

IoT i skolan

**State-of-the-art kring
undervisning och lärande**

SVAMPEN - UNDERJORDENS HUBB

”Hos växter som samarbetar med en svamppartner hittar man dubbelt så livsnödvändigt kväve och fosfor jämfört med exemplar som bara suger upp ämnen ur jorden med hjälp av sina egna rötter... För att ingå partnerskap med någon av över tusen arter svampar måste trädet vara mycket öppet. Svampen tränger inte bara in och omsluter rötterna utan låter också sin väv vandra ut genom den kringliggande skogsmarken. Därmed överskrider den rötternas normala utbredningsområde och växer också över till andra träd. Här förbinder den sig med de andra trädens svamppartner och rötter. Ett nätverk uppstår med ett livligt utbyte av inte bara näringsämnen utan även information, till exempel om hotande insektsangrepp. Svampar fungerar därmed som skogens eget internet...”

Citat av Peter Woelhen ur boken *Trädens hemliga liv* (2017, 52-53)

Bilden på framsidan föreställer den delen av en svamp som går att se ovan jord. Den verkliga svampen, den som lever i flera årtionden består av ett upp till hundra kvadratmeter stort nät av underjordiska trådar. Detta nät är en del av ett större sammanhang eftersom svamptrådarna är anslutna till trädrötter som i sin tur hänger samman med andra svampindivider av olika arter som är förbundna med andra träd och andra växter. Nätverket är så tätt spunnet att en enda matsked mull kan rymma en mil svamptrådar.

STATE-OF-THE-ART KRING UNDERVISNING OCH LÄRANDE

*Denna rapport är framtagen inom projektet
IoT Hubb skola som är en del av det strategiska
innovationsprogrammet för sakernas internet
(IoT Sverige), en gemensam satsning av Vinnova,
Formas och Energimyndigheten.*

SAMMANFATTNING

Denna arbetsrapport har författats inom ramarna för utvecklingsprojektet IoT Hubb Skola. Rapporten utgör ett delresultat inom projektet och syftar till att presentera en första state-of-the-art beskrivning av IoT (internet of things) för skola, undervisning och lärande. Rapporten uppdateras årligen under projektperioden 2018-2020. I rapporten antar vi ett pedagogiskt perspektiv på IoT och fokuserar på hur introducerandet av IoT/sensorer kan stödja pedagogisk verksamhet. Begreppet IoT relaterar till ett antal andra begrepp och forskningsfält, såsom AI, learning analytics, big data och data mining. Inledningsvis görs i rapporten en beskrivning av dessa relaterade fält, och ett antal avgränsningar. En avgränsning är t.ex. att vi i denna rapport inte fokuserar molntjänster, molndata etc., utan snarare vad introducerandet av för skolan ny sensorteknik kan betyda för skolan och dess verksamhet.

Underlag för rapporten är en litteratursökning om IoT i skolan där vi försökt hitta forskning om, och i så fall hur IoT/sensorer och sensordata används i skolan. Ytterligare underlag utgörs av workshops som har genomförts under hösten 2018. Vid workshop 1 deltog 15 personer med expertkunskap inom åtminstone något delområde med relevans för temat IoT/sensorer i skolan. Den övergripande tematiken för workshop 1 var "IoT och sensorer - möjligheter och utmaningar för skolan". Workshop 2 arrangerades internt på institutionen för data- och systemvetenskap Stockholms universitet inom ramen för institutionens arbete med pedagogiskt utvecklingsarbete. Utöver detta har också behovsinventeringar som genomförts inom projektet utgjort material för rapporten.

Resultat från litteratursökning visar att forskning om IoT/sensorer i skolan i stora drag saknas. Inte heller finner vi några mer tydliga exempel på utvecklingsprojekt där IoT/sensorer används i skolmiljö för att stötta pedagogisk utveckling. I flera artiklar diskuteras potentiella eller hypotetiska möjligheter för skolan men studier som utvärderar det pedagogiska värdet saknas. Frågor och problem vad avser etik, integritet och juridik lyfts likaväl som behovet av policy. De workshopar som genomförts ger en liknande bild, det finns möjligheter men också problem som behöver hanteras. Det konkreta användandet av IoT/sensorer inom ramen för skola, undervisning och lärande är sparsamt. Behovsinventeringarna ger avslutningsvis uttryck för behov av administrativa stöd. Avslutningsvis innehåller rapporten en summering och reflektion.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	3
1. Inledning	7
1.1 Kort projektbeskrivning - WP3:1	8
1.2 Våra tolkningar och avgränsningar	8
1.3 Underlag för rapporten	11
2. Forskning och praktik	14
2.1 Forskning inom IoT i skolan (K12)	14
2.2 Forskning inom LA och utbildning	16
2.3 Forskning om sensorteknik	18
2.4 Röster från fältet	19
2.5 Behovsinventeringar	22
3. Summering & reflektion	24
3.1 Sensorer i skolan	24
3.2 Nyttan av IoT och sensorer	26
3.1 Farhågor	27
Referenser	29
Bilaga 1	33
Poddar	33

1. INLEDNING

Denna arbetsrapport skrivs inom ramarna för utvecklingsprojektet "IoT Hubb Skola" (finansiär Vinnova). Koordinerande projektpart är Kungsbacka kommun, och övriga partners i projektet är RI.SE Interactive Institute, Lidingö kommun, Västerviks kommun, NTI gymnasierna, institutionen för data- och systemvetenskap (DSV) vid Stockholms universitet, Microsoft, Atea, Falköpings kommun, Eskilstuna kommun, Rytmys och Stadmissionens skolstiftelse.

Skolan har en lång tradition av teknikstödd skolutveckling, som i termer av digitalisering sträcker sig tillbaka till åtminstone 1960-talet. Sedan dess har satsningar som undervisningsmaskiner, COMPIS-datorer, DIS- och DOS-projekten, Fyrtornsprojekt, datorkörkort, PIM och 1-till-1-satsningar genomförts. Även om resultaten av dessa satsningar är föremål för diskussion och perspektiv, går det inte att bortse från att skolan varit arenan för en rad satsningar på att förändra och/eller utveckla (åtminstone någon aspekt av) skolans verksamhet med stöd i digitala medier. Med varje sådan satsning eller implementering sker också en viss förskjutning av vad som anses vara teknikens erbjudanden och skolans möjligheter (eller behov). Vad vi nu ser framför oss är, bland annat, satsningar på internet of things (IoT), sensorer och learning analytics (LA).

När vi skrivit denna rapport har vi haft en syn på lärande som enklast kan ses som en förening mellan ett sociokulturellt perspektiv på lärande (där redskap är centrala i mänskligt tänkande och handlande) och ett sociomateriellt perspektiv på relationen människa-artefakt (där dessa artefakter, eller redskap, är bärare av normer och värderingar).

1.1 KORT PROJEKTBESKRIVNING - WP3:1

I projektbeskrivningen formuleras syftet med projektet som att utveckla möjligheter och potential med IoT i skolan och i dess utbildningsmiljöer. Projektets övergripande mål är att bättre nyttja möjligheter med IoT i skolan genom upprättandet av en IoT hubb för skolan. Som en del i detta arbete (arbetspaket 3:1 (WP3:1)) har denna arbetsrapport författats som ett första steg i att formulera en state-of-the-art beskrivning inom IoT för skola, undervisning och lärande. Denna arbetsrapport uppdateras årligen under projektperioden 2018-2020.

1.2 VÅRA TOLKNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

Då forskningsprojektet och dess inriktning tangerar andra näraliggande begrepp och forskningsfält görs här inledningsvis ett antal förtydliganden och avgränsningar. IoT¹ (internet of things, eller sakernas internet som det också kallas) kan beskrivas som nätverk bestående av fysiska enheter, fordon, hushållsapparater och andra fysiska föremål med inbäddad elektronik, programvara, sensorer och anslutningar som gör det möjligt för dessa saker att ansluta, samla in och utbyta data. IoT som väsentlig del av smarta hus, smarta städer, smart kollektivtrafik och transport är teman som frekvent förekommer i nyheter och andra media. I detta projekt fokuseras IoT i skolan även om forskningsöversikten kommer tangera också andra fält som beskrivs i det följande - men då som en inspiration till idéer om IoT i skolan.



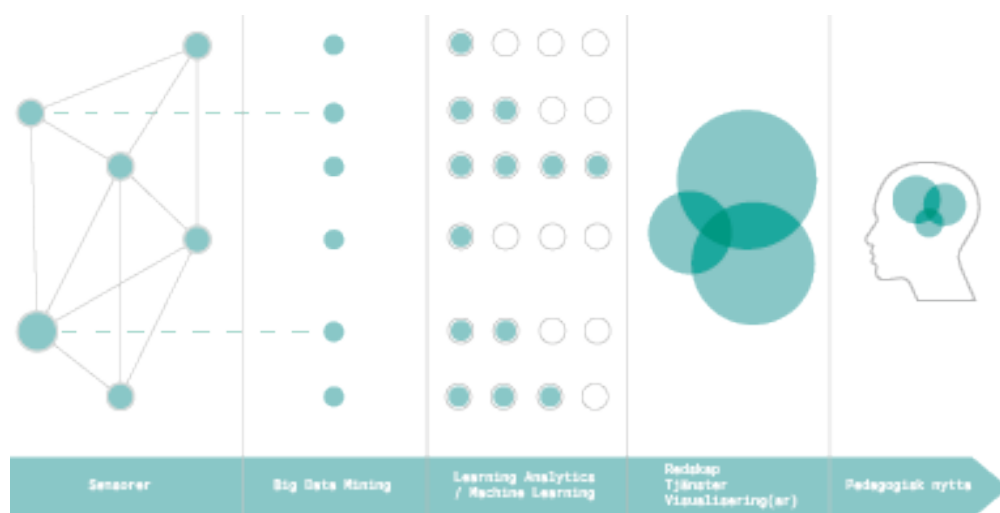
Figur 1. Illustration av internet of things

Det finns ett antal forskningsområden och begrepp som konceptuellt kan sägas ligga nära begreppet IoT. Ett sådant är *big data*², ett begrepp och fält som uppstått som ett resultat av att stora mängder data från flera olika datakällor samlas in och kan göras tillgänglig för analyser av olika slag, genom s.k. *data*

1 https://everipedia.org/wiki/lang_en/iot-internet-of-things-1/

2 https://everipedia.org/wiki/lang_en/Big_data/

mining³. I sådana stora datamängder är det möjligt att söka efter samband mellan olika datapunkter/ variabler, samband som på grund av den stora datamängden annars kanske aldrig skulle kunna göras synliga. På så sätt kan komplexa relationer och beroenden i data upptäckas. *Machine learning*⁴ och *AI*⁵ är ytterligare två forskningsfält som ofta förekommer i sammanhanget IoT. Principen är här densamma, d.v.s. att med utgångspunkt i stora datamängder och stöd av självlärande algoritmer försöka hitta samband och mönster i t.ex. mänskligt beteende, som sedan kan ligga till grund för skapandet av s.k. "intelligenta tjänster". T.ex. att en app i en mobiltelefon baserat på användning av den, användande av gps-data, andra appar och sensorer, proaktivt kan ge förslag på resvägar, restauranger m.m. Ett relaterat forskningsfält är *learning analytics*⁶ (LA). En mängd data lagras kontinuerligt i "molnet", på olika lärandeplattformar som används i undervisningssyfte och denna data kan ligga till grund för analyser av studenter studieresultat och lärande. En målsättning här är att försöka förstå vad som fungerar mer eller mindre bra ur ett lärandeperspektiv. Sådana analyser kan ur ett undervisningsperspektiv ligga till grund för att förändra kursupplägg och uppgifter likaväl som att ge indikationer på att en lärare kan behöva göra olika typer av interventioner för att stödja studenters lärande. I detta projekt och i denna rapport fokuseras inte fältet LA specifikt, även om den sensordata som samlas in naturligtvis kan göras tillgänglig också för sådana systematiska analyser. I forskningsöversikten ges exempel på forskning inom fältet som är relevant givet tematiken i denna rapport, och som därmed kan ha bäring på skolan.



Figur 2. Funktioner, begrepp, teorier, etc. som ramar in IoT.

En *sensor*⁷ är en artefakt vars syfte är känna av, och ofta mäta, händelser eller förändringar i en miljö, samt att sända denna information (data) till någon annan enhet. En sensor kan använda mekaniska, elektriska, kemiska, optiska eller andra effekter för mätning av fysikaliska egenskaper. Typiska utdata från sensorer inkluderar temperatur, position, vikt eller identitetsinformation. Sensorer finns i de digitala verktyg vi använder, mobiltelefoner, datorer, surfplattor, kameror etc. Sensorerna samlar exempelvis in data om var vi befinner oss och i många fall också om vad vi gör. Tangenttryckningar på ett tangentbord, eller pekningar i

3 https://en.wikipedia.org/wiki/Data_mining/

4 https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning/

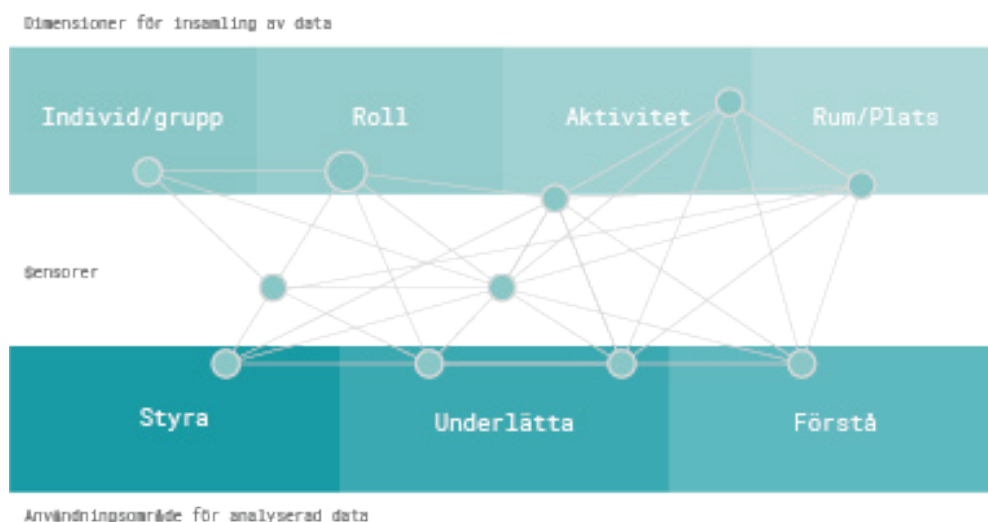
5 https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence/

6 https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_analytics/

7 <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor/>

ett tryckkänsligt gränssnitt (mobiltelefon/skärm) utgör exempel på sensorer och sensordata som kan registreras, sammanställas och analyseras. I en skolkontext förekommer därför redan ett antal typer av sensorer som registrerar data likaväl som data om användning av olika typer av applikationer, när de används, hur ofta, hur länge etc. I detta projekt är fokus i första hand inte på den teknik och de sensorer som redan finns i skolan - utan snarare på vad införandet av ny/annan sensorteknik i skolan kan innebära för lärande och undervisning. Vi antar i detta arbete ett pedagogiskt-didaktiskt perspektiv, i betydelsen att vi är intresserade av villkor för lärande i formella/informella lärsituationer inom ramen för skolans uppdrag.

I utforskandet av ny sensorteknik kan vi dock i projektet också komma att använda annan data som registreras och samlas in via redan existerande sensorer och plattformar. Särskilt i de fall kombinationer av data (och därmed olika datakällor) kan säga något mer om ett fenomen, om en process som relaterat till lärande och undervisning. I forskningsöversikten nedan ges exempel på aktuell forskning om sensorer som relaterar till tematiken i denna rapport. Tanken är att detta kan utgöra en inspiration för hur sensorer skulle kunna användas i skolan. För att placera in sensorer i skolan och i en pedagogisk kontext så har vi i vårt arbete arbetat efter en tankemodell, illustrerad i figur 3 nedan.



Figur 3: Tankemodell och utgångspunkt för ett pedagogiskt perspektiv på införande av sensorteknik i skolan.

Skolans verksamhet kan förstås som en interaktion mellan individer eller grupper av individer, roller (elev, lärare, skolläda, förälder, beslutsfattare, etc.), aktiviteter (lärarledda och/eller schemalagda, men också raster och andra situationer utan lärarnärvaro eller ej del av en formell undervisning) samt de rum eller platser där dessa verksamheter äger rum. Sensorer kan användas i alla dessa dimensioner eller fält, för att samla in olika typer av data samt inte minst kombinationer av data. Vidare kan sensorer i ett pedagogiskt sammanhang eller fält användas för att (bl.a.) styra, underlätta och förstå en given situation eller verksamhet, utifrån olika perspektiv eller behov. Figuren illustrerar och sätter därför sensorer i relation till ett antal för skolan relevanta dimensioner. Sensorer och den data som registreras kan exempelvis utgöra beslutsunderlag och stöd för administration, tecken på lärande och behov av interventioner. Analys av sensordata kan därmed användas med olika, och delvis kompletterande, syften. Användande av sensordata som kommer ur elevers "varande" i skolan kan stödja lärarens förståelse för elevers behov av stöd (individ/roll/aktivitet), likaväl som att den kan användas i mer administrativt syfte (roll/styra/underlätta).

I förekommande fall så kan data från olika källor (sensordata, molndata/ användardata) behöva sammanställas för att sammantaget säga något mer än de enskilda data, i så kallade aggregerade mått.

För att göra sensordata inspekterbar, begriplig och användbar (för lärare, elever, beslutsfattare etc.) så behöver denna representeras i ett lämpligt format. Av det skälet behöver data bearbetas och representationer/visualiseringar designas som stödjer förståelse och användning. Det är möjligt att t.ex. visualisera samma data på olika sätt beroende på om den ska utgöra ett underlag för lärare att kunna göra informerade interventioner i en aktivitet, eller om den ska användas av en elev för att få syn på och reflektera kring sitt lärande och förståelse för ett valt ämne eller en genomförd lärandeaktivitet. Vi kommer att mer eller mindre explicit återkomma till denna tankemodell under andra rubriker i denna rapport.

1.3 UNDERLAG FÖR RAPPORTEN

Rapporten bygger på olika typer av källor. Det rör sig om externa källor (vetenskapliga och populärvetenskapliga artiklar, rapporter, krönikor samt andra typer av medier som poddar, filmer, o.s.v.), om underlag från t.ex. workshopar, egna erfarenheter, samt behovsinventeringar som huvudmän genomfört inom ramarna för projektet.

Då denna rapport skall fånga upp "state-of-the-art" avseende "IoT för skola, undervisning och lärande", började vi med att via Google Scholar (<https://scholar.google.se/>) inventera vetenskapliga artiklar inom området. En första sökning på IoT gav över 700.000 träffar som ger en indikation på hur begreppet tangerar ett antal forskningsfält, vilket vi också berört ovan. Av det skälet var det nödvändigt att avgränsa sökningen genom en kombination av sökbegrepp. Vi valde att avgränsa sökningarna till publikationer från 2010 och senare. I Tabell 1 sammanfattar vi hur sökningen avgränsades till 144 träffar. (Noterbart är att K12 även inbegriper "K12", vilket är ett matematiskt formelbegrepp som används i vissa artiklar.) Genom att läsa titlar och i relevanta fall även abstracts på dessa 144 sökträffar, och sortera bort mindre relevanta artiklar på abstracktnivå (teknikfokus utan relevans för skola/lärande; traditionellt teknikanvändande (lär-effekter av laptops, etc.); higher education; AR/VR; texter på ryska, finska, kinesiska), så återstod till slut 21 titlar som var av mer eller mindre tydligt intresse för denna rapports tematik. Flertalet av dessa 21 artiklar visade sig dock vara av marginellt intresse.

Sökbegrepp 1	Sökbegrepp 2	Sökbegrepp 3	Avgränsning	Antal träffar
IoT				781 000
IoT			Från 2010	135 000
IoT	School		Från 2010	24 100
IoT	School	Education	Från 2010	17 800
IoT	School	Learning	Från 2010	17 500
IoT	Teaching		Från 2010	15 900
IoT	Teaching	Student	Från 2010	11 400
IoT	Learning Analytics		Från 2010	16 900
IoT	Learning Analytics	Education	Från 2010	14 300
IoT	Learning Analytics	Pupil	Från 2010	496
IoT	K12		Från 2010	290*
IoT	K12	School	Från 2010	144

Tabell 1. Sökning Google Scholar, 4 september 2018. (* K12 kan handla om tekniska/matematiska formelbegrepp (K12), varför en stor del av dessa träffar rör teknik snarare än utbildning.)

I sökningar återkom ofta tidskrifter från IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers: <https://www.ieee.org/>) varför en andra sökning fokuserade explicit på dessa tidskrifter (Tabell 2). Noterbart här är att träffar främst förekommer i mer teknikinriktade tidskrifter.

Sökbegrepp 1	Sökbegrepp 2	Sökbegrepp 3	Avgränsning	Antal träffar
IoT	K12		Från 2010	1
IoT	Education	-higher education; -campus	Från 2010 + "Journals & magazines"	138

Tabell 2. Sökning IEEE Xplore, 4 september 2018. Flertalet av de 138 träffarna rör högre utbildning.

Efter att ha sorterat bort titlar på abstractnivå (teknikfokus, högre utbildning) återstod till slut 8 av dessa 138 artiklar. Sammanfattningsvis konstateras att det är få vetenskapliga tidskriftsartiklar publicerade med ett innehåll som har tydlig aktualitet för tematiken i denna rapport (IoT och skola, undervisning, lärande). Vi återkommer senare i denna rapport till det faktiska innehållet i dessa tidskriftsartiklar.

via sökmotorer som Google och DuckDuckGo. Sökbegrepp här var "IoT K12" (Google och DuckDuckGo) samt "IoT education" (DuckDuckGo). Även här var det överraskande sparsamt med texter som har en direkt koppling till tematiken för denna rapport. Inte sällan nämndes utbildning endast som ett möjligt fält för applicering av IoT/sensorer inom ramen för t.ex. Smarta Städer, utan någon ytterligare diskussion eller bestämning. De som ändå var av intresse presenteras nedan.

En kompletterande sökning genomfördes inom forskningsfältet "Learning analytics" (LA) och mer specifikt forskningsartiklar som publicerats inom ett internationellt nätverk "Society for learning analytics research - SOLAR"⁸, och "Learning analytics summer institute - LASI"⁹. Målsättningen med denna sökning var att finna exempel på forskning som utförts i kontexten skolan, men också att finna exempel som kan vara intressanta och fungera inspirerande i en skolkontext. En liknande sökning med samma målsättning gjordes också i tidskriften "Sensors"¹⁰. Som i övriga sökningar så var det sparsamt med texter som har direkt relevans och koppling till tematiken för denna rapport. Det som bedömdes vara av intresse presenteras nedan.

Kunskapsinhämtning har också skett genom två workshops. Workshop 1 genomfördes 15 oktober 2018 (Tändstickspalatset, Stockholm) där vi bjudit in forskare och andra personer med expertkunskap inom åtminstone något delområde med relevans för rapportens tematik. Sammantaget deltog 15 inviterade personer, samt 5 från projektet, på denna heldags workshop. Den övergripande tematiken för workshop 1 var "IoT och sensorer - möjligheter och utmaningar för skolan". Workshop 2 arrangerades internt på institutionen för data- och systemvetenskap vid Stockholms universitet, den 29 oktober 2018 inom ramen för institutionens arbete med pedagogiskt utvecklingsarbete. Även här var det Patrik Hernwall och Robert Ramberg som ansvarade för workshopen, som denna gång kretsade kring frågeställningen hur IoT/sensorer kan stödja undervisning inom högre utbildning.

Utöver detta har vi även tagit del av behovsinventeringar som huvudmän genomfört inom projektet (WP3:2), samt förstås även egna och tidigare erfarenheter.

8 <https://solaresearch.org>

9 <http://lasi.solaresearch.org>

10 <https://www.mdpi.com/journal/sensors>

2. FORSKNING OCH PRAKTIK

Forskning om IoT och skola som är relevant givet tematiken för denna rapport - och för projektet i stort - är som redan antytts mager. Begrepp om utbildning och skola kan nämnas i forskningsartiklar, men förekommer då i sammanhanget att IoT, molndata, data från lärandeplattformar, sensordata etc. *kan vara* relevant för skolan. Men forskning som systematiskt studerar och utvärderar tillämpningar ur ett pedagogiskt perspektiv verkar i stora drag emellertid saknas.

2.1 FORSKNING INOM IOT I SKOLAN (K12)

Mycket av den forskning som redovisas bygger på "big data", d.v.s. att stora mängder data i olika format finns tillgängligt för skolan på internet (kvantitativa data, texter, illustrationer, figurer, animationer, etc.) samtidigt som mycket data samlas in i skolan. Det finns flera exempel på forskningsprojekt där e-böcker för skolan utvecklats och utvärderats. Fördelarna med dessa e-böcker uppges vara att de kan läsas på olika digitala plattformar och att leverantörerna av e-böckerna kan uppdatera dessa med aktuella exempel (t.ex. Ogata et al., 2017). Forskningen visar på att även om IoT kan underlätta tillgång till och uppdatering av material som kan ingå i t.ex. e-böcker, så återstår mycket att göra särskilt vad gäller de tidiga skolåren (Moreira et al., 2017). Detta gäller tex. frågor om vilket/vilka lärandematerial och i vilket format? Annan forskning poängterar att vi i det samtida samhället med höga bredbandshastigheter kan dela och tillsammans skapa kunskap, vi kan interagera med varandra och med objekt. Här förs argument fram för en förändring mot ett mer socialt samhälle där vi genom internet är ihopkopplade och kan nätverka. Undervisning som bygger på IoT ger därmed möjlighet att i realtid samarbeta och lära över stora geografiska avstånd, samtidigt som fysisk plats och tid på dygnet kan bli mindre centralt (Pei et al., 2013). Andra menar att skolan av idag måste möta denna förändring och att nya

teorier och ramverk behöver utvecklas som tar avstamp i dessa samhälls- och teknikförändringar (t.ex. Santas, 2015). Denna form av retorik är på intet sätt ny och har åtföljt teknikutveckling under en längre tid. Att tekniken möjliggör överbrygning av avstånd i olika dimensioner, tid och rum, sociala och kulturella, etc. har använts som argument för såväl järnvägen, telegrafan och internet.

Även om stora satsningar görs inom IoT och big data etc., och särskilt i Asien (Kina, Japan, Singapore, Sydkorea) där ed-techindustrin satsar på och bidrar till utveckling inom utbildningssektorn (Liu et al., 2017), så pekar en omfattande granskning av användande av big data inom utbildningssektorn på att det kvarstår stora utmaningar kring säkerhet, integritet, etik, avsaknad av kompetens, behandling och lagring av data, samt interoperabilitet (Bamiah, et al., 2018). Detta är stora utmaningar som är höggradigt aktuella för skolan. Medan IoT finns och används i stora delar av samhället (t.ex. inom transportnäring och sjukvård) så rapporteras förvånansvärt få tillämpningar inom utbildningssektorn (Dominguez & Ochoa, 2017), något som också den sökning vi genomfört tydligt pekar på. Skäl som anges för detta är de utmaningar skolan står inför (ibid.). Exempel på konkreta tillämpningar i en skolkontext återfinns t.ex. inom lärande av programmering genom att interagera med fysiska objekt. I ett exempel har elever i mellanstadiet programmerat interaktiva dörrar, och universitetsstudenter i interaktionsdesign programmerat en ljuskälla så den reagerar på ögonblinkningar och leenden (Rizzo et al., 2018).

Annan forskning tar utgångspunkt i den snabba utvecklingen av sensorer och betonar vikten av att kunna förstå och använda sensorer, också i andra fält än ingenjörsvetenskap och teknik, som mer artistiska utbildningar och yrken (Haider et al., 2016). Detta kan ses som ett uttryck för att om tekniken blir allstädes närvarande, så behöver vi medborgare också förstå den, dess möjligheter och begränsningar i ett bredare sammanhang än just "teknik". Robotar i undervisningen presenteras också som en möjlighet för skolan. Forskning om hur robotar bäst kan användas i undervisningen pågår och rekommendationer för hur de kan användas är t.ex. inom språkundervisning, undervisning om robotar, utveckling av sociala färdigheter och som stöd för elever med särskilda behov, och att ge feedback vid "guidad undervisning" (guided teaching) (Cheng et al., 2018; Cai et al., 2018).

IoT presenterar möjligheter att t.ex. nå och följa upp elever och studenter som antingen har hoppat av skolan eller bedöms vara nära att göra det, som illustrerat i ett exempel från Indien (Rahman et al., 2016). Andra exempel på användning av IoT är i kombination med AR (augmented reality/förstärkt verklighet). Målsättningen med att introducera AR i en utbildningskontext är att kunna skapa och presentera kontextuellt "medvetna" (aware), mer relevanta, engagerande och interaktiva läromaterial för elever (Sarat Chandra Babu, 2017; Lanka et al., 2017). Forskning om IoT i skolan kan i stort sägas drivas på av den snabba teknikutveckling som sker och visa på olika sätt som teknik hypotetiskt kan användas i undervisning. Att teknikutveckling och erbjudanden till skolan sker snabbt är ett faktum, men frågor om hur och för vilket mer specifikt syfte är frågor där praktikens behov måste lyftas och mötas.

2.2 FORSKNING INOM LA OCH UTBILDNING

Inom fältet learning analytics (LA) görs analyser av stora datamängder för att bland annat skapa förståelse för hur elever och studenter lär. Baserat på sådana analyser är ambitionen att presentera förslag på hur IoT kan och bör användas för att stödja undervisning och lärande, samt vilka typer av interventioner en lärare kan behöva göra för att uppnå uppsatta målsättningar. Vår sökning på forskning med fokus på LA och utbildning har gjorts i nätverken SOLAR¹¹ och LASI¹² och gör inte anspråk på att vara en heltäckande sökning och analys. Nedan presenteras valda resultat från denna sökning och detta följs av resultat från en sökning om forskning om, och utveckling av, sensorteknik i tidskriften Sensors¹³.

Forskning inom fältet LA och utbildning har vuxit och intensifierats den senaste femårsperioden, vilket illustreras i en omfattande litteratursökning som gjorts inom området LA, big data och utbildningssektorn under perioden 2008-2017 (Hwang et.al., 2018). Ett noterbart resultat från denna litteratursökning, och som också är relevant för tematiken i denna rapport, är att Sverige som forskningsmässigt är starkt inom teknik- och designforskning generellt inte finns med bland de nationer som forskar och publicerar mest frekvent inom fältet LA. Norge däremot finns med i listan. Norge, tillsammans med Sverige och Danmark har dock under de senaste åren initierat gemensamma och nationella satsningar inom fältet, inte minst via nätverket "LASI". Det kan nämnas att Norge vid universitetet i Bergen har ett antal forskningsgrupper med olika inriktningar inom fältet LA och utbildning. En observation som där gjorts i ett forskningsprojekt är att det kan vara svårt att diskutera LA i kontexten skolan, då missförstånd lätt uppstår om vad LA syftar till och hur sådana analyser kan stärka skolan och pedagogiskt arbete (Slokvik Hansen & Wasson, 2018).

I en EU-rapport redogörs för ett arbete med syfte att bedöma implementeringar av LA för undervisning och träning i formella och informella kontexter (Ferguson et al., 2016). Ett ytterligare syfte med rapporten är att förstå potentialen hos LA för att kunna vägleda och stödja policy-beslut i riktning att anpassa LA för förbättring av undervisning på ett europeiskt plan. I rapporten framkommer vad som tidigare beskrivits i denna text, dvs. att fältet LA relaterar till ett flertal andra forskningsfält (big data, AI, intelligenta tjänster, etc.). Rapporten ger ett flertal exempel på satsningar och tillämpningar av LA och förslag på formulerandet av policy baserat på utvärderingar av genomförda projekt, t.ex. Kennisnet¹⁴ i Holland. Frågor om etik i användande av student-data och behovet av policy för att kunna fatta beslut berörs också¹⁵. I rapporten presenteras vidare ett antal exempel på LA-verktyg och policys från ett flertal länder i europa och i övriga världen. Rapporten och dess innehåll är för omfattande för att i detalj presentera i denna text, men vad som framstår i all tydlighet är att LA är ett högaktuellt forskningsfält och att kraftsamlingar görs för att på bästa sätt nyttja LA i träning och undervisning, och att hantera den komplexitet som uppstår i hanterandet av stora datamängder. Detta inkluderar frågor om juridik, etik och integritet (vilket också diskuteras mer utförligt i *IoT i skolan - Integritet, säkerhet och juridik 2019*), och därför behovet av tydlig policy.

Det finns stora datamängder registrerade/lagrade inom utbildningssektor.

11 <https://solaresearch.org>

12 <https://solaresearch.org/events/lasi/>

13 <https://www.mdpi.com/journal/sensors>

14 <https://www.kennisnet.nl/about-us/>

15 <https://help.open.ac.uk/documents/policies/ethical-use-of-student-data>

Det kan handla om data från student/elevundersökningar, nationella prov, prov i olika ämnen, betyg, etc. Ett exempel på hur sådan data kan användas presenteras av Aursand & Jonson (2018). Ett verktyg (Conexus - Insight) har utvecklats som gör det möjligt att hämta sådan data om en viss klass, grupp eller program i en viss skola. Verktöget möjliggör jämförelser mellan olika skolor inom och mellan kommuner i landet, likaväl som att göra jämförelser av studieresultat över tid. Sammanställningar och presentation av sådan data kan naturligtvis utgöra ett stöd för lärare, rektorer och andra beslutsfattare i det administrativa och pedagogiska arbetet. Detta utgör bara ett exempel, men en stor del av LA-forskning fokuserar på utveckling av verktyg, modeller och konceptuella ramverk snarare än på att möta uttryckta behov och pedagogiska aspekter (Ferguson et al. 2016). Det ska här förstås som vilken inverkan LA har på lärande och undervisning och hur LA kan ligga till grund för lärares design för lärande och stöd för studenters lärande (Kalisa et al., 2018). Ett exempel på en sådan riktning utgörs av att skapa ett begreppsligt ramverk som stöd för lärare att förstå och använda LA för att kunna göra interventioner och exempelvis stödja elevers engagemang (Koh & Tan, 2017). Ett sådant begreppsligt ramverk skulle möjligtvis kunna bistå i diskussioner om vad LA kan erbjuda för skolan, och därmed bemöta de problem som uppmärksammats i det sammanhanget (Slokvik Hansen & Wasson, 2018).

Utöver exempel på verktyg för att utföra meta-analyser som kan ligga till grund för policybeslut, uppföljning av studieresultat över tid, etc. så finns det självfallet också exempel på analys och visualisering av data som stöd för lärare. Med grund i ett analytiskt verktyg (ENA - Epistemic Network Analysis) (Schaffer, 2017), så kan visualiseringar av studenters lärande genereras. Dessa visualiseringar kan stödja läraren att förstå hur studenter lär, att göra betygsättning och göra bedömningar av betygsättning (Skov Fougst et al. 2018). Denna typ av visualisering kan också användas av studenten själv och utgöra underlag för reflektioner kring sitt eget lärande.

Inom multimodal LA (MM-LA) används videodata i kombination med annan insamlad data för att analysera och förstå studenters lärande i olika samarbetsituationer (i laboratorier, i teknikverkstäder/workshops, etc.) (Spikol et al., 2018). En målsättning med denna forskning är att på ett reliabelt sätt kunna använda videodata i LA och att baserat på en djupare förståelse för samarbete och lärande kunna stödja studentsamarbete på ett bättre sätt. Nyttjande av videodata kan även ge en mer holistisk bild av lärandeprocesser, och särskilt i dynamiska lärandemiljöer (Spikol et al., 2016; 2018). Med stöd i videodata är det t.ex. möjligt att generera information om fysisk rörelse i ett rum, i ett laboratorium eller i en skolsal. Detta inbegriper både elevers/studenters rörelser och förflyttningar, likaväl som lärares rörelser och förflyttningar, eller avsaknad därav (Healion et al., 2017). Sådan information kan vara värdefull för att få en överblick över vad som sker i ett klassrum, men kan även fungera som ett verktyg för reflektion både för elever/studenter och lärare.

Tillämpningar av LA återfinns också inom professionsutbildning och vidareutbildning. I ett projekt som syftar till träning av brand- och ambulanspersonal samlas data in från övningar som genomförs likaväl som från verkliga händelser, situationer och incidenter. Målsättningen med projektet är att skapa en överblick över personalens färdigheter och kompetenser och vilka färdigheter och kompetenser som behöver tränas ytterligare. Analyser av insamlade data kan därmed också identifiera hur träningsprogram behöver utformas, utvecklas och förbättras (Slokvik Hansen et al. 2018). Träning inom militära discipliner bygger sedan länge på liknande ansatser, som kan återfinnas t.ex. inom flygsimulering och träning av professionella stridspiloter (Aronsson et al., 2018).

Sammanfattningsvis kan konstateras att vad sökningen om LA och utbildning illustrerar är dels att fältet ur ett forskningsperspektiv är relativt nytt och i huvudsak fokuserar högre utbildning, och dels att stora satsningar görs inom fältet (t.ex. utformning av policy). Vidare ser vi att forskning fokuserar olika saker, t.ex. att ta fram olika typer av verktyg som kan användas med olika och ibland kompletterande syften. Upprop görs om att forskning i högre grad behöver fokusera utbildningens behov som inkluderar pedagogiska aspekter (Ferguson et al. 2016). Insatser görs vidare för att kunna skapa en mer holistisk bild av lärandeprocesser genom att använda flera olika datakällor (Spikol et.al., 2018).

2.3 FORSKNING OM SENSORTEKNIK

Vad som framstår som fullständigt klart är att det pågår mycket forskning och utveckling av sensorteknik. Mycket av denna forskning och redogörelser för densamma fokuserar tekniken som sådan, nyttjandet av olika material, utveckling och finslipning av algoritmer, etc. En utgångspunkt (och kanske också en förhoppning) för den sökning på sensorer som redogörs för här var att finna forskning och utveckling av sensorteknik där tillämpningsområde och utvärdering sker i en skolkontext som är relevant givet tematiken för denna rapport, eller där det förs resonemang om tillämpningar i skolkontext. Denna förhoppning (som kanske var naiv) infriades dock inte. Det finns i litteraturen exempel på redogörelser där sensorer används i byggnader (där skolor ingår) för att mäta t.ex. temperatur och luftfuktighet, men steget till nyttjandet av och vetenskapliga utvärderingar av sådan data och funktionalitet ur ett pedagogiskt perspektiv saknas emellertid. Vad vi här valt att lyfta fram är exempel som skulle kunna vara relevanta också i en skolkontext - i en framtid då dessa sensorer och exempel inte uteslutande utgör forskningsartefakter.

Det finns ett intresse av att med stöd i sensorteknik försöka identifiera och känna igen olika typer av mänskliga aktiviteter (Frédéric et al. 2018; Pires et al., 2018). Utgångspunkt för denna forskning är t.ex. de sensorer som mobiltelefoner innehåller (rörelsesensorer, ljudsensorer, platsbestämningssensorer, magnetiska/mechaniska sensorer). Forskningen exemplifierar med identifierandet av vardagliga mänskliga aktiviteter som att tvätta kläder, städa, att laga mat, att borsta tänderna o.s.v. En fråga som föds i ett sådant sammanhang är vilka fysiska aktiviteter och rörelser som skulle vara relevanta att kunna identifiera i ett skolsammanhang? Relaterad forskning fokuserar också audioregistrering för identifierandet av aktiviteter (Pires et al., 2018). Skulle identifierandet av aktiviteter (ljud/röst och rörelse) kunna bistå i att komma tillrätta med icke-önskvärda beteenden och aktiviteter i skolan (bråk, mobbning, etc.), likväl som att identifiera, uppmuntra och stödja önskvärda beteenden och aktiviteter? En annan fråga är hur identifierandet av aktiviteter skulle kunna användas mer direkt för att stödja elever i sitt lärande och lärare i sin undervisning?

Forskning fokuserar också dynamisk igenkänning av gester, som har stora likheter med att känna igen andra typer av mänskliga aktiviteter (Zhou et al., 2018). Exempel på gester som ges är relativt enkla (t.ex. tummen upp, vinkningar, ok-tecken, hur många fingrar, etc.) och en liknande fråga som ställdes relativt det föregående exemplet kan också ställas här, när tekniken väl är mogen, på vilket sätt skulle identifierandet av gester kunna användas i ett skolsammanhang? Kanske skulle identifierandet av olika aktiviteter tillsammans

med dynamisk gestigenkänning kunna utgöra en värdefull resurs? Sensorer för ansiktsigenkänning används redan t.ex. vid Sydney flygplats, eller i Shenzhen i Kina¹⁶ där polisen kan identifiera individer som bryter mot trafikregler och identifiera smugglare vid gränsen till Hong Kong. De (säger sig) även kunna läsa av miner/humör hos individer, och grupper av individer (Wang et al., 2017; Lianzhi et al., 2017). Vad skulle en kombination av ansiktsigenkänning, taligenkänning, gestigenkänning och identifierandet av aktiviteter kunna innebära för skolan?

Det förekommer även forskning som fokuserar fastställande av position utan användning av GPS (Seco et al., 2018). En sådan teknik skulle kunna användas i skolan för att fastställa rörelsemönster i en skola, både elevers och lärares - som också diskuterades i avsnittet om LA. T.ex. hur elever och lärare rör sig i ett klassrum under en lektion, över flera lektioner, etc. Rörelsemönster i klassrummet och på skolan i stort, och i kombination med identifierandet av olika aktiviteter och gester skulle möjligtvis kunna utgöra en värdefull resurs för skolan.

Att med stöd i sensorer och smarta appar uppnå och upprätthålla ett hälsosamt leverne finns självfallet också exempel på, inte minst inom idrott och idrottsforskning. Ett av dessa fokuserar ett stöd för barn och föräldrar för att hålla kontroll på vad individen äter och hur mycket/litet individen rör på sig för att hitta en hälsosam balans (Lopéz et al., 2018). Också den typen av stöd skulle kunna användas i en skolkontext - men då kanske med fokus på betydelsen av fysisk aktivitet.

I samtliga exempel på möjlig användning av sensordata har vi i redogörelserna medvetet inte beaktat eventuella etiska och juridiska aspekter. Självfallet lyfter ett flertal exempel spörsmål om etik, integritet och juridik. Som EU-rapporten om LA forskning betonar, det finns ett stort behov att utforma policys kring dessa frågor (Ferguson et al., 2016).

2.4 RÖSTER FRÅN FÄLTET

Vi har genomfört två workshopar, utkomster och erfarenheter från dessa har sammanställts och redogörs för nedan.

Workshop 1

15 oktober 2018 genomfördes Workshop 1, där totalt 15 forskare och andra personer med expertkunskap inom åtminstone något delområde med relevans för tematiken i projektet och i denna rapport deltog. Den övergripande tematiken för workshop 1 var "IoT och sensorer - möjligheter och utmaningar för skolan".

Utifrån en läsning av gruppernas arbete med scenariot skola 2025 utkristalliseras följande övergripande teman:

¹⁶ <http://www.digitaljournal.com/tech-and-science/technology/growth-of-facial-recognition-software-in-china/article/518310>

Datas art och kvalitet

Det konstateras att sensorer kan användas för att generera data på individ- och gruppnivå (beteende, rörelse, puls, ögonrörelser, biologisk data). Det är även möjligt att med sensorer mäta miljöns kvaliteter (ljus, ljud, luft, etc.). Genom att aggregera individdata till grupp/skolklass, ges möjlighet att via sensordata erhålla mått på hur eleverna mår, men också erhålla mått på effektivitet. Två väsentliga frågor som väcktes i detta sammanhang var: Vem äger datan? samt Hur hantera de infrastrukturella utmaningarna - och vilka är de?

Integritet och säkerhet

Ett andra tema rör integritet och säkerhet, där det uppenbarligen finns etiska problem (att övervaka/integritet), risken att data missbrukas eller används utan hänsyn till elevers välmående, samt därmed att bruket av IoT/sensordata är sammanvävt med frågor om makt och demokrati. Samtidigt betonades möjligheten att individanpassa undervisningen med stöd av individdata, vilket då måste balanseras mot integritetsfrågorna. En ytterligare fråga som är viktig att hantera är vilken data som vi vill samla in, använda och dela - och vilket mandat eleven har att säga nej?

Övervakning och kontroll, överblick och insikt

Det är möjligt att övervaka individrörelser i och utanför fastigheter med hjälp av rörelsesensorer, med ambitionen att t.ex. minska skadegörelse. Men det är också möjligt att med rörelsesensorer se var elever och lärare befinner sig och hur de rör sig i lokalerna, under lektion, under skoldagen, etc. och med sådan data som underlag uttala sig om relationen mellan sådana rörelser i och utanför skolbyggnaden, olika interaktioner, fysisk aktivitet och prestationer.

Automatisering och effektivisering

Ofta återkommande administrativa arbetsuppgifter, som närvaro och provrättning, kan med stöd i IoT/sensorer automatiseras och effektiviseras i högre grad än vad som ofta sker idag. Detta bör i sin tur leda till mer tid för undervisning och undervisningsplanering. När det gäller provrättning bör det finnas möjlighet att individualisera denna i kombination med individdata och individualiserad provkonstruktion.

Främja lärprocesser och skolans uppdrag

Detta tema var det mest omfångsrika, vilket är naturligt då workshopens övergripande tematik rörde just möjligheter och utmaningar för skolan. Det fanns vidare ett förgivettagande att skolan behöver ändras i såväl struktur (byggnad, ämnen, scheman, klassrum, o.s.v.) som uppdrag (vad skall undervisas om, på vilket sätt). Även om dessa frågor är centrala givet ett pedagogiskt relevant bruk av IoT/sensordata, så är frågan om skolans organisering en tematik som inte ytterligare kommer att behandlas i denna rapport.

Genom gamification och (andra former av) belöning såg deltagare på workshopen en möjlighet att göra undervisning (och skolan) roligare. Argumentet är att med stöd i sensordata göra det möjligt för såväl

lärare som elev att följa lärprocessen och med det ha ett underlag för att reflektera över inte bara det egna lärandet utan också det egna självet. Här finns också ett argument om likvärdighet, där stora mängder data om den unika individen bör skapa bättre förutsättningar för att möta individens behov och därmed främja lärande (etc.) utifrån dessa unika förutsättningar.

Med data som exempelvis speglar elevernas bruk av olika lärresurser (tid, fokus, flöden, etc.) så kan läraren få ett mer gediget och autentiskt underlag för planering och genomförande av lektioner och lärmoment. Här finns även möjlighet att i realtid ta hänsyn till data om luftkvalitet, temperatur, biodata, o.s.v. för att optimera förutsättningarna för elevernas lärande.

Epistemologiska funderingar

Avslutningsvis temat om lärandets art och villkor. Betydelsen av att göra upp med skolan från 1800-talet betonades, där istället alternