareutvecklingen.

Både Logitech C920 och Logitech Brio kamerorna klarade kvalitetskraven för produktionen delvis på grund av att föreläsarens video endast presenteras i en liten ruta ovanpå skärmdelningen. Eftersom man inte behöver justera exponeringen av Brio kameran innan man börjar föreläsa så sparas lite av tiden som går åt till förberedelserna och därför valdes Logitech Brio som kamera i kapitlet för vidareutvecklingen.

7 Vidareutveckling av plattformen

Distansundervisningen fungerar bättre med Zoom än med Youtube eftersom Zoom har bättre egenskaper för tvåvägskommunikation och distansstöd. Värdet av egenskaperna visade sig ändå vara lågt på grund av praktiska problem med kommunikation och beredskap hos distansdeltagarna. Även problematik kring integritet för distansdeltagarna försvårade distansstödet. Det effektivaste sättet för kommunikation med deltagare på distans var därför chatten både med Zoom och Youtube. Zoom erbjuder aviseringar vid chattmeddelanden som resulterade i snabbare reaktionstid för föreläsaren. Youtube (och Twitch) hade som bäst en ungefär 2–3 sekunders fördröjning i direktsändningen, vilket är längre än på Zoom, men inte avgörande för fungerande kommunikation via chatt. En lösning för att få aviseringar vid chattmeddelanden även på Youtube (och Twitch) presenteras i avsnitt 7.2.

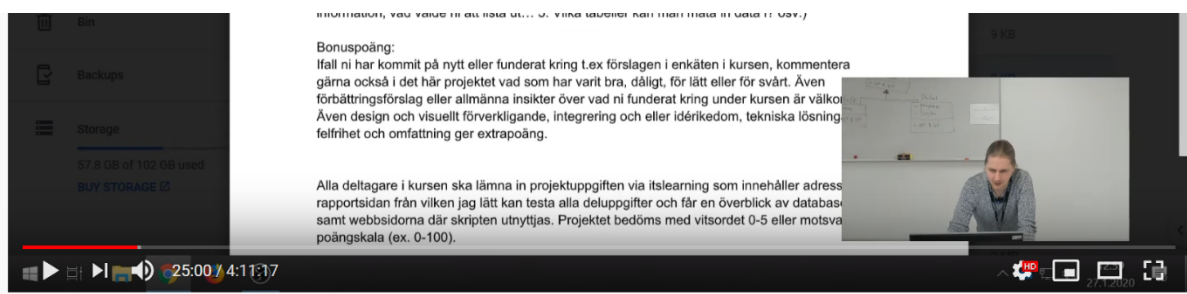
Även om Zoom som plattform erbjuder vissa egenskaper som Youtube inte har, valdes approachen med Youtube och Røde Wireless Go-mikrofonen för vidareutvecklingen.

7.1 Tidskoder

Ett av problemen som uppstod vid simultanproduktionen var att föreläsaren ofta gick ur bild för att hjälpa studerande i klassen, och därmed tvingades deltagare gissa sig till när föreläsaren nästa gång kommer tillbaka och berättar något viktigt. Problemet finns både under direktsändningen av föreläsningen och i materialet som laddas upp på Youtube. I den

direktsända föreläsningen är problemet svårt att lösa då föreläsaren själv inte vet hur länge hen kommer gå runt i klassen och hjälpa. Problemet kan däremot delvis lösas för studerande som ser på materialet i efterhand i och med ett enkelt system för så kallade tidskoder. Youtube ger användare möjligheten att skapa referenspunkter i det uppladdade materialet med hjälp av tidskoder.

Tidskoder gör det lättare för tittaren att hitta vad den söker, och en tidskod är helt enkelt en sifferserie som konverteras till en länk när man placerar den i beskrivningen av videon. Ifall föreläsaren talar om till exempel datatyper tio minuter in i sin föreläsning så kan man skriva in följande text i beskrivningen under videon: "10:00 – Datatyper". Texten blir konverterad till en länk som flyttar videospelarens sökare till den rätta tidpunkten. Egenskapen ökar produktionsvärdet i en 4h lång föreläsning då det blir lätt att hitta information i den långa inspelningen. Ett system för att skapa tidskoder utan att öka belastningen för föreläsaren framställdes. Studerande kan samla bonuspoäng ifall de skriver tidskoder för tre föreläsningar. Två studerande får uppgiften så ifall den ena "misslyckas" eller missar nåt så finns det en till som skrivit ner tidpunkterna. Systemet har fungerat bra och det har inte varit brist på tidskodare. Själva processen kräver också att studeranden är uppmärksam genom föreläsningen för att skriva ner relevanta tidpunkter, vilket flera tidskodare har insett och kommenterat som positivt. Systemet löser problemet med föreläsaren som går ur bilden för studerande som ser på föreläsningen i efterhand, men det kan fortfarande anses vara onödigt att ladda upp en fyra timmar lång föreläsning på nätet där endast delar av klippet består av användbart undervisningsmaterial. I avsnitt 10.2 föreslås en lösning som kunde lösa även det problemet.



Bonuspoäng:
Ifall ni har kommit på nytt eller funderat kring Lex förslagen i enkäten i kursen, kommentera gärna också i det här projektet vad som har varit bra, dåligt, för lätt eller för svårt. Även förbättringsförslag eller allmänna insikter över vad ni funderat kring under kursen är välkomna. Även design och visuellt förverkligande, integrering och eller idérikedom, tekniska lösningar, felfrihet och omfattning ger extrapoäng.

Alla deltagare i kursen ska lämna in projektuppgiften via itslearning som innehåller adressrapportsidan från vilken jag lätt kan testa alla deluppgifter och får en överblick av databaserna samt webbsidorna där skripten utnyttjas. Projektet bedöms med vitsordet 0-5 eller motsvarande poängskala (ex. 0-100).

Back-End programmering - Lektion 4

3 0 DELA SPARA

StreamerTeach
22 prenumeranter

ANALYTICS REDIGERA VIDEO

Lektion 4 i kursen Back-end programmering läsåret 19-20

Vi fortsätter med att förbereda Projekt 2 genom att ta en introduktion till databaser och vårt verktyg PhpMyAdmin

Timecodes av [redacted] och [redacted]

- 00:17:00 Lektionen börjar - Intro till Projekt2
- 00:21:00 Upload Kort Genomgång
- 00:25:00 Projekt 1 Genomgång o Feedback
- 00:40:00 Recap

Figur 78 – Tidskoder under videon gör det lätt för studerande att hitta relevant information i en lång inspelning

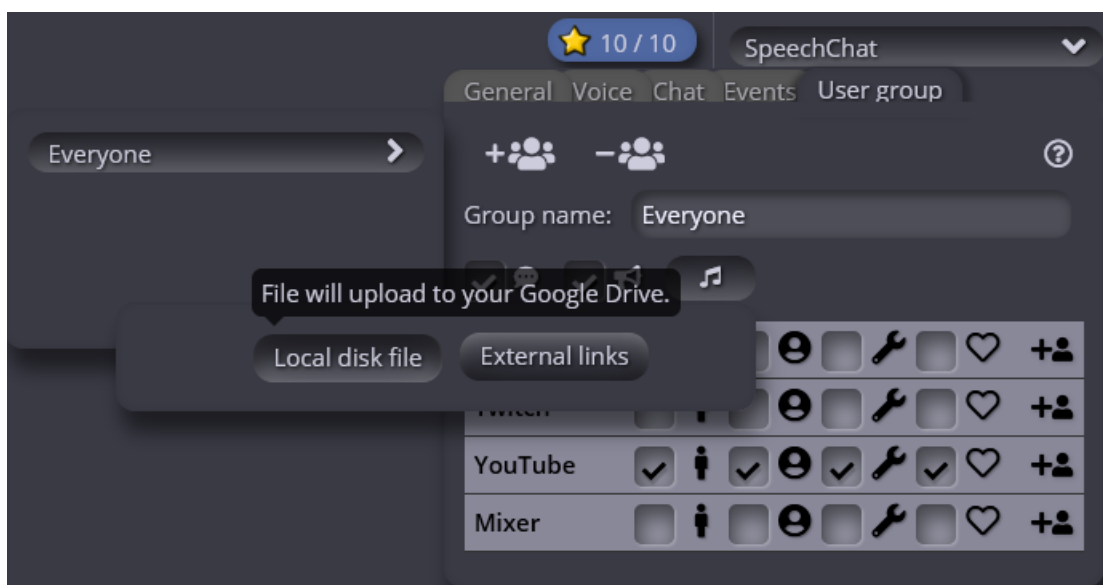
7.2 Chattaviseringar

Youtube som plattform erbjuder inga aviseringar för inkommande chattmeddelanden vilket gör det svårt för föreläsaren att reagera i tid på frågor av studerande på distans. På Googles Youtube forum uppmanar moderatorerna innehållsproducenter att hålla Youtube Studio

gränssnittet uppe för att aktivt kunna följa med chatten. En vanlig approach då man direktsänder dataspel är också att placera Youtube Studio på en tilläggs-kärm. Föreläsaren har oftast en laptop som kunde användas som tilläggs-kärm, men eftersom föreläsaren med jämna mellanrum går runt i klassen är det svårt att reagera i tid på chatten.

SpeechChat är ett verktyg för att underlätta interaktion med chatten för innehållsskapare som direktsänder spel. Vissa spel kräver konstant uppmärksamhet och man har helt enkelt inte tid att läsa chattmeddelanden i Youtube Studio även fast man skulle ha en tilläggs-kärm. SpeechChat är en webbaserad text-till-tal klient som kan läsa upp chattmeddelanden från Youtube, Twitch och Mixer. SpeechChat sparar konfigurationsinställningar på Google Drive, varefter man kan koppla tjänsten till sin Youtube-kanal genom att tillåta den åtkomst till Youtubes kommentar- och video-API. Klienten läser därmed upp meddelanden från chatten då de kommer in. För att åtskilja vanliga tittare från kanalmoderatorer och sponsorer kan man lägga till ett ljudklipp som spelas upp innan meddelanden från moderatorer eller sponsorer läses upp. På det viset vet personen som direktsänder när det är viktigt att reagera på det som sägs i chatten.

För att lösa problemet med att föreläsaren inte märker när studerande på distans behöver uppmärksamhet, kan man lägga ett ljud som spelas upp innan uppläsningen av chattmeddelanden. Man kan även helt stänga av text-till-tal funktionaliteten. På det här viset blir föreläsaren meddelad alltid då distansstuderande skriver något i chatten, oberoende var hen befinner sig i klassen.



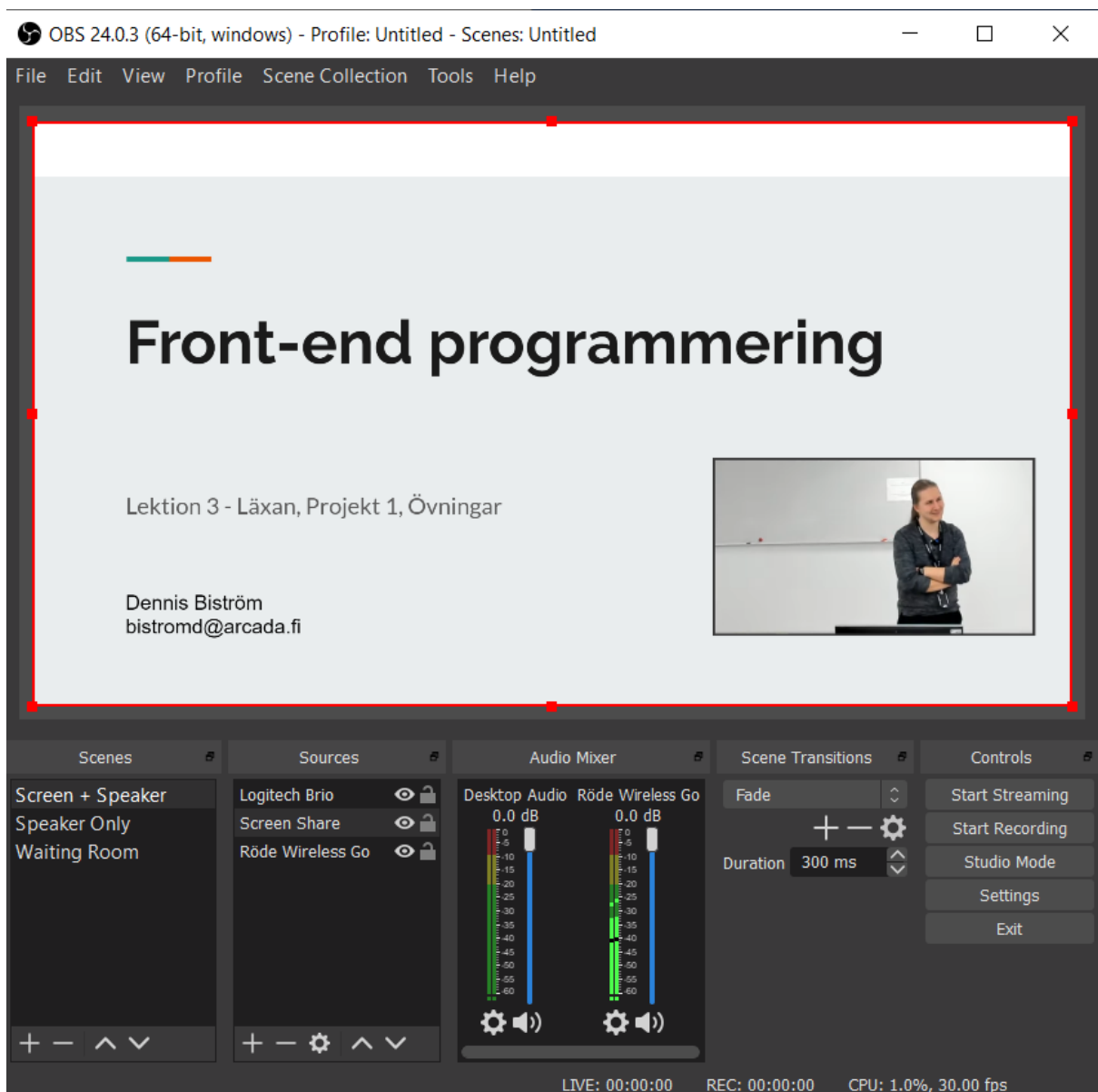
Figur 79 – Kryssa för alla användargrupper och lägg till ett aviseringss ljud för att bli meddelad då studeranden på distans uttalar sig i chatten.

7.3 Scener, tangentkombinationer och filter

Ett av problemen med inspelningen är den breda kameravinkeln som krävs för att fånga en rörlig föreläsare. I kombination med den lilla videorutan som placeras ovanpå presentationen resulterar det här i en översikt av klassrummet istället för en närbild av föreläsaren och det är svårt att urskilja till exempel föreläsarens ansiktsuttryck. Den här statiska översikten av klassrummet är ostimulerande för deltagare på distans. I OBS kan man använda sig av

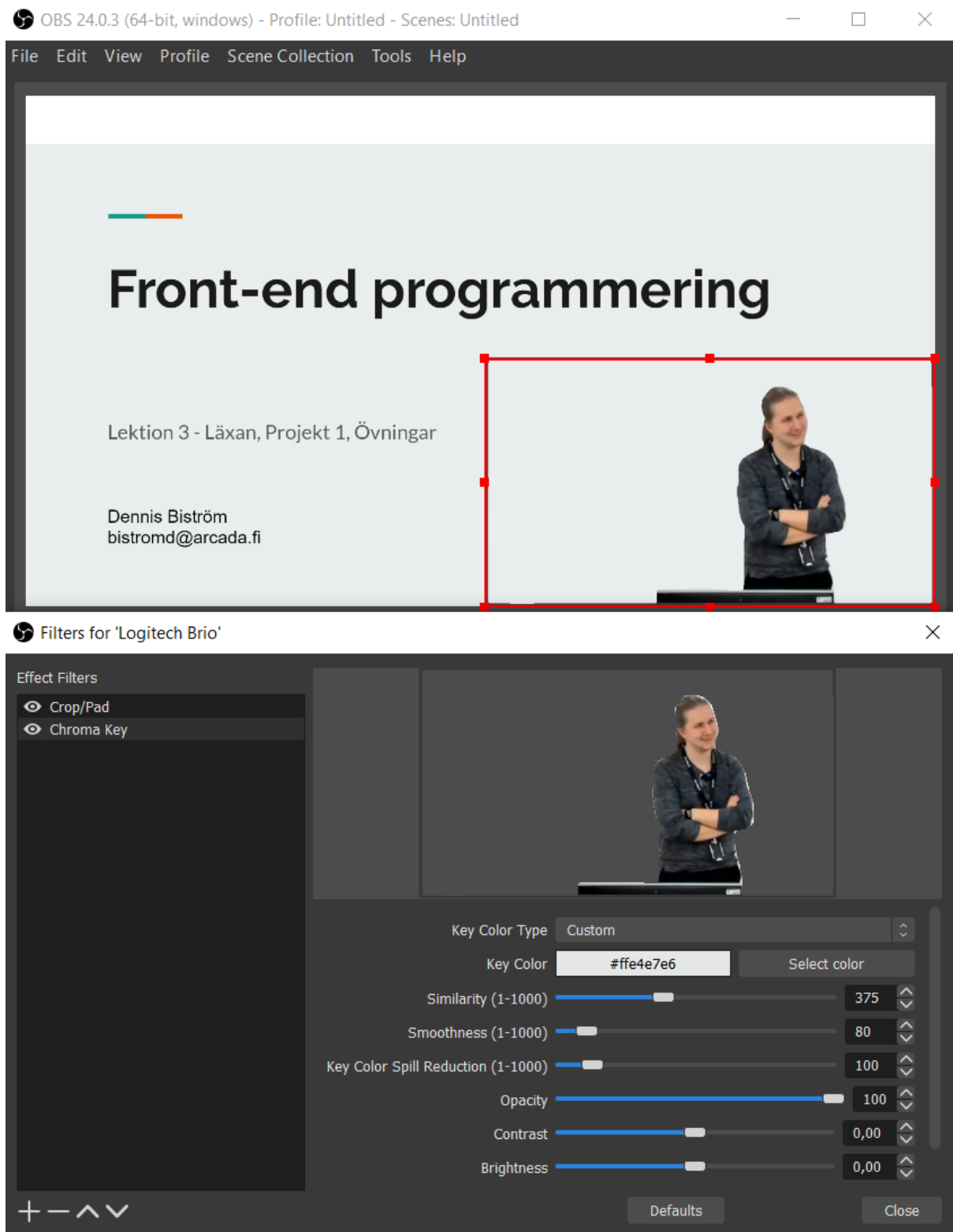
scener för att snabbt kunna växla mellan typiska föreläsningssituationer för att dela innehållet som är aktuellt. Ifall föreläsaren använder sig av en presentation vid sidan om tal, är det viktigt att dela både skärmen och en bild på föreläsaren, för att hålla tittare engagerade. Ifall föreläsningen är huvudsakligen muntlig utan en skild presentation, eller ifall föreläsaren delar munturer med andra föreläsare är det viktigt att låta videon från kameran ta upp hela bilden, istället för att dela ett statiskt skrivbord på datorn.

I bilden nedan har tre scener skapats för typiska föreläsningssituationer: Skärmdelning + föreläsaren, endast föreläsaren, och grafik med länkar till resurser som kan aktiveras innan föreläsningen och under pauser. Mjuka övergångar eller animationer kan läggas till vid byte av scen, och scener går att binda till tangentkombinationer för att minska insatsen som krävs av föreläsaren. Snabbtangenterna finns under Settings – Hotkeys, och scenbyten, animationer eller filter går även att utlösa via script. De avancerade egenskaperna som OBS erbjuder kan öka på kvaliteten av det simultanproducerade materialet, men ovana föreläsare kan givetvis även klara sig bra med endast en scen. Lösningen ökar därmed inte på svårighetsgraden av produktionen utan erbjuder en möjlighet för förbättring.



Figur 80 – Tre scener för tre klassrumssituationer, pre-stream, slides och endast föreläsaren.

OBS tillåter avancerad konfiguration av varje källa. Utöver tillgång till kamerans zoom, fokus och vitbalans kan man också lägga till filter. Det finns enkla filter som beskär videon från kameran, men också mer avancerade filter som till exempel "Chroma Key"-filtret. "Chroma Key"-filtret gör det möjligt att skilja på bakgrund och föreläsare till exempel för att minska på området som videon av föreläsaren täcker av presentationen (illustrerat i bilden nedan) [113]. OBS stöder också script skrivna i Python 3.6 eller Lua 2, vilket drastiskt utökar möjligheterna för vad man kan göra i programmet [114]. I kommande avsnitt förbättras arbetsflödet även genom att använda skript.

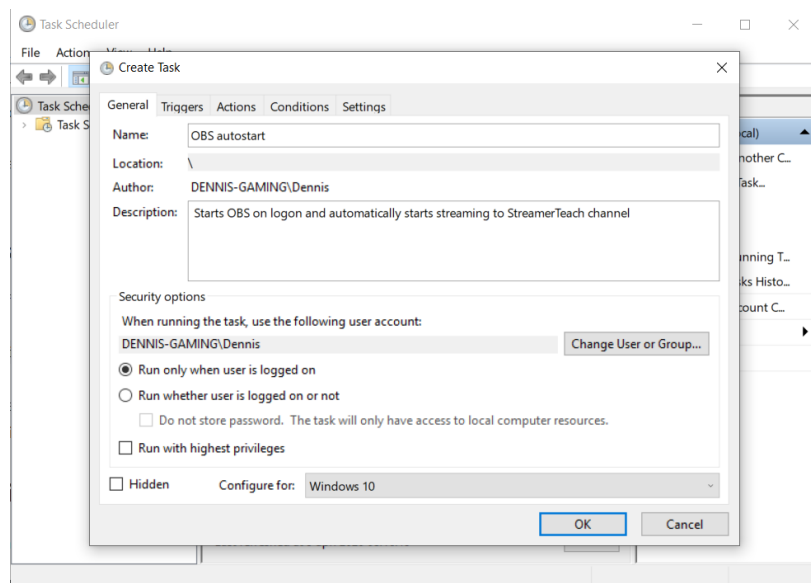


Figur 81 – Chroma key är bara en av många redan inbyggda filter, och man kan använda tillägg eller egna script för att utöka funktionaliteten i OBS.

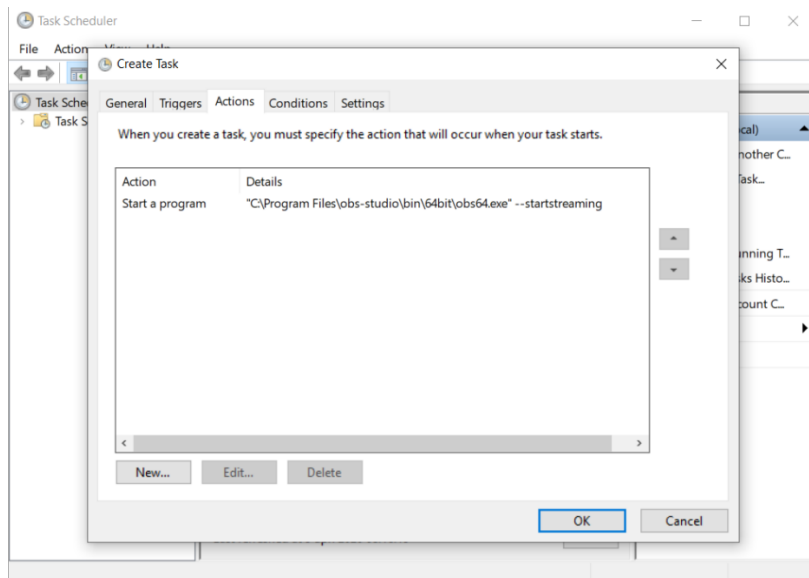
7.4 OBS autostart

Även om OBS sparar och kommer ihåg inställningarna som föreläsaren använt senast, tar det en stund att konfigurera OBS-studion för direktsändning till Youtube. Det finns alltid en

risk för att någon annan till exempel har kopplat loss kameran, modifierat scenerna, eller bytt ut strömningsnyckeln i OBS. Enheters inställningar kan sparas i scener, och scener kan sparas i scensamlingar (eng. scene collections) [115]. Inställningarna för OBS, förutom källor och scener kan sparas i profiler (eng. profiles). Ifall olika föreläsare har olika Youtube-kanaler och strömningsnycklar ska de därför skapa var sin profil [116]. Man kan sedan konfigurera OBS för automatisk start vid inloggning med hjälp av Windows inbyggda Task Scheduler (se Figur 82). OBS kan exekveras med flera tilläggsargument, bland annat --collection, och --profile för att automatiskt starta med föreläsarens profil, scensamling, inställningar och strömningsnyckel. Tilläggsargumentet --startstreaming kan också användas för att automatiskt starta direktsändningen till Youtubes servrar [117]. Task Scheduler i Windows stöder schemalaggningsprogramstart med flera tilläggsargument (se Figur 83). Tillvägagångssättet kräver en tilläggsinsats av föreläsaren eller eventuellt IT-stödpersonal, men processen är en engångskonfiguration som klart underlättar simultanproduktionen för föreläsaren. Automatisk start av OBS innebär att föreläsaren inte ens behöver öppna OBS för att påbörja en direktsändning. Därmed blir det lika lätt att starta en direktsändning till Youtube som det är att starta en föreläsning på Zoom, då det enda som krävs av föreläsaren är att navigera till studio.youtube.com och trycka "starta direktsändning".



Figur 82 – Task Scheduler kan användas för att köra kommandon då man loggar in



Figur 83 – OBS stöder flera argument, bland annat `--startstreaming` och `--profile "Dennis"`

7.5 Förstora, beskär och panorera

Genom effektiv användning av scener och tangentkombinationer i OBS kunde problemet med en enförmig komposition minskas. Även genom att använda filter i OBS, speciellt Chroma Key filtret, kunde man ta bort bakgrunden kring föreläsaren och därmed förstora bilden från kameran utan att täcka mer av skärmdelningen. Trots förbättringarna, kvarstår ett problem som förutsätts för bra undervisningsmaterial på nätet: föreläsarens naturliga ansiktsrörelser vid kommunikation är svåra att urskilja i videon på grund av den breda kameravinkeln som krävs för att fånga föreläsarens rörelser i klassen.

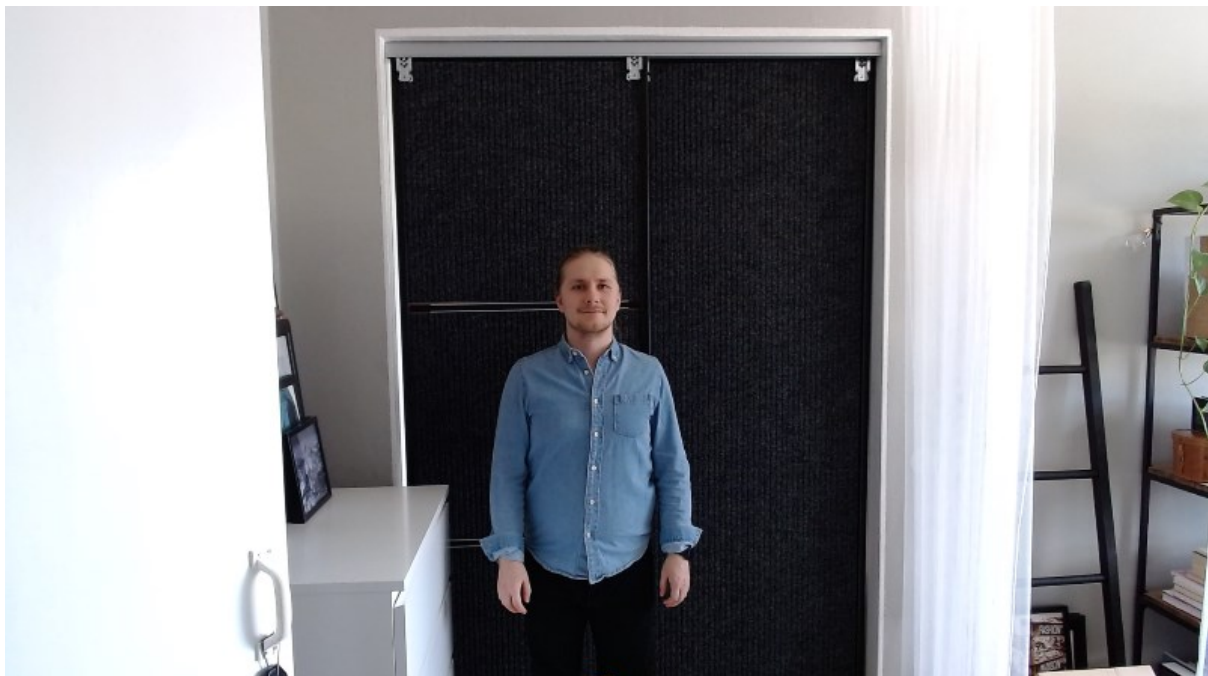
I den tekniska marknadsanalysen behandlades en dyrare typ av PTZ kameror som kunde följa föreläsarens rörelser till exempel i ett auditorium. PTZ kameror var dyrare än deras statiska motsvarigheter eftersom det krävs avancerad mekanik för rörelse på två axlar och mångfaldig optisk zoom. Vissa PTZ kameror klarade med hjälp av proprietär mjukvara känna igen ansikten och räkna ut rörelsevektorer för att med lugna kamerarörelser kunna följa med och hålla ett rörligt subjekt i bilden. De här kamerorna var de dyraste som granskades i avhandlingen. Företaget 1 Beyond tillverkar sådana här kameror och utöver den helautomatiska PTZ lösningen AutoTracker fanns även en billigare version vid namnet AutoFramer. Istället för att följa med subjektet med mekanisk rörelse och motorer använde produkten digitala metoder för att förstora, beskära och panorera bilden beroende på var subjektet befann sig i en bild med bred vinkel. Bilden blir lägre resolution som följd av den digitala förstoringen, men även kameror i lägre prisklasser erbjuder idag 4k resolutioner. Logitech Brion till exempel, är en relativt förmånlig kamera som erbjuder inspelning av video i 4k resolution. Det här innebär att trots en digital förstoring på 4x är den resulterande video av full HD resolution. Till och med 9,6x digital zoom resulterar i video i resolutionen 720p, vilket räcker för bild-i-bild presentationen av föreläsaren.

För att möjliggöra mjukvarubaserad ansiktsigenkänning och beskärning av bilden för att följa med föreläsarens rörelser valdes Python som programmeringsspråk, delvis för att kunna skapa en implementation som fungerar på alla plattformar, och delvis för att Python script kan integreras i OBS som tilläggsmoduler [114]. OpenCV valdes som mjukvarubibliotek

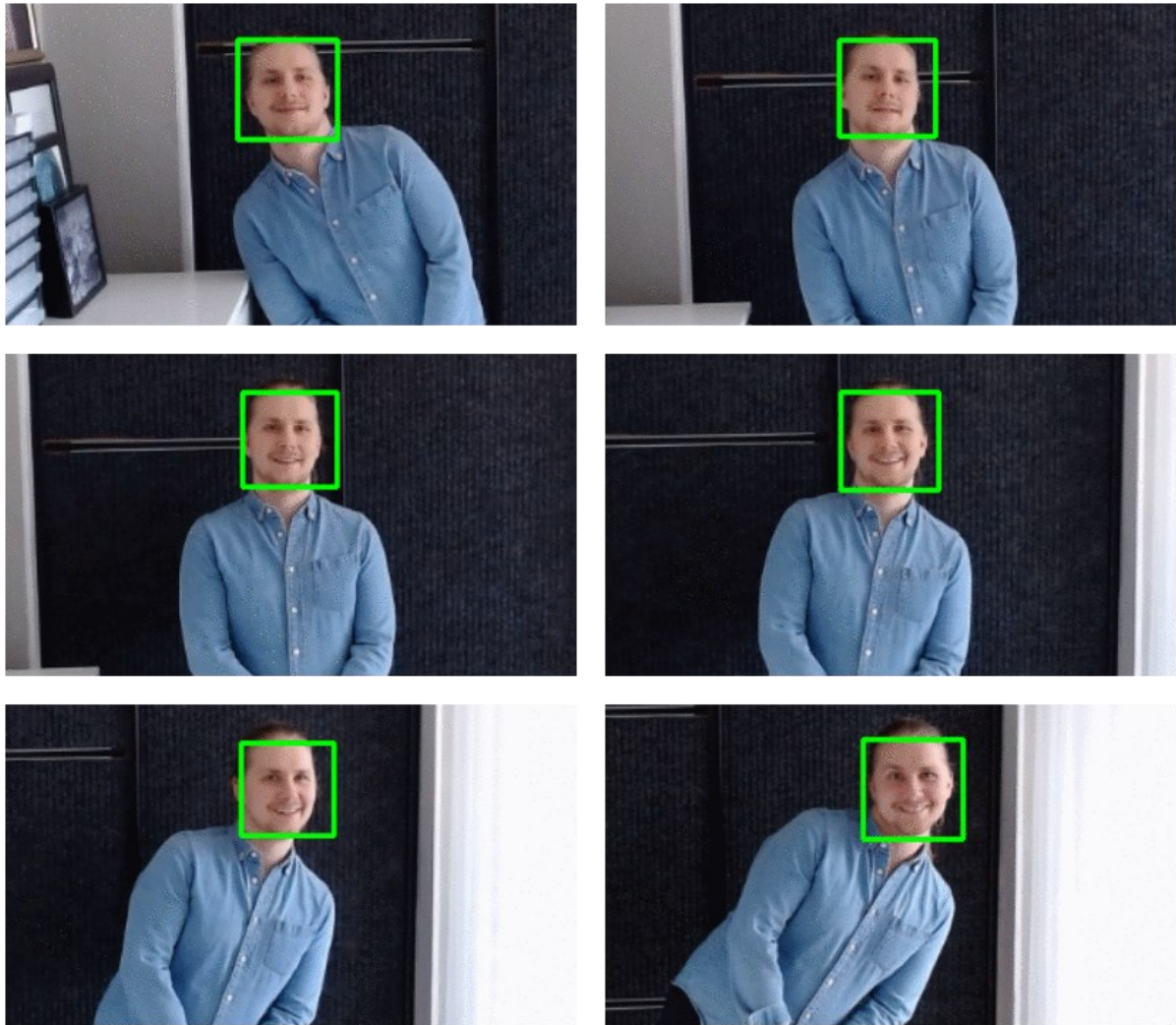
eftersom det är det mest använda biblioteket för datorseende med Python [118]. Avhandlingen är inte ett arbete om datorseende med OpenCV, och flera exempel på motsvarande implementationer finns på nätet. Nedan listas några resurser för ansiktsgigenkänning, hur man följer med objekt, och hur man beskär bilder från en webbkamera med OpenCV:

- Object Tracking using OpenCV [119]
- Cropping faces from images using OpenCV2 [120]
- Crop video from webcam using OpenCV [121]
- Face detection using Python and OpenCV with Webcam [122]

För att känna igen ansikten från videon användes den inbyggda OpenCV `cv2.CascadeClassifier` metoden. `CascadeClassifier`-metoden behöver en på förhand tränad klassifieringsfil (.xml), och i det här diplomarbetet används en klassifieringsfil för "Haar Feature-based cascade classifiers". Filen är framställd enligt en metod som presenterades 2001 av Paul Viola och Michael Jones som ett förslag för att känna igen egenskaper i bilder. Implementationen testades på Logitech Brio kameran i för att kunna hitta och placera föreläsaren i närbild på direktsändningen utan att begränsa föreläsarens rörlighet i kamerans breda inspelningsvinkel.



Figur 84 – Kamerans ursprungliga vinkel



Figur 85 – Bilden är förstord 4 ggr och följer med ansiktet för att göra videon av föreläsaren mera engagerande.

En 4k bild borde gå att förstora 9,6 gånger och ändå ha tillräcklig noggrannhet för presentation i bild-i-bild (1280x720). I testen nedan förstordades bilden 8 ggr genom beskärning i OBS för att illustrera bristen i noggrannhet trots hög resolution. I hemmabelysning (såväl som i klassbelysning) räcker noggrannheten helt enkelt inte till trots att resolutionen gör det. Implementationen togs i bruk med 4x förstoring och kameran flyttades närmare för att placera föreläsaren i närbild. Som följd av den närmare kameraplaceringen begränsas föreläsarens rörlighet något.



Figur 86 – Brion utan förstoring (vänster). Brion med 4x förstoring (höger). Bilderna beskärda men inte förstörade.



Figur 87 – 8x förstoring, bilden är 1280x720 men noggrannheten räcker inte till, på video syns även flimrande gryn.

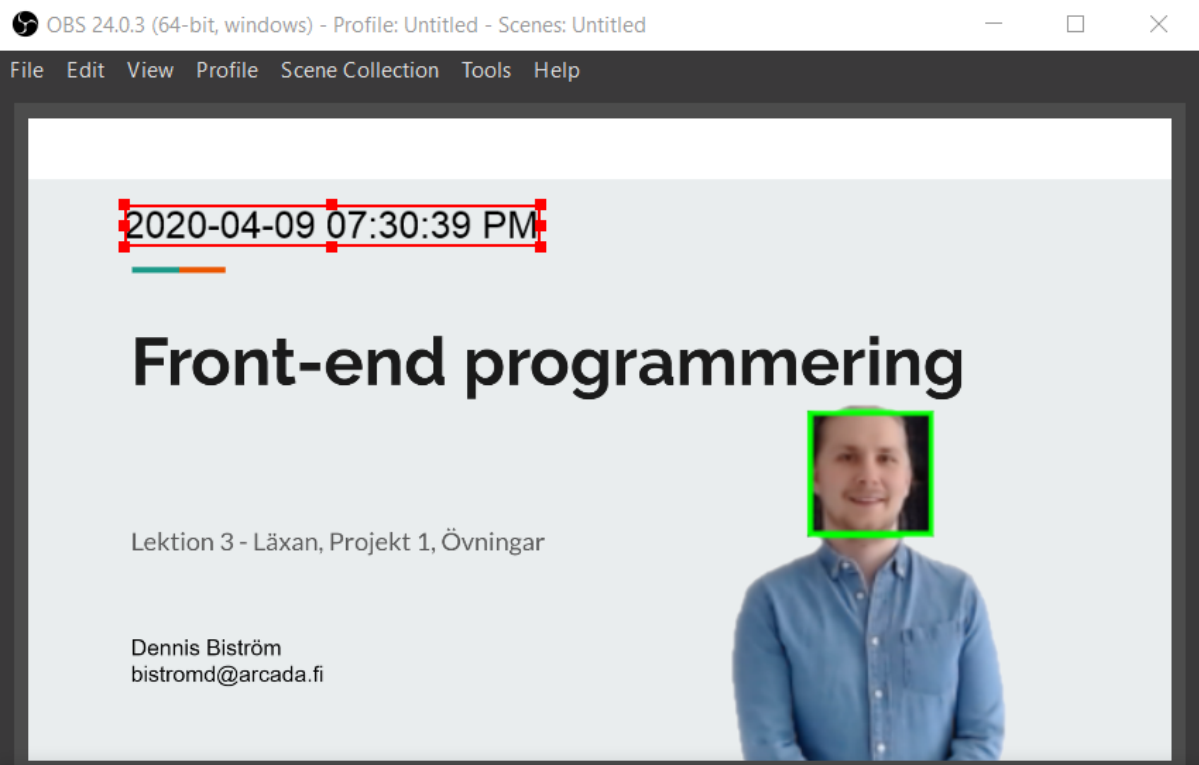
7.6 Skriptintegration i OBS

Trots att det för en föreläsare är väldigt enkelt att ta i bruk materialproduktionslösningen som presenterats i avhandlingen, är implementationen av Python scriptet för ansiktsigenkänning inte helt problemfritt att använda. Scriptet använder samma kameraenhet som OBS och i och med att en webbkamera bara kan användas av en enhet i gången fungerar scriptet inte samtidigt som OBS. OBS har .py och .lua skriptintegrationsmöjligheter vilket gör det möjligt

att importera Python-scriptet för att följa föreläsarens ansikte i OBS. Nedan syns en bild där en textkälla uppdateras enligt nuvarande tidpunkten med ett Python script.

```
import obspython as obs
import datetime

def update_text():
    source = obs.obs_get_source_by_name("testText")
    now = datetime.datetime.now()
    settings = obs.obs_data_create()
    obs.obs_data_set_string(settings, "text", now.strftime("%Y-%m-%d %I:%M:%S %p"))
    obs.obs_source_update(source, settings)
    obs.obs_data_release(settings)
    obs.obs_source_release(source)
```



OBS 24.0.3 (64-bit, windows) - Profile: Untitled - Scenes: Untitled


File Edit View Profile Scene Collection Tools Help

2020-04-09 07:30:39 PM

Front-end programmering

Lektion 3 - Läxan, Projekt 1, Övningar

Dennis Biström
bistromd@arcada.fi



Scripts

Scripts Python Settings

Loaded Scripts	Description
date-time.py	
faceTrack.py	

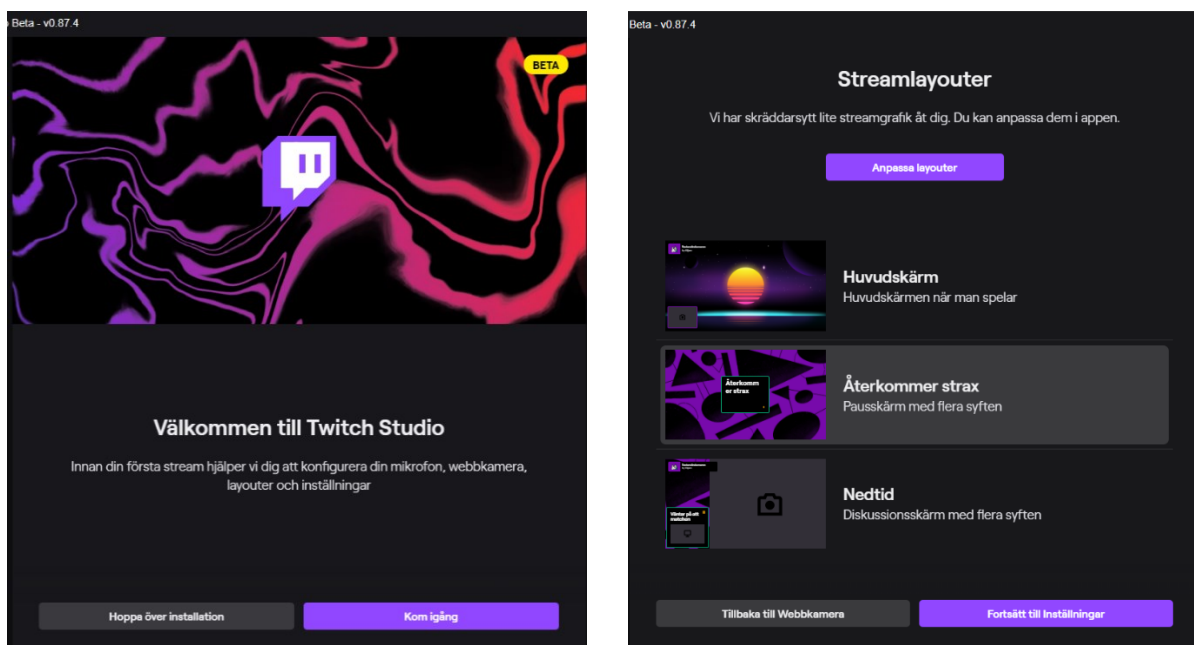
+ - ↻ Script Log Close

Figur 88 – Python scriptintegration.

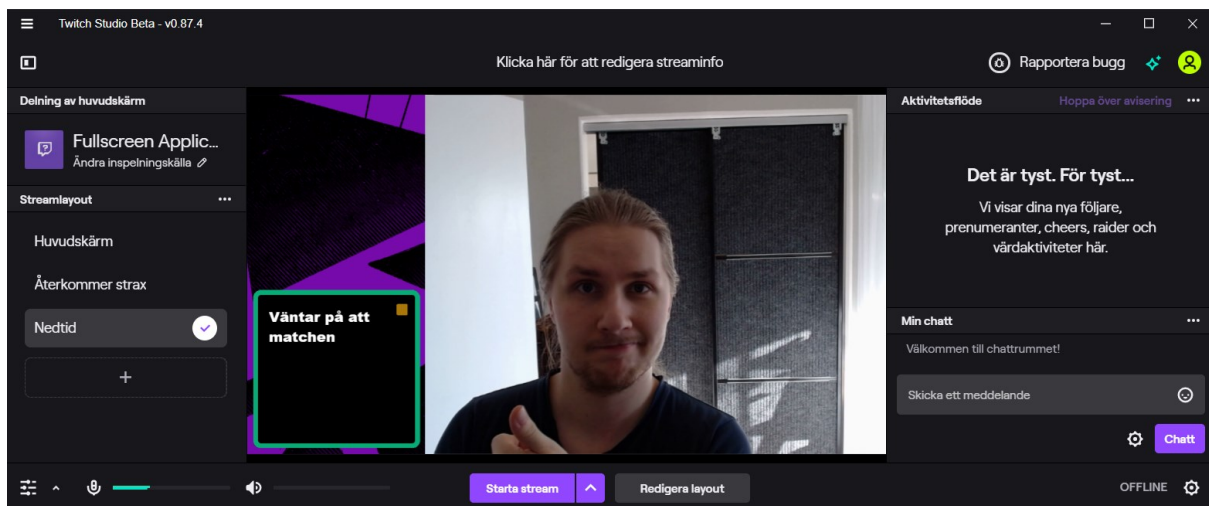
Scriptet för att uppdatera textkällan (date-time.py) fungerar fint i OBS. Scriptet för att följa ansiktet (faceTrack.py) behöver däremot modifikation för att det ska fungera i OBS. faceTrack.py scriptet fungerar inte i OBS eftersom scriptet använder sig av cv2.imshow metoden för att visa resultatet av panorering och beskärningen. I OBS krävs däremot att man modifierar innehållet av en källa enligt mönstret som visas i Figur 88. Genomförandet av skriptintegrationen i OBS påbörjades, men tiden och kunskapen som krävdes för att få skriptet till ett brukbart tillstånd var mera än vad som fanns till förfogande. För att kunna använda scriptet för ansiktsigenkänning, beskärning och panorering med OBS utan att måsta skriva om scriptet för att integrera det inuti OBS användes ett alternativt tillvägagångssätt. När föreläsaren loggar in körs ett script för Windows (en batchfil) som i sin tur startar Python scriptet som följer med föreläsaren. Imshow metoden skapar ett fönster där föreläsaren hålls mitt i bilden. Även OBS startar vid inloggning men ingen kameraenhet används i scenen. Den vanliga skärmdelningen inkluderar fönstret som imshow metoden har skapat, och AutoHotkey script används för att hålla bilden på föreläsaren ovanpå andra fönster. Metoden fungerar, men det vore givetvis bättre att integrera scriptet som följer med föreläsaren i OBS. Ännu ett tillvägagångssätt för skriptintegration presenteras i avsnitt 7.9.

7.7 Twitch Studio Beta och Youtube Webbkamera

Både Twitch och Youtube erbjuder sina egna verktyg för att skapa en direktsändning utan att behöva OBS. Mellan de här plattformarna har Twitch Studio Beta fler egenskaper [123], och påminner mycket om OBS med en inbyggd guide för att användaren lätt ska komma igång. Guiden för snabbstart leder användaren genom val av mikrofon och kamera och erbjuder även tre färdiggenererade kompositioner: en för helskärmspresentation med föreläsaren i liten bild ovanpå, ett väntrum för innan sändningen påbörjas (viktigt för Twitch då väntrumsfunktionalitet annars saknas på plattformen), samt en 70/30 scen med föreläsaren i större bild. Mjukvaran erbjuder mycket inbyggd funktionalitet som minskar på de tekniska kunskapskraven för föreläsaren. Jämfört med OBS är guiden för snabbstart i Twitch Studio Beta mindre omfattande och mer praktisk inriktad.

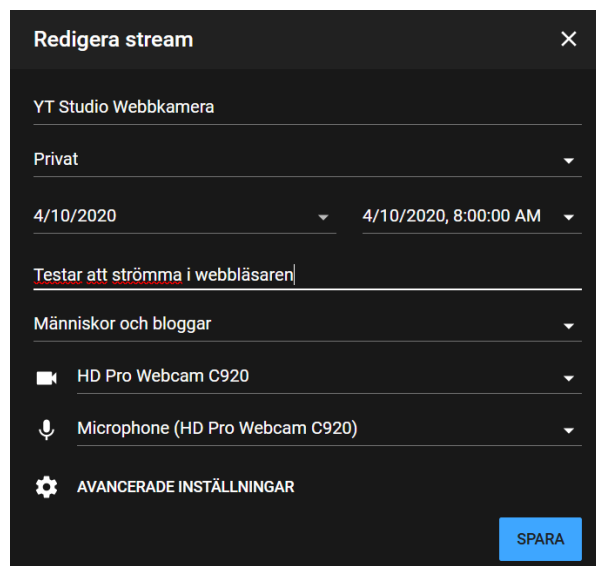


Figur 89 – Guiden för snabbstart i Twitch Studio Beta erbjuder färdiga kompositioner för direktsändning av spel.



Figur 90 – Twitch Studio påminner mycket om OBS men erbjuder även Twitch-profil och chattintegration.

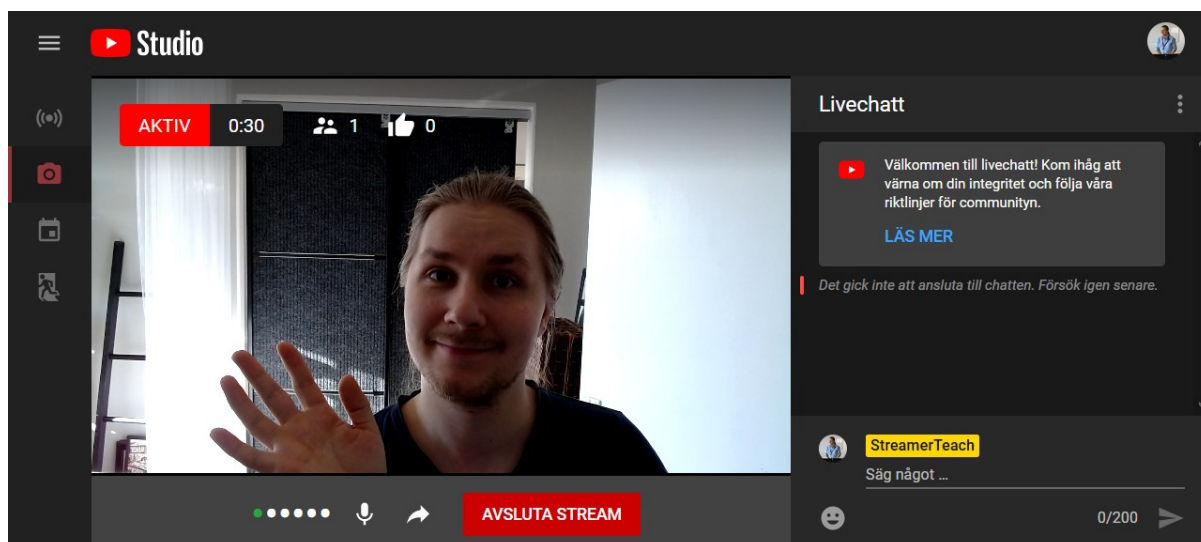
Twitch Studio Beta kräver nedladdning och konfigurering så som OBS, men produkten strävar till att vara lättare att använda genom att begränsa användningssyftet³³. Youtube Studio erbjuder istället ett gränssnitt inuti webbläsaren som de kallar för Youtube Studio Webbkamera [124]. Användaren möts av ett fönster för inställningar där man kan välja bland annat en rubrik för, och en beskrivning av sändningen. Även enheter och synlighetsinställningar går lätt att konfigurera innan man påbörjar sändningen. Vid fönstret för inställningar måste man också tillåta åtkomst till kamera och mikrofonenheter i webbläsaren³⁴. Gränssnittet för Youtube Webbkamera är väldigt enkelt och erbjuder inte ens möjligheten att välja skärmdelning som källa för video. Likt Youtube och Twitch Studio, integreras livechatten även här till höger.



³³ Bland annat scenerna som erbjuds tyder på att huvudmålgruppen är användare som ämnar direktsända då de spelar helskärmsspel.

³⁴ Chrome hanterar enhetsåtkomsten annorlunda än Firefox. I Chrome tillåter man antingen åtkomst till alla kamera och mikrofonenheter kopplade till datorn, eller inga. I Firefox väljer användaren vilken enhet som man tillåter åtkomst till. Det här medför en viss problematik för lösningen som presenteras i avsnitt (7.7).

Figur 91 – Inställningar för direktsändningen. I webbläsaren måste man tillåta åtkomst till kamera och mikrofonenheter.



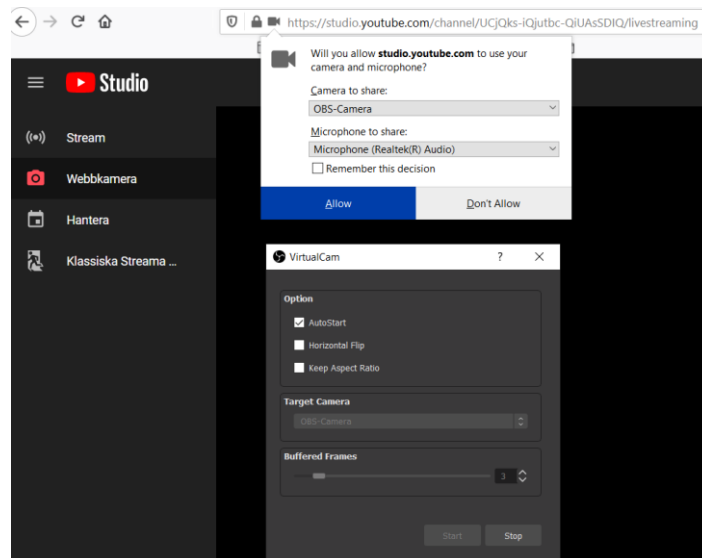
Varken Youtube Studio Webbkamera eller Twitch Studio Beta erbjuder tillräckligt med funktionalitet för att passa in i arbetsmetoderna som har utarbetats för direktsändning och materialproduktion. Båda verktygen har utvecklats för att vara ytterst användarvänliga, vilket delvis begränsar mängden inställningar och användningsområdet. Youtube Studio Webbkamera kan ändå användas i kombination med OBS för att göra processen för att starta en direktsändning ännu lättare och i följande avsnitt (7.7) behandlas en lösning med OBS, Virtualcam och Youtube Studio Webbkamera.

7.8 Virtualcam

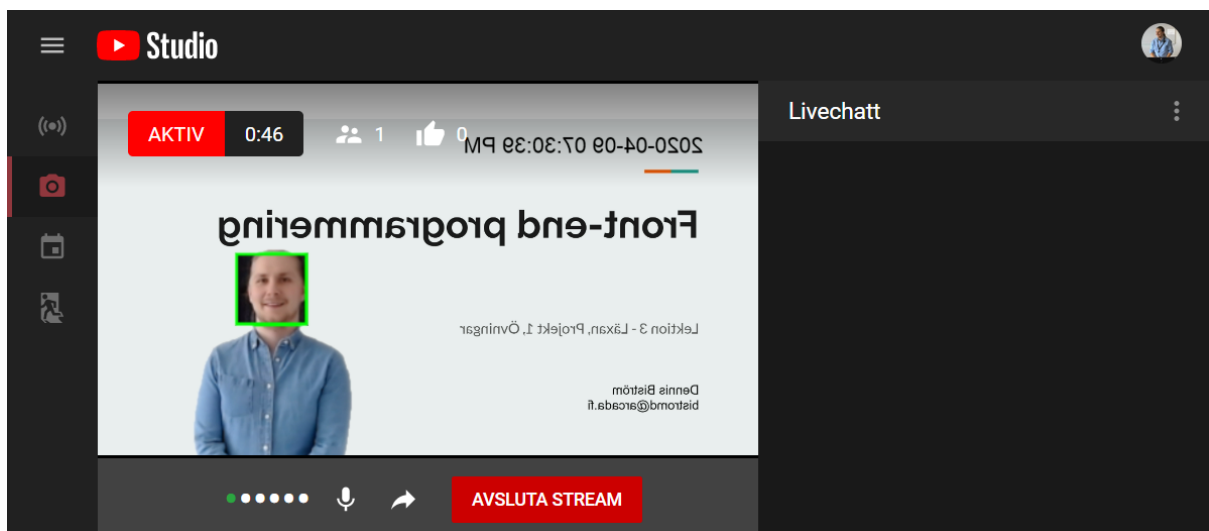
Virtualcam är ett tillägg för OBS som installerar en drivrutin för en ny form av kamera under Windows [125]. Resultatet av materialkompositionen i OBS skickas till den här virtuella kameran. Virtualcam fungerar som en vanlig kamera i mjukvara utanför OBS. Man kan därmed använda alla egenskaper som OBS erbjuder även i verktyg som endast använder sig av en källa för ljud och bild, till exempel Youtube Webbkamera. Tillägget kräver administratörrättigheter för installation (drivrutinen), och går sedan att konfigurera för autostart till systemfältet (eng. system tray) med OBS då användaren loggar in, i enlighet med tidigare föreslagna arbetsmetoder.

Förutsatt att OBS är konfigurerat på förhand och Virtualcam tillägget är inställt för automatisk start, kan den mer avancerade Youtube Studio Stream ersättas med det mycket lätta Youtube Studio Webbkamera gränssnittet³⁵. Föreläsaren behöver endast välja "OBS Camera" som sin kameraenhet i Youtube Webbkamera gränssnittet för att påbörja en direktsändning och spela in föreläsningen.

³⁵ För att jämföra det enkla Youtube Studio Webbkamera gränssnittet med Youtube Studio Stream kan Figur 93 jämföras med Figur 76.



Figur 92 – Virtualcam skickar OBS materialkomposition till en virtuell kameraenhet som heter OBS-Camera



Figur 93 – Youtube Webbkamera använder spegelvänd video, något som går att ta i beaktande i OBS med ett filter.

I fall föreläsare tycker vanliga³⁶ studion är för svår att använda, kan det här tillvägagångssättet ytterligare minska på den tekniska kunskapen som krävs av föreläsaren³⁷. I Chrome fungerar den här arbetsmetoden inte, eftersom Chrome hanterar tillgång till hårdvara på ett annat sätt. Chrome kan endast neka eller tillåta tillgång till all hårdvara kopplad till datorn, vilket i det här fallet resulterar i ett felmeddelande där Youtube Studio meddelar att kameraenheten är i bruk. Även om enheten som ämnas användas (OBS Camera) inte är i bruk, är givetvis webbkameran som används av OBS för att med Virtualcam skapa OBS Camera, upptagen.

³⁶ Den nuvarande Youtube Studio kallas av många för den nya studion. I sådana sammanhang syftar de på att förra versionen av Youtube Studio, numera Youtube Classic, är den vanliga.

³⁷ Personligen finner jag den vanliga (nya) studion lättanvänd och intuitiv speciellt i jämförelse med den klassiska studion. Om 4 år kallas nuvarande Youtube Studio för Classic?

7.9 OpenCV ”inbyggt” i kameran

Målet med implementationen av Python och OpenCV var att uppnå samma resultat som AutoFramer produkten från företaget 1 Beyond, det vill säga att beskärnings och panoreringsfunktionaliteten skulle finnas integrerad i kameran. Problemet med ett separat Python script som måste köras av föreläsaren löstes delvis i avsnitt 7.6, men en dedikerad enhet som till exempel en Raspberry Pi skulle förutom att göra simultanproduktionen ännu lättare kunna lösa även följande problem:

- Scriptet som följer föreläsaren skulle inte påfresta föreläsarens dator, vilket även möjliggör att lösningen skulle kunna användas på enheter vars egna processorkraft inte räcker till, till exempel ultrabooks.
- En dedikerad enhet tar bort kravet för att ha Python 3.6 och OpenCV modulerna installerade på lärardatorn. Båda kräver administratörrättigheter för att installeras.
- En extern låda för att följa föreläsaren löser även typiska kompatibilitetsproblem med enheter som har förhandsvalda inbyggda webbkameror (typisk för bärbara), eller datorer i föreläsningssalar som redan har diverse utrustning kopplad till sig.
- Lösningen kunde göras portabel genom att tejpa Raspberry Pin till kamerans stativ.
- Røde Wireless Go använde en 3,5 mm plugg som inte fungerar i lärardatorer med headset pluggar (utan tilläggsdrivrutin).

Python är ett bra programmeringsspråk att jobba med för att snabbt implementera lösningar som fungerar på flera plattformar, och en av grundtankarna i avhandlingen var att integrera skriptet som följer föreläsaren i kameran genom att köra scriptet på en Raspberry Pi³⁸. Ifall en skild enhet skulle användas för videobehandlingen kunde man också lösa problemet med 3,5 mm pluggen och drivrutinerna som nu krävdes på lärardatorn. Man kunde nämligen kombinera ljudet från Røde-mikrofonen och Brio videon redan innan de matas in i lärardatorn. Den trådlösa mikrofonens mottagare kunde vara inkopplad i 3,5 mm pluggen på Raspberry Pin och få sin ström via USB alltid då enheten är inkopplad.

Python är ett programmeringsspråk på hög nivå, vilket ofta medför vissa begränsningar. Python har till exempel inte direkt åtkomst till hårdvara vilket innebär att konceptet ”bilder per sekund” inte går att använda i koden. Vid ansiktsgenkänningen skulle det ha varit praktiskt att kunna köra igenkänningsalgoritmen endast var n:te bild. Istället måste man lita på timers för att köra igenkänningen med ett visst tidsintervall. Även konceptet kring tidtagning kan vara problematiskt i Python eftersom tiden returneras till Python via operativsystemet. För en överbelastad Raspberry Pi är systemtiden inte pålitlig när man talar om tidsintervall i skalan för en bild i en videoström, ungefär 1/30 av en sekund.

För att lyckas konvertera en videoström till en annan, som här är fallet, behövs gärna även hårdvaruacceleration, något som Python generellt är ganska dålig på. Lösningar finns, och bland annat Numba kompilatorn från Anaconda kan kompilera Python för att köras på grafikort som stöder CUDA [126]. För hårdvaruaccelererad kompression av H264 finns för Raspberry Pin ffmpeg och encodern h264_omx, med vilken man enligt flera användare på ett Raspberry Pi forum kan komprimera upp till 30 bilder is sekunden för MJPEG video så länge resolutionen är tillräckligt låg [127]. Det här bådär gott för en implementation med till

³⁸ Ett kraftfullare alternativ till Raspberry Pi 3an är Rock64an från företaget Pine64 [148]

exempel en kraftigare Raspberry Pi 4a, och en snabbsökning på forumen för Pine64 syftar på att hårdvarukomprimering med gstreamer är fullt möjligt även på en RockPro64 som hårdvarumässigt är kraftigast av de tre enheterna (RPi 3, RPi 4, RockPro64). Användningen av hårdvaruacceleration för konverteringen av videoströmmen med hjälp av Python är intressant men utmaningen passar inte inom ramarna för det här diplomarbetet. I praktiken hänger hastigheten av komprimeringen mycket på implementationen av mjukvarubiblioteken, något som blev klart redan då ansiktsgenkänningsscriptet kördes i Windows. Scriptet hann inte känna igen ansikten för varje bild som lästes in från kameran utan prestandan låg kring 14 bilder per sekund. Trots det förblev 70 % av processorkraften oanvänd.

Om en lösning skulle ha utformats där Logitech Brio kameran kopplas till en RPi4 och kraften i enheten skulle räcka till scriptet som följer föreläsaren (med hjälp av ffmpeg med h264_omx), skulle ett traditionellt problem med Windows och externa enheter kvarstå. Om RPi4an ska kopplas till Windows för att leverera video som en USB webbkamera så måste en drivrutin installeras som får RPi4an att se ut som en kamera under Windows. Den här drivrutinen ska signeras ifall man ska få den att fungera utan administrationsrättigheter och manuell installation. Eftersom signering av drivrutiner inte är lätt kunde man använda ett annat angreppssätt. Man kunde istället köra ut den modifierade videoströmmen som en NDI videoström över lokalnätet. Ifall lärardatorn är på samma nätverk kunde OBS då plocka upp videoströmmen utan att tilläggsinstallation av drivrutiner krävs.

8 Konklusion

Zoom och Youtube fungerar båda som verktyg för simultanproducering av material för nätet vid sidan om dataklassundervisning. Alternativen användes i 4 respektive 6 kurser under loppet av läsåret 2018–2019. Båda alternativen har för- och nackdelar. Det här kapitlet utvärderar hur väl forskningsfrågorna som ställdes i avsnitt 1.2 har besvarats.

8.1 Format och kvalitet

En direktsändning av en föreläsning innebär envägskommunikation medan webbkonferenser kräver tvåvägskommunikation. Tvåvägskommunikation ställer andra tekniska krav på hård- och mjukvara, bland annat då det gäller latens. Fördelarna av tvåvägskommunikation är små och jämfört med Zooms dåliga bild- och ljudkvalitet är OBS och Youtube mer ändamålsenliga. Vid distansundervisning som kräver tvåvägskommunikation fungerar mjukvaran Zoom bättre än Microsoft Teams. Zoom är tekniskt undermålig men lätt att använda. Vid distansundervisning där det räcker med envägskommunikation fungerar OBS för direktsändning och Youtube som publiceringsplattform. Materialet som produceras med OBS och Youtube är av hög kvalitet men OBS kräver mer teknisk kunskap för att konfigureras jämfört med Zoom.

Materialet som producerades motsvarar det undervisningsmaterial inom IT som används på moderna elektroniska inlärningsplattformar. Materialet är en skärminspelning som kombineras med ett ljudspår av föreläsaren där hen går igenom en utvecklingsprocess på skärmen. För att göra materialet mer engagerande integreras också en bild eller video av föreläsaren. Beroende på föreläsningssituationen används olika kompositioner. Med OBS

kan man förprogrammera tangentkombinationer för att växla mellan olika kompositioner och därmed hålla materialet engagerande utan separat editering. Vid statiskt presentationsmaterial i helskrämsformat placeras föreläsaren ovanpå presentationen (bild-i-bild). Då föreläsaren talar framför klassen ändras kompositionen så att föreläsaren tar upp hela bilden. Då föreläsaren visar videomaterial ska bilden på föreläsaren kunna gömmas för att inte täcka presentationens innehåll. Då materialet som presenteras inte behöver fylla hela skärmen kan skärmen delas upp i två där föreläsaren tar upp den ena halvan av skärmen och presentationen den andra.

8.2 Användbarhet

I diplomarbetet valdes produktionsmetoder som är genomförbara i en dataklass vid sidan om undervisningen. Efter en engångskonfiguration är det lätt för en föreläsare att erbjuda distansundervisning samt undervisningsmaterial på nätet vid sidan om dataklassundervisningen utan att föreläsaren behöver vara speciellt insatt i tekniken. Utrustningen kostar mellan 70 € och 200 €, vilket motsvarar kostnaden av till exempel skärmar och datorer i en dataklass. Man kan därmed lämna inspelningsutrustningen i dataklassen efter föreläsningen. Mellan lektionerna måste föreläsaren komma ihåg att ladda mikrofonenheterna.

8.3 Resurser

Utrustningen som lämpar sig bäst för distansundervisning och simultanproduktion är webbkameran Logitech Brio och mikrofonen Røde Wireless Go. Med hjälp av tilläggs-script i OBS skapades ett program som beskär och panorerar bilden från webbkameran så att ansiktet av föreläsaren hålls mitt i bild. Även om webbkameran producerar video i 4k resolution räcker noggrannheten av bilden bara till en fyrfaldig förstoring, vilket begränsar området där föreläsaren kan röra sig och ställer vissa krav på kamerans placering. Logitech Brio-kameran kostar endast 200 €. En dyrare kamera med större lins och sensor kan producera bild med högre noggrannhet. Ifall en dataklass ska användas enbart för distansundervisning och materialproduktion för nätet finns det också förprogrammerade kommersiella lösningar som kan förbättra materialets kvalitet. Bland annat kamerorna AutoTracker (7000 €) och AutoFramer (3000 €) från företaget Beyond 1 producerar bättre bild än Logitech Brio och håller automatiskt föreläsaren mitt i bild.

8.4 Värdet av materialet

Studerandena fyllde i feedbackformulär i slutet av varje kurs och återkopplingen har varit positiv. Tittarstatistiken på Youtube (Figur 77) visar också att studerandena har haft användning av materialet. Flera studerande har sagt att det är positivt att kunna pausa föreläsningen ifall man inte hinner med och att de uppskattar möjligheten att kunna se på föreläsningen i efterskott på nätet. Studerandena som erbjudits distansundervisning och möjlighet att se på föreläsningen i efterskott har upprepade gånger försökt få andra IT-lärare på Arcada att erbjuda samma möjligheter i sina kurser. Resultaten av feedbackformulären kan inte publiceras utan att först anonymiseras och eftersom de innehåller fritt formulerad text är det utmanande att presentera statistiken. Intresserade parter uppmanas därför att direkt kontakta skribenten.

9 Diskussion

I detta kapitel diskuteras ämnen som ligger lite utanför avhandlingens syfte men som är relevanta för att uppnå målet. Bland annat behöver studerandenas integritet samt det pedagogiska upplägget behandlas för att problemfritt kunna producera material vid sidan om undervisningen. I kapitlet behandlas även alternativa tillvägagångssätt som kan leda till andra slutsatser i avhandlingen.

9.1 Integritet

Vid direktsändning av föreläsningar måste studerandenas integritet tas i beaktande. I den första kursen där inspelningsutrustning användes diskuterades problemen kring integritet i klass, men även på ett anonymt diskussionsforum på kurshanteringsplattformen Itslearning. I slutet av kursen samlades även in feedback via en anonym enkät, där frågor ställdes speciellt för att undersöka hur studerandena förhöll sig till sin integritet vid direktsändning jämfört med deras integritet vid inspelning. Tanken var att studerandena kunde uppfatta direktsändningen mer obehaglig eller farlig än inspelningen då en inspelning kan klippas, censureras eller editeras, till skillnad från direktsändningen.

För att minimera problemet med studerande som blir på inspelningen, monterades kameran på ett stativ bakom första raden av datorer i en dataklass med riktning mot föreläsaren. Det är viktigt att kameran placeras tillräckligt högt så att kamerans inspelningsområde är ovanför huvudet av studerandena. Kamerans upptagningsområde begränsades kraftigt genom beskärningen i OBS i samband med den 4x digitala zoomen som implementerades i tidigare avsnitt. Kamerans bild begränsades till att spela in endast området kring lärarens datorbord och kanterna av området visades för studerandena och diskuterades i klass innan inspelningen påbörjades. På det här viset syns studerande endast i bild ifall de går fram till läraren och alla är medvetna om inspelningsområdet. För att undvika att ljudet från studerande spelas in lämnas den trådlösa mikrofonen på lärarens bord alltid när föreläsaren går runt i klassen. Det här kräver en stund att vänja sig vid och vid en föreläsares första inspelningar sker säkert misstag här. För att minska på misstagen kan studerandena bes att påminna föreläsaren om mikrofonen, vilket försnabbar inlärningsprocessen hos föreläsaren. Røde Wireless Go-mikrofonen har en ganska stark blå led som lyser på mottagaren, vilket underlättar det för studerande att se ifall föreläsaren har glömt att ta av mikrofonen.

Integritetsfrågan har diskuterats med personer insatta i övervakningslagar och studerandenas rättigheter. Yrkehögskolor och andra utbildningsverk har inspelande övervakning i allmänna utrymmen, dit även klassrummen hör. Viktigt är att sättet som kameran monteras på ska kunna anses vara en översikt av klassrummet och inte riktas mot specifika studerande. Kameran har i det här diplomarbetet placerats på ett högt stativ, men framtida planer finns för att istället montera den i taket. Bland studerande fanns alltid några som tyckte att livesändningen var riskfylld med tanke på deras integritet. Majoriteten av studerande uppfattar nyttan av inspelningen och möjligheterna för upprepning och distansinläring som det medför. Den tydliga avgränsningen av kamerans inspelningsområde har fått speciellt bra kritik och flera studerande upplever att det är svårt att i misstag bli på bild. Även systemet med att lämna mikrofonen på lärarens bord har mottagits väl, dock har enstaka elever påpekat att den automatiska förstärkningen i Røde

Wireless Go-mikrofonen innebär att uttalanden från första raden i klassen kan höras på inspelningen. Ifall motsvarande lösningar tas i bruk i flera undervisningssituationer kunde ett dyrare alternativ för mikrofonen väljas där förstärkningen går att låsa till en lägre nivå. Även alternativ där föreläsaren placerar mikrofonen i en låda med ljuddämpade skum längs väggarna kunde dämpa ljudnivån tillräckligt för att lösa problemet.

9.2 Pedagogik

Avhandlingen fokuserar på simultanproduktion för nätet vid sidan om föreläsningar, vilket innebär att det pedagogiska upplägget av materialet på nätet är identiskt med klassundervisningen. Arbetsmetoderna som utformas i det här diplomarbetet kan också användas för att skapa material specifikt för nätet. En kurs på nätet kan till exempel vara utformad så att den kräver samma tidsmässiga insats för alla studerande, till skillnad från klassundervisningen där man utvärderar studerande baserat på deras kunskaper. På engelska talar man då om en learning journey (ungefär inlärningsresa/-rutt), där undervisningsmaterialet struktureras så att olika studerande får olika utmaningar. Tanken är att svårighetsgraden anpassas till varje studerande, i praktiken används nivåtest eller förhör för att fastställa kunskapsnivån och inlärningsstakten. En studerande får alltid en passlig utmaning, och istället för att mäta prestation enligt kunskapsnivå kan kursen anses vara avklarad när studeranden har jobbat ett visst antal timmar inom ett visst ämne.

9.3 Distanstillgång till skrivbord

Ett av problemen med distansundervisning (utöver tidigare nämnda praktiska problem med tekniken) var att fjärrstöd alltid innebar tillgång till studerandenas privata datorer. Flera studerande, men speciellt jag kände att det här var problematiskt, då det finns för många risksituationer då man navigerar på en personlig dator. Som exempel på några typiska situationer där man av misstag intränger på studerandes privatliv kan följande situationer nämnas (här nämns endast tre fall, flera finns givetvis):

- webbläsarhistorik som föreslås ifall man försöker hjälpa någon med att hitta rätt resurs i webbläsaren,
- i och med nedladdning av vad som helst för filer, kursmaterial eller motsvarande, öppnas ofta nedladdningsmappen automatiskt, där studerandens tidigare nedladdade filer visas.
- vid öppnande av filer i diverse program som visar vilka filer man öppnat senast.

I och med situationen med coronaepidemin har möjligheten att kunna erbjuda dataklassundervisning på distans blivit ännu mer relevant, och ett lätt sätt att undvika det här situationerna är att uppmuntra studeranden att tunnla till sin skola och använda sig av Windows inbyggda skrivbordsdelning, i vilket fall studerande kommer åt att jobba på skolans datorer. När studerande deltar på distans kan de då dela med sig sitt skrivbord utan att måsta oro sig om vilka hemligheter den gömt på sin personliga dator. I fall där studeranden jobbar på en äldre dator eller till exempel en mindre kraftfylld "ultrabook", kan till och med prestandan förbättras.

9.4 Teams som kurshanteringsplattform

Teams är ett kraftigt verktyg och kan eventuellt ersätta kurshanteringsplattformar som Moodle och ItsLearning. Till avhandlingens syfte hörde att utreda lätta sätt att simultanproducera material för nätet vid sidan om dataklassundervisning, och ifall man granskar ämnet ur en synvinkel där verktyget Teams kunde bli studerandenas huvudsakliga plattform för diskussion och resurser, kunde valet mellan Teams och Zoom trots Zooms bättre tekniska egenskaper sett annorlunda ut. Avhandlingens mål var ändå inte att utreda hur bra Teams är som kurshanteringsplattform.

9.5 Videokonferensverktyg och dåligt ljud

Jag finner det intressant att vanliga (och gamla) VOIP-verktyg som Teamspeak från 2002 och Discord från 2015 erbjuder betydligt bättre kvalitet på ljud än Zoom och Teams. En entydig förklaring till situationen hittades inte, då varken Zoom eller Microsoft borde ha några problem med till exempel bandbredd eller serverkapacitet. Fyndet av att mobilversionen av Zoom-appen hade lägre kvalitets ljud och inte stödde Original Sound-inställningen, i kombination av att Teams också tillåter mötesdeltagare på smarttelefoner via sin app, får mig att misstänka att den låga ljudkvaliteten kommer från begränsningar i eko-, brusborttagnings-, och förstärkningsalgoritmer som ska hinna köras på äldre smarttelefoner med långsamma processorer utan att det inverkar på fördröjningen i samtal.

Discord tillåter för tillfället videokonferenser med upp till 25 deltagare, men innan (och troligen efter) coronautbrottet stöddes upp till 50 deltagare, vilket skulle räcka för gruppstorlekarna på Arcada. Discord erbjuder inte lösningar för distansstöd eller fjärrkontroll av studerandenas datorer, men för det kunde till exempel Veyon mjukvaran användas. Veyon är en mjukvara med öppen källkod för att dela skrivbord och begära fjärrstöd.

Även Jitsi testades som ett alternativ till Zoom. Jitsi är ett gratisprogram med öppen källkod som även används av till exempel 8x8 Video Meetings och Riot.im över Matrix nätverket. Jitsi skickar ljud och bild till från varje deltagare till alla deltagare skilt istället för att komprimera dem till en ström. Det här resulterar i lägre latens och bättre ljud men ställer högre krav på deltagarnas internetuppkoppling och gör möten med till exempel 50 deltagare nästan omöjliga (2 Mbps video och ljud * 50 deltagare = 100 Mbps utåtgående nätförbindelse). För klassrumsundervisning passar det här ändå bra eftersom endast en föreläsare talar i gången. Utöver bättre ljud och lägre latens fungerar Jitsi också i webbläsaren över WebRTC vilket innebär att ingen skild klient behövs. Zoom har på sistone varit i nyheterna för diverse mindre misstag eller övertramp gällande plattformens säkerhet. Ett exempel är då företaget blev fast för att skicka krypteringsnycklarna för möten till Kina, till vilket företaget helt enkelt kommenterade att de inte använder av nycklarna för att tjuvlyssna på möten [128]. Förutom att programmet har öppen källkod tillåter Jitsi också vem som helst att starta sin egna videokonferensserver ifall man är skeptiskt till data som skickas utanför EU [82].

10 Fortsatt forskning

Det är en tid sedan avhandlingen påbörjades (våren 2018) och en av de ursprungliga tankarna var att bygga ett verktyg som fungerar endast i webbläsaren. Jag undviker alltid program som måste laddas ner och installeras ifall det finns alternativ, och vid sidan om mina studier fördjupade jag mig i WebRTC och möjligheterna som tekniken medför. Trots att verktygen för videokonferenser och direktsändning över nätet har utvecklats snabbt, saknas fortfarande en lösning som är helt webbaserad, även om Google Meet kommer nära. I avhandlingen skapades ett Python script för ansiktsgenkänning och för att följa objekt (eng. object tracking). Intressanta implementationer för det här finns även skrivna i JavaScript vilket innebär att även den funktionaliteten kunde skapas i webbläsaren.

10.1 Förbättring av ansiktsgenkänningen

Det finns fortfarande många sätt att optimera scriptet som följer föreläsaren. AutoTrackern kunde vara ett arbete i sig själv då många av delmomenten kräver djupare analys av algoritmerna som används i OpenCV. För att känna igen ansikten från videon användes den inbyggda cv2.CascadeClassifier metoden och en på förhand tränad klassifieringsfil (.xml). I det här diplomarbetet användes en klassifieringsfil för "Haar Feature-based cascade classifiers" men ett annat alternativ till den egenskapsbaserade metoden är "LBP cascade classifiers", där LBP står för identifieringen av lokala binära mönster [129]. Samtidigt som scriptet för ansiktsgenkänningen komponerades jämfördes Haar och LBP med varandra. Haar metoden användes eftersom metoden lyckades hitta ansikten med högre noggrannhet än den inbyggda LBP klassifieringsfilen. Hur väl ansikten känns igen med Haar och LBP metoderna beror på flera faktorer, bland annat hur väl träningsmaterialet som använts för skapande av klassifieringsfilerna motsvarar situationen de testas på [130]. I vårt fall söker vi efter ett litet ansikte i låg resolution i halvbra belysning från diverse vinklar, och borde därmed träna en bättre klassifieringsfil baserat på material typisk för det fallet [131].

Haar påstås vara ungefär tre gånger långsammare och ett par procent bättre på att känna igen ansikten då den testades på bilderna i MUCT ansiktsdatabasen [132] av en användare på StackOverflow [133]. Källan är en anekdotisk, men stöder fynden som gjordes vid test vid sidan om utvecklingen av ansiktsgenkänningscriptet. Det ansågs inte nödvändigt att återskapa testet då bilderna i MUCT databasen inte heller motsvarar vårt användningsområde och resultaten skulle därmed inte varit relevanta. Vid utvecklingen av scriptet märktes en stor skillnad av processoranvändningen vid byte mellan LBP och Haar klassifieringsfilerna. För LBP klassifieringsfilen hann ansiktsgenkänningen köras på 14 bilder per sekund av den inkommande videon från kameran, medan skriptet vid användningen av Haar klassifieringsfilen hann med endast 5 bilder per sekund. Processoranvändningen för Haar implementationen ligger på 25 % medan processoranvändningen för LBP ligger kring 18 % då scriptet testas på en AMD Ryzen 5 3600X. Låg processoranvändning i kombination med att scriptet inte hinner med de trettio bilderna i sekunden som kameran producerar tyder på att ansiktsgenkänningsmetoden är dåligt optimerad. Klassifieringsfilerna går även att komprimera, vilket delvis kan resultera i bättre prestanda [134]. Avhandlingen använder ansiktsgenkänningsalgoritmen endast en gång per sekund, så prestandan räcker väl till. Avhandlingen använder istället algoritmer för att följa objekt (eng. object tracking) för varje bild, dessa algoritmer tar inte länge att köra och

vi uppnår kamerans fulla 30 bilder per sekund [119]. Koustubh Sinhal har skapat en välstrukturerad sjudelad handledning (eng. tutorial) där han går igenom delmoment av igenkännande av objekt i bilder [135].

Alternativa angreppssätt för snabbare algoritmer för ansiktsgenkänningen undersöktes ytligt och ett bibliotek för bildbehandling och maskininlärningsbibliotek skrivet i C++ hittades. Biblioteket kunde använda samma HAAR och LBP klassifieringsfiler som i OpenCV [136], [137]. Implementationen stöder bland annat följande SIMD tillägg: SSE4.1, AVX2, AVX512 och NEON(ARM) vilket torde resultera i mångfaldigt snabbare körning [138].

10.2 Klipp vid tystnad

Problemet med de fyra timmar långa inspelningarna som laddades upp på Youtube löstes delvis genom implementationen av tidskodningen, och i Figur 77 kunde vi se att studerande som tittar på föreläsningarna på efterhand inte ser genom hela fyra timmar långa videon utan hade en genomsnittlig tittartid på kring 11 minuter. Orsakerna till den korta tittartiden kan vara många, men flera av studerande har i kursfeedbacken skrivit att uppladdningarna är praktiska då man hittar det man söker efter med hjälp av tidskoderna som finns i beskrivningen. Problemet med att ladda upp en fyra timmar lång föreläsning på nätet där endast delar av klippet består av användbart undervisningsmaterial kvarstår, och ifall en dedikerad enhet för medföljandet av föreläsaren och inspelning av ljud implementeras, kunde även en enkel metod för klipp av video tas i bruk.

Flera kravattmikrofoner har möjligheten att stänga av mikrofonen med hjälp av en brytare längs mikrofonsladden, och ett script som automatiskt skulle klippa bort för video ifall ljudet är avstängt är implementerbart. Istället för att lägga mikrofonen på bordet som i nuläget, skulle föreläsaren slå av inspelningen av ljudet, och enheten som tar emot ljudet skulle stoppa inspelningen av video tills ljudet kommer på igen. Egenskapen ställer tilläggskrav på enheten som ska utföra operationen eftersom enheten ska fortsätta strömma video genom föreläsningen vid sidan om inspelningen av den klippta videon.

11 Bilagor

Projektet finns på github

<https://github.com/thesourmango/facePan>

11.1 faceTracker.py

```
# Needs pip install opencv-contrib-python && pip install opencv-python
#import required libraries
import cv2 #import OpenCV library
import time #importing time library
#load cascade classifier training file for lbpcascade
lbp_face_cascade = cv2.CascadeClassifier('data/lbpcascade_frontalface.xml')
# using haar bcause of accuracy but lpb is waay faster
haar_face_cascade = cv2.CascadeClassifier('data/haarcascade_frontalface_alt.xml')
```

```

cam = cv2.VideoCapture(0) # cam is the videofeed from video0
cam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 640)
t1 = time.time() # DEBUG: start timer for monitoring speed
(ret, frame) = cam.read() # Grab tuples from cam (True/False, Frame)
w,h = frame.shape[1], frame.shape[0] # grab frame size
print("Resolution: ", w, "x", h)
zoom = 4; # How much zoom/crop you want
crop = [w/zoom*2, h/zoom*2] # times 2 bcause left and right
print("Cropping to: ", crop[0], "x", crop[1])
# If face not detected on frame 1 we need some dummy coords x & y/2
x,y = crop[0]/2 ,crop[1]/2
lastFace = x,y,w,h # keep track of last "discovered" face

def drawRect(frame, faces):
    x,y,w,h = faces[0] # first face coordinates
    cv2.rectangle(frame,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2) # draw a GREEN rectangle

def trackFace(frame, faces):
    pass

def waitForFace(frame, lastFace): # if no face detected, idle, then try again
    x,y,w,h = int(lastFace[0]),int(lastFace[1]),int(lastFace[2]),int(lastFace[
3])
    cX,cY = int(x+(w/2)), int(y+(h/2)) # Face centre coords
    crop_img = frame[cY-135:cY+135, cX-
200:cX+200] # crop video to 1/4 size around face
    cv2.imshow("cropped", crop_img) # DEBUG: show cropped frame
    t2 = time.time() # DEBUG: check how long processing takes
    return crop_img

def detectFace(gray, frame): # try to find face
    # img,scaleFactor,minNeighbors, flags, min_size
    faces = lbp_face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.2, 5, 0, (0, 0))
    if (len(faces)):
        for (x,y,w,h) in faces: # if face detected
            x,y,w,h = faces[0] # first face coordinates
            if y <=135: y = 135 # dont crop when nearing top of frame
            if x <=200: x = 200 # dont crop when nearing left of frame

            drawRect(frame, faces) # draw a rectangle around detected face
            cX,cY = int(x+(w/2)), int(y+(h/2)) # Face centre coords
            crop_img = frame[cY-135:cY+135, cX-
200:cX+200] # crop video to 1/4 size around face

    global lastFace
    lastFace = x,y,w,h # save last detected face coords
    # trackFace(frame) # face detected, move to tracking

```

```

        return crop_img
    else:
        crop_img = waitForFace(frame, lastFace)
        return crop_img

def main():
    while True:
        (ret, frame) = cam.read() # Grab tuples from cam (True/False, Frame)
        # convert img to grayscale, speeds up tracking no penalty in acc
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        # Run tracking on grayscale img with last known coords
        crop_img = detectFace(gray, frame)
        cv2.imshow("cropped", crop_img) # DEBUG: show cropped frame

        if cv2.waitKey(50) == 27: # PRESS ESC TO EXIT
            break
    cam.release()
    cv2.destroyAllWindows()

#For starting the .py script
if __name__ == '__main__':
    main()

```

12 Referenser

- [1] A. Lukkarinen, P. Koivukangas and T. Seppälä, "Relationship between Class Attendance and Student Performance," 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816309776>. [Accessed 10 04 2020].
- [2] University Of Wisconsin, "Study: College students prefer classes with online learning," 2018. [Online]. Available: <https://news.wisc.edu/study-college-students-prefer-classes-with-online-learning/>. [Accessed 12 04 2020].
- [3] T. McCue, "E Learning Climbing To \$325 Billion By 2025," 2018. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/forbes-personal-shopper/2020/04/10/everything-you-need-to-know-before-buying-a-weighted-blanket/>. [Accessed 12 04 2020].
- [4] Coursera Inc., "Coursera - Build skills with online courses from top insitutions," 2020. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/>. [Accessed 13 04 2020].
- [5] Udemy Inc., "Online courses - Learn anything, on your schedule," 2020. [Online]. Available: <https://www.udemy.com/>. [Accessed 13 04 2020].
- [6] edX Inc., "edX - Free Online Course by Harvard, MIT & more," 2020. [Online]. Available: <https://www.edx.org/>. [Accessed 13 04 2020].

- [7] edX Inc., "Home- Open edX," 2020. [Online]. Available: <https://open.edx.org/>. [Accessed 13 04 2020].
- [8] D. Shah, "Edx's 2018: Year In Review," 2018. [Online]. Available: <https://www.classcentral.com/report/edx-2018-review/>. [Accessed 13 04 2020].
- [9] S. Perez, "Twitch solidifies its lead with viewership up 21% in Q1, while YouTube Gaming drops," 2018. [Online]. Available: <https://techcrunch.com/2018/04/26/twitch-solidifies-its-lead-with-viewership-up-21-in-q1-while-youtube-gaming-drops/>. [Accessed 13 04 2020].
- [10] Mashable, "A guide to twitch sreaming," 2020. [Online]. Available: <http://mashable.com/2017/12/20/guide-to-twitch-streaming/>. [Accessed 24 03 2020].
- [11] Techspot, "How to stream PC games on Twitch," 2020. [Online]. Available: <https://www.techspot.com/guides/1555-how-to-stream-pc-games-twitch/>. [Accessed 24 03 2020].
- [12] Youtube, "Youtube Studio," 2020. [Online]. Available: <https://studio.youtube.com> . [Accessed 24 03 2020].
- [13] Twitch, "Twitch Studio BETA," 2020. [Online]. Available: <https://www.twitch.tv/broadcast/studio>. [Accessed 24 03 2020].
- [14] Twitch, "Recommended Hardware for Broadcasting," 2020. [Online]. Available: https://help.twitch.tv/s/article/recommended-hardware-for-broadcasting?language=en_US. [Accessed 24 03 2020].
- [15] Google, "Set up your live streaming encoder - Youtube Help," 2020. [Online]. Available: <https://support.google.com/youtube/answer/2907883?hl=en>. [Accessed 02 04 2020].
- [16] Twitch Interactive, Inc, "The Twitch Studio Beta: now available to everyone," 2020. [Online]. Available: <https://blog.twitch.tv/en/2019/11/12/the-twitch-studio-beta-now-available-to-everyone/>. [Accessed 25 04 2020].
- [17] Stream Labs, "Github - Streamlabs OBS," 2020. [Online]. Available: <https://github.com/stream-labs/streamlabs-obs/>. [Accessed 16 03 2020].
- [18] NVIDIA Corporation, "Shadowplay," 2020. [Online]. Available: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/geforce-experience/shadowplay/>. [Accessed 13 04 2020].
- [19] Logitech International S.A., "Streamlabs - The best free tools for live streamers," 2020. [Online]. Available: <https://streamlabs.com/about>. [Accessed 13 04 2020].
- [20] MITx, "S1V9: Demo - Taking Abstraction Too Far," 2016. [Online]. Available: https://edx-video.net/mit-6002x/MIT6002XT214-V060900_DTH.mp4. [Accessed 14 04 2020].
- [21] 1 Beyond, Inc, "1 Beyond AutoTracker™ 3," 2020. [Online]. Available: <https://1beyond.com/>. [Accessed 29 03 2020].
- [22] P. Schaefer, "Patrick Schaefer - Rycote," 2020. [Online]. Available: <https://rycote.com/microphone-windshield-shock-mount/patrick-schaefer/>. [Accessed 14 04 2020].
- [23] "Prosument | IDG:s it-ord," IDG, 2019. [Online]. Available: <https://it-ord.idg.se/ord/prosument/>. [Accessed 05 05 2020].

- [24] Voodoo Film, "Filmordlista," 2020. [Online]. Available: <https://www.voodooofilm.org/ordlista/term/prosumer>. [Accessed 16 04 2020].
- [25] Sennheiser, "Broadcast wireless lavalier microphone," 2020. [Online]. Available: <https://en-us.sennheiser.com/broadcast-wireless-lavalier-microphone-set-ew-112p-g4>. [Accessed 24 03 2020].
- [26] B&H Photo, Video and Pro Audio, "Canon XF400 UHD 4K60 Camcorder with Dual-Pixel Autofocus," 2020. [Online]. Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1361550-REG/canon_2213c002_xf400_camcorder_with_8_29mp.html. [Accessed 24 03 2020].
- [27] Google, "Choose live encoder settings, bitrates, and resolutions - Youtube Help," 2020. [Online]. Available: <https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=en>. [Accessed 02 04 2020].
- [28] B&H Photo, Video and Pro Audio, "Samson Concert 88 Micro Headset 16-Channel True Diversity UHF Wireless System," 2020. [Online]. Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1509376-REG/samson_sw88bde5_d_concert_88_wireless_d.html. [Accessed 24 03 2020].
- [29] B&H Photo, Video and Pro Audio, "Rode NTG4+ Shotgun Microphone," 2020. [Online]. Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1115089-REG/rode_rodntg4plus_ntg4_shotgun_microphone_with.html. [Accessed 24 03 2020].
- [30] Verkkokauppa, "Sennheiser GSP 670 -langaton pelikuuloke," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/21203>. [Accessed 25 03 2020].
- [31] Verkkokauppa, "Audeze Mobius -pelikuulokemikrofoni," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/9004>. [Accessed 25 03 2020].
- [32] B&H Photo, Video and Pro Audio, "Rode Lavalier GO Omnidirectional Lavalier Microphone for Wireless GO Systems," 2020. [Online]. Available: <https://www.bhphotovideo.com/c/product/1496007-REG>. [Accessed 17 04 2020].
- [33] ASI Audiology, "The "Speech Banana" and the Sounds of Human Speech," 2016. [Online]. Available: <https://www.clearvaluehearing.com/clearvalue-hearing-blog/2016/12/9/the-speech-banana-and-the-sounds-of-human-speech>. [Accessed 17 04 2020].
- [34] L. Katz, "Understanding Bluetooth codecs," 2020. [Online]. Available: <https://www.soundguys.com/understanding-bluetooth-codecs-15352/>. [Accessed 17 04 2020].
- [35] C. Thomas, "The ultimate guide to Bluetooth headphones: Wired is still king for quality," 13 01 2020. [Online]. Available: <https://www.soundguys.com/ultimate-guide-to-bluetooth-headphones-20019/>. [Accessed 25 03 2020].
- [36] International Electrotechnical Commission, "IEC 60908:1999 Audio recording - Compact disc digital audio system," 2 1999. [Online]. Available: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60908%7Bed2.0%7Db.pdf. [Accessed 25 03 2020].
- [37] S. Pigeon, "Looking At Flac Compression Ratios," 07 02 2012. [Online]. Available: <https://hbfs.wordpress.com/2012/02/07/looking-at-flac-compression-ratios/>. [Accessed 25 03 2020].

- [38] Bluetoothcheck, "Bluetooth A2DP Audio Codecs," 2020. [Online]. Available: <https://bluetoothcheck.com/codecs>. [Accessed 25 03 2020].
- [39] Drew, "LDAC on Windows 10 - Sony," 01 2018. [Online]. Available: <https://community.sony.co.uk/t5/portable-audio/ldac-on-windows-10/td-p/2414449>. [Accessed 25 03 2020].
- [40] B. Schwartz, "The Best Lossy Music Compression," 21 2 2016. [Online]. Available: <https://www.xaprb.com/blog/2016/02/21/best-itunes-mp3-format/>. [Accessed 25 03 2020].
- [41] D. Alexandersen, "Microsoft adding Ogg, Theora, and Vorbis open media formats to Windows 10," 17 10 2017. [Online]. Available: <https://www.ctrl.blog/entry/windows-ogg>. [Accessed 25 03 2020].
- [42] X. Foundation., "Xiph.Org - QuickTime Components," 2016. [Online]. Available: <https://www.xiph.org/quicktime/#id2009061400>. [Accessed 17 04 2020].
- [43] H. Klein, "Bluetooth Audio Quality & aptX on Windows 10," 15 01 2019. [Online]. Available: <https://helgeklein.com/blog/2019/01/bluetooth-audio-quality-aptx-windows-10/>. [Accessed 25 03 2020].
- [44] M. v. Eerde, "Collecting audio logs the old-fashioned way," 09 01 2017. [Online]. Available: <https://matthewvaneerde.wordpress.com/2017/01/09/collecting-audio-logs-the-old-fashioned-way/>. [Accessed 25 03 2020].
- [45] Microsoft, "Update to improve Bluetooth driver diagnosis in Windows 8.1," 14 07 2015. [Online]. Available: <https://support.microsoft.com/en-us/help/3029606/update-to-improve-bluetooth-driver-diagnosis-in-windows-8-1>. [Accessed 25 03 2020].
- [46] Amazon, "BluDento 5.0 aptX HD, True HiFi Long Range Bluetooth Music Audio Receiver," 2020. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/Upgraded-BluDento-Bluetooth-Receiver-Speakers/dp/B07F6ZP5WF>. [Accessed 25 03 2020].
- [47] Amazon, "Avantree Bluetooth 5.0 Transmitter for TV PC with Volume Control, aptX Low Latency Wireless Audio Adapter," 2020. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/dp/B07TLHRPDP?tag=duckduckgo-ffab-20&linkCode=osi&th=1&psc=1>. [Accessed 25 03 2020].
- [48] Audio-Technica, "ATH-DSR5BT Wireless In-Ear Headphones with Pure Digital Drive," 2020. [Online]. Available: <https://www.audio-technica.com/cms/headphones/bc4f1631698861ac/index.html>. [Accessed 25 03 2020].
- [49] Amazon, "LG HBS-1120 Tone Platinum Se Bluetooth Wireless Retractable Stereo Headset," 2020. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/dp/B07V4WHT9K>. [Accessed 25 03 2020].
- [50] Wireless Group, "Propagation - Wireless Group," 2020. [Online]. Available: <https://research.csiro.au/wireless/research/propagation/>. [Accessed 17 04 2020].
- [51] Sound Expert, "Audio Quality of Encoders at 320kbps+," 2020. [Online]. Available: <http://soundexpert.org/encoders-320-kbps>. [Accessed 25 03 2020].
- [52] SoundExpert, "About SoundExpert," 2020. [Online]. Available: <http://soundexpert.org/about>. [Accessed 17 04 2020].
- [53] SoundExpert, "Audio quality of encoders at 224 kbit/s - SoundExpert," 2020. [Online]. Available: <http://soundexpert.org/encoders-224-kbps>. [Accessed 17 04 2020].

- [54] Sound Experts, "Audio Quality of Encoders at 128kbps," 2020. [Online]. Available: <http://soundexpert.org/encoders-128-kbps>. [Accessed 25 03 2020].
- [55] Amazon, "SabineTek SmartMike+ Wireless Lavalier," 2020. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/SabineTek-SmartMike-Microphone-Rechargeable-Cancellation/dp/B082HW6MZB>. [Accessed 29 03 2020].
- [56] Amazon, "Professional Microphone Omnidirectional Reduction Interview," 2020. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/Professional-Microphone-Omnidirectional-Reduction-Interview/dp/B07XF6TVBX>. [Accessed 29 03 2020].
- [57] Verkkokauppa.com Oyj, "Rode Lavalier Go mikrofoni," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/52085>. [Accessed 29 03 2020].
- [58] Verkkokauppa.com Oyj, "Rode Wireless Go langaton mikrofonijärjestelmä," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/71194>. [Accessed 29 03 2020].
- [59] Røde Microphones, "About us," 2020. [Online]. Available: <https://www.rote.com/aboutus>. [Accessed 29 03 2020].
- [60] BH Photo and Video, "Sennheiser EW 112P G4," 2020. [Online]. Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1385595-REG/sennheiser_ew_112p_g4_a_ew_112p_g4_camera.html/specs. [Accessed 29 03 2020].
- [61] Verkkokauppa Oy, "Logitech C922 Pro Stream -web-kamera," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/49089/hhxtn/Logitech-C922-Pro-Stream-web-kamera>. [Accessed 24 03 2020].
- [62] Verkkokauppa Oy, "Logitech BRIO 4K Stream Edition -Web-kamera," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/69088>. [Accessed 24 03 2020].
- [63] L. Davis, "Firewire bus description," 2015. [Online]. Available: http://www.interfacebus.com/Design_Connector_Firewire.html. [Accessed 04 05 2020].
- [64] Verkkokauppa.com Oyj, "Magewell USB Capture HDMI -UVC-videokaappari," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/4443/gnxgs/Magewell-USB-Capture-HDMI-UVC-videokaappari>. [Accessed 04 05 2020].
- [65] Verkkokauppa Oy, "Elgato Cam Link 4K Videokaappari," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/4660/njcrm/Elgato-Cam-Link-4K-kamerakaappari>. [Accessed 05 04 2020].
- [66] Verkkokauppa.com Oyj, "Kotikäyttöön - Digivideokamerat," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/10316c/Kotikayttoon>. [Accessed 17 04 2020].
- [67] C. Liu, "NVIDIA Hardware Acceleration: CUDA, NVENC, and NVDEC," 2018. [Online]. Available: <https://www.macxdvd.com/mac-video-converter-pro/nvidia-hardware-acceleration-cuda-nvenc.htm>. [Accessed 06 04 2020].
- [68] Verkkokauppa.com Oyj, "Xiaomi Mi Home Security Camera 360° -valvontakamera sisäkäyttöön," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/54605>. [Accessed 17 04 2020].

- [69] Verkkokauppa.com Oyj, "Blaupunkt VIO-DP20 -valvontakamera sisä- ja ulkokäyttöön," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/47131>. [Accessed 17 04 2020].
- [70] Logitech, "Logitech GROUP Video Conferencing System," 2020. [Online]. Available: <https://www.logitech.com/en-us/product/conferencecam-group>. [Accessed 29 03 2020].
- [71] NewTek, Inc., "NewTek NDI PTZ Camera," 2020. [Online]. Available: <https://www.newtek.com/camera/ndihx-ptz1/>. [Accessed 29 03 2020].
- [72] Panasonic, "Professional PTZ Cameras," 2020. [Online]. Available: <https://na.panasonic.com/us/audio-video-solutions/broadcast-cinema-pro-video/professional-ptz-cameras>. [Accessed 18 04 2020].
- [73] BH Photo and Video, "Professional PTZ Cameras," 2020. [Online]. Available: <https://www.bhphotovideo.com/c/buy/ptz-cameras/ci/25266/N/3769429766>. [Accessed 29 03 2020].
- [74] Youtube, "Metodikens grunder," 2019. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=EPMlei8TB3A>. [Accessed 07 04 2020].
- [75] Youtube, "Webbutveckling - Lektion 4," 2020. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/channel/UCjQks-iQjutbc-QiUAsSDIQ>. [Accessed 07 04 2020].
- [76] Audio General Inc., "Panasonic AW-HE100," 1999. [Online]. Available: <https://www.audiogeneral.com/Panasonic/awhe100.php>. [Accessed 18 04 2020].
- [77] "Communication Signal; Cabling - Pioneer PRV-LX1 Command Protocol Manual," 2017. [Online]. Available: <https://www.manualslib.com/manual/377481/Pioneer-Prv-Lx1.html>. [Accessed 18 04 2020].
- [78] 1 Beyond, "Autoframer - 1 Beyond," 2020. [Online]. Available: <https://1beyond.com/autoframer>. [Accessed 29 03 2020].
- [79] NewTek, "NDI SDK," 2020. [Online]. Available: <https://ndi.tv/sdk/>. [Accessed 24 03 2020].
- [80] Elgato, "Stream Deck," 2020. [Online]. Available: <https://www.elgato.com/en/gaming/stream-deck>. [Accessed 24 03 2020].
- [81] Zoom Video Communications, Inc., "Zoom Help Center," 2020. [Online]. Available: <https://support.zoom.us/hc/en-us>. [Accessed 30 03 2020].
- [82] Jitsi, "Jitsi - Develop and deploy full featured video conferencing," 2020. [Online]. Available: <https://jitsi.org/>. [Accessed 30 03 2020].
- [83] Microsoft, "See, Change, and Reset a Conference ID assigned to a user in Teams," 2020. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/MicrosoftTeams/see-change-and-reset-a-conference-id-assigned-to-a-user-in-teams>. [Accessed 01 04 2020].
- [84] "youtube-dl," 2020. [Online]. Available: <https://ytdl-org.github.io/youtube-dl/index.html>. [Accessed 17 04 2020].
- [85] S. W. Smith, "The Scientist and Engineer's Guide to - Chapter 3 - The Sampling Theorem," 2011. [Online]. Available: <http://www.dspguide.com/ch3/2.htm>. [Accessed 18 04 2020].

- [86] E. Maningo, "Drum Frequencies of Kick Bass Drum, Hi Hats, Snare and Crash Cymbals," 2011. [Online]. Available: <https://www.audiorecording.me/drum-frequencies-of-kick-bass-drum-hi-hats-snare-and-crash-cymbals.html/2>. [Accessed 18 04 2020].
- [87] I. L. Howell, "Preliminary Report: Comparing the Audio Quality of Classical Music Lessons Over Zoom, Microsoft Teams, VoiceLessonsApp, and Apple FaceTime," 2020. [Online]. Available: <https://www.ianhowellcountertenor.com/preliminary-report-testing-video-conferencing-platforms>. [Accessed 18 04 2020].
- [88] Microsoft, "Remote teaching and learning in Office 365 Education," 2020. [Online]. Available: <https://support.office.com/en-us/article/remote-teaching-and-learning-in-office-365-education-f651ccae-7b65-478b-8366-51bb884025c4?ui=en-US&rs=en-US&ad=US>. [Accessed 18 04 2020].
- [89] Twitch.tv Inc, "Twitch Streamers - Twitch Video Encoding/Bitrates/And Stuff," 2020. [Online]. Available: <https://stream.twitch.tv/encoding/>. [Accessed 02 04 2020].
- [90] Twitch, "LCK - Twitch," 2020. [Online]. Available: <https://www.twitch.tv/lck>. [Accessed 02 04 2020].
- [91] Youtube, "[2020 우리은행 LCK Spring Split] AF vs. APK - DWG vs. HLE - KT vs. DRX - Youtube," 2020. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Me7A74QTtBQ>. [Accessed 02 04 2020].
- [92] Twitch, "ESL CSGO FR - Twitch," 2020. [Online]. Available: https://www.twitch.tv/esl_csgo_fr. [Accessed 02 04 2020].
- [93] Youtube, "Live: Virtus.pro vs. OG - ESL Pro League Season 11 - Group D - Youtube," 2020. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=mg4Ft2HYmj8>. [Accessed 02 04 2020].
- [94] AudienceProject, "Percentage of U.S. internet users who use YouTube as of 3rd quarter 2019, by age group," 2019. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/296227/us-youtube-reach-age-gender/>. [Accessed 19 04 2020].
- [95] Sweetwater Sound, "Rode SC7 Coiled Patch Cable - Angled 3.5mm TRRS to Angled 3.5mm TRS - Sweetwater," 2020. [Online]. Available: <https://www.sweetwater.com/store/detail/SC7--rode-sc7-coiled-patch-cable-angled-3.5mm-trrs-to-angled-3.5mm-trs>. [Accessed 08 04 2020].
- [96] Cable Chick , "4-Pole TRRS Standards Adapter OMTP to CTIA Bi-Directional," 2020. [Online]. Available: <https://www.cablechick.com.au/cables/35mm-4-pole-trrs-standards-bi-directional-adapter-ctia-to-omtp.html>. [Accessed 08 04 2020].
- [97] Røde Microphones, "Røde SmartLav - Røde," 2020. [Online]. Available: <http://www.rote.com/microphones/smartlav>. [Accessed 04 04 2020].
- [98] Verkkokauppa Oyj, "Zoom Q8 videokamera audiotallentimella," 2020. [Online]. Available: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/32106/fvdcj/Zoom-Q8-videokamera-audiotallentimella>. [Accessed 04 22 2020].
- [99] TRAFICOM, "Langattomat kamerat, videolinkit ja mikrofonit," 2020. [Online]. Available: <https://www.traficom.fi/fi/viestinta/viestintaverkot/langattomat-kamerat-videolinkit-ja-mikrofonit>. [Accessed 06 04 2020].

- [100] IEEE, "IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands," 2017. [Online]. Available: <https://standards.ieee.org/standard/521-2002.html>. [Accessed 05 04 2020].
- [101] Wifi Alliance, "Wi-Fi Alliance® introduces Wi-Fi 6," 2009. [Online]. Available: <https://www.wi-fi.org/news-events>. [Accessed 06 04 2020].
- [102] K. Hill, "Wi-Fi Alliance launches 802.11ac Wave 2 certification," 2016. [Online]. Available: <https://www.rcrwireless.com/20160629/network-infrastructure/wi-fi/wi-fi-alliance-launches-802-11ac-wave-2-certification-tag6>. [Accessed 06 04 2020].
- [103] D. Willard, "What's The Frequency, Kenneth: An Overview Of Wireless Microphone Technology," 2018. [Online]. Available: <https://www.azden.com/blog/whats-the-frequency-kenneth-overview-wireless-microphone/>. [Accessed 06 04 2020].
- [104] Bluetooth SIG, "Specifications of Bluetooth 4.2," 2015. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20151003173654/https://www.bluetooth.org/en-us/specification/adopted-specifications>. [Accessed 06 04 2020].
- [105] NVIDIA Corporation, "Video Encode and Decode GPU Support Matrix," 2020. [Online]. Available: <https://developer.nvidia.com/video-encode-decode-gpu-support-matrix>. [Accessed 06 04 2020].
- [106] K. O'Flaherty, "Beware Zoom Users: Here's How People Can 'Zoom-Bomb' Your Chat," [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/kateoflahertyuk/2020/03/27/beware-zoom-users-heres-how-people-can-zoom-bomb-your-chat/#7d87b928618e>. [Accessed 23 04 2020].
- [107] Zoom Video Communications, "Nonverbal Feedback During Meetings," 2020. [Online]. Available: <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/115001286183>. [Accessed 07 04 2020].
- [108] Zoom Video Communications, Inc., "Attendee attention tracking," 2020. [Online]. Available: <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/115000538083-Attendee-attention-tracking>. [Accessed 01 04 2020].
- [109] Wolicheng Tech, "WO Mic - Free Microphone," 2020. [Online]. Available: <https://wolicheng.com/>. [Accessed 04 04 2020].
- [110] Trisha - TrishTech.com, "Use Android Phone as Microphone for Windows PC with WO Mic," 2020. [Online]. Available: <https://www.trishtech.com/2015/11/use-android-phone-as-microphone-for-windows-pc-with-wo-mic/>. [Accessed 04 04 2020].
- [111] K. Wiggers, "Android P will also Prevent Idle Background Apps from Recording you via Microphone," 2018. [Online]. Available: <https://www.xda-developers.com/android-p-audio-recording-limitations-privacy/>. [Accessed 08 04 2020].
- [112] Google , "Enable Live Streaming," 2020. [Online]. Available: <https://support.google.com/youtube/answer/9227509>. [Accessed 07 04 2020].
- [113] F. o.-d. t. & J. Jack0r, "Wiki - Filters Guide | OBS," 2020. [Online]. Available: <https://obsproject.com/wiki/filters-guide>. [Accessed 05 04 2020].
- [114] H. Bailey, "Python/Lua Scripting - OBS Studio 24.0.0 documentation," 2019. [Online]. Available: <https://obsproject.com/docs/scripting.html>. [Accessed 05 04 2020].
- [115] Jack0r, "Scene Collections - OBS Classic - Help Files," 04 2020 2020. [Online]. Available: <https://jp9000.github.io/OBS/features/scenecollection.html>. [Accessed 09 04 2020].

- [116] Jack0r, "Profiles - OBS Classic - Help Files," 2020. [Online]. Available:
] <https://jp9000.github.io/OBS/features/profiles.html>. [Accessed 09 04 2020].
- [117] jp9000, "OBS Studio 0.14.1," 2016. [Online]. Available:
] <https://github.com/obsproject/obs-studio/releases/tag/0.14.1>. [Accessed 09 04 2020].
- [118] OpenCV Team, "About - OpenCV," 2020. [Online]. Available:
] <https://opencv.org/about/>. [Accessed 09 04 2020].
- [119] S. Mallick, "Object Tracking using OpenCV (C++/Python)," 2017. [Online]. Available:
] <https://www.learnopencv.com/object-tracking-using-opencv-cpp-python/>. [Accessed 09 04 2020].
- [120] G. Thompson, "Computer Vision: Cropping Faces From Images Using OpenCV2," 2012. [Online]. Available: <http://gregblogs.com/computer-vision-cropping-faces-from-images-using-opencv2/>. [Accessed 09 04 2020].
- [121] Life2Coding, "How to crop video from webcam using OpenCV," 2020. [Online].
] Available: <https://www.life2coding.com/how-to-crop-video-from-webcam-using-opencv/>. [Accessed 09 04 2020].
- [122] V. K. Singh, "Face detection using python and OpenCV with webcam -
] GeeksforGeeks," [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/face-detection-using-python-and-opencv-with-webcam/>.
- [123] Twitch Interactive, Inc., "Download Twitch Studio - Twitch," 2020. [Online]. Available:
] <https://www.twitch.tv/broadcast/studio>. [Accessed 10 04 2020].
- [124] Google, "Create a live stream via webcam," 2020. [Online]. Available:
] <https://support.google.com/youtube/answer/9228389>. [Accessed 10 04 2020].
- [125] catxfish, "OBS-Virtualcam 2.0.4 - OBS Forums," 2017. [Online]. Available:
] <https://obsproject.com/forum/resources/obs-virtualcam.539/>. [Accessed 10 04 2020].
- [126] Nvidia Corporation, "GPU accelerated computing with Python," 2020. [Online].
] Available: <https://developer.nvidia.com/how-to-cuda-python>. [Accessed 10 04 2020].
- [127] jbeale, "ffmpeg & h264_omx on pi3 very slow," 2016. [Online]. Available:
] <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=152499>. [Accessed 10 04 2020].
- [128] B. Marczak and J. Scott-Railton, "Move Fast and Roll Your Own Crypto - A Quick
] Look at the Confidentiality of Zoom Meetings," 2020. [Online]. Available:
<https://citizenlab.ca/2020/04/move-fast-roll-your-own-crypto-a-quick-look-at-the-confidentiality-of-zoom-meetings/>. [Accessed 10 04 2020].
- [129] OpenCV, "OpenCV Casacade Classifier," 2020. [Online]. Available:
] https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html. [Accessed 09 04 2020].
- [130] OpenCV, "Cascade Classifier Training," 2020. [Online]. Available:
] https://docs.opencv.org/2.4/doc/user_guide/ug_traincascade.html. [Accessed 10 04 2020].
- [131] K. Sinhal, "Training a better Haar and LBP based Eye Detector using OpenCV," 2017.
] [Online]. Available: <https://www.learnopencv.com/training-better-haar-lbp-cascade-eye-detector-opencv/>. [Accessed 09 04 2020].
- [132] S. Millborrow, "The MUCT Face Database," 2008. [Online]. Available:
] <http://www.milbo.org/muct/>. [Accessed 09 04 2020].

- [133] NoUserException, "Haar Cascades vs. LBP Cascades in Face Detection," 2014. [Online]. Available: <https://stackoverflow.com/questions/8791178/haar-cascades-vs-lbp-cascades-in-face-detection>. [Accessed 09 04 2020].
- [134] S. Mallick, "Minified OpenCV Haar and LBP cascades," 2016. [Online]. Available: <https://www.learnopencv.com/minified-opencv-haar-and-lbp-cascades/>. [Accessed 09 04 2020].
- [135] K. Sinhal, "Training a better Haar and LBP cascade based Eye Detector using OpenCV," 2017. [Online]. Available: <https://www.learnopencv.com/training-better-haar-lbp-cascade-eye-detector-opencv/>. [Accessed 10 04 2020].
- [136] Y. Ihar, "Simd/SimdDetection.hpp at master - ermig1979/Simd," 2020. [Online]. Available: <https://github.com/ermig1979/Simd/blob/master/src/Simd/SimdDetection.hpp>. [Accessed 10 04 2020].
- [137] Y. Ihar, "C++ image processing and machine learning library with using of SIMD: SSE, SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, AVX, AVX2, AVX-512, VMX(Altivec) and VSX(Power7), NEON for ARM.," 2020. [Online]. Available: <https://github.com/ermig1979/Simd>. [Accessed 10 04 2020].
- [138] Y. Ihar, "Simd Library," 2020. [Online]. Available: <https://ermig1979.github.io/Simd/index.html>. [Accessed 10 04 2020].
- [139] Legrand AV, "Vaddio RoboSHOT 12E," 2020. [Online]. Available: https://www.legrandav.com/products/vaddio/cameras/hd_ptz_cameras/roboshot_12e_hdbt. [Accessed 24 03 2020].
- [140] Twitch, "LCK - 5v5 - Twitch," 2020. [Online]. Available: <https://www.twitch.tv/lck/clip/GeniusSpotlessWheelRlyTho>. [Accessed 02 04 2020].
- [141] Twitch, "s1mple - s1mple 1v3 - Twitch," 2020. [Online]. Available: <https://www.twitch.tv/s1mple/clip/ThankfulGorgeousDuckPlanking>. [Accessed 02 04 2020].
- [142] Google, "ZOOM Cloud Meetings - Apps on Google Play," 2020. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=us.zoom.videomeetings>. [Accessed 04 04 2020].
- [143] D. Rochman, "An Overview of Digital Wireless Microphone Systems," 2015. [Online]. Available: <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/an-overview-of-digital-wireless-microphone-systems>. [Accessed 06 04 2020].
- [144] Hamuniverse.com, "Ham Radio HF/VHF Antenna Lengths Chart," 2020. [Online]. Available: <http://www.hamuniverse.com/hamantennalengths.html>. [Accessed 06 04 2020].
- [145] J. Mac, "RF 101 – The Basics of Wireless Mics and In-ear Systems," 2018. [Online]. Available: <https://www.sweetwater.com/insync/rf101-basics-wireless-mics-in-ear-systems/>. [Accessed 06 04 2020].
- [146] Mouser Electronics, Inc., "RF Wireless Technology," 2020. [Online]. Available: <https://eu.mouser.com/applications/rf-wireless-technology/>. [Accessed 06 04 2020].
- [147] AppBrain, "Wolicheng Tech - Android developer info on AppBrain," 2020. [Online]. Available: <https://www.appbrain.com/dev/Wolicheng+Tech/>. [Accessed 09 04 2020].

- [148 Pine64, "Rock64 - Pine64," 2019. [Online]. Available:
] <https://www.pine64.org/devices/single-board-computers/rock64/>. [Accessed 10 04 2020].
- [149 Google, "Use automatic captioning - YouTube Help," 2020. [Online]. Available:
] <https://support.google.com/youtube/answer/6373554>. [Accessed 12 04 2020].
- [150 Rikstermbanken, "Terminological entry - Rikstermbanken," 2019. [Online]. Available:
] <http://rikstermbanken.se/visaTermpost.html?id=215084>. [Accessed 17 04 2020].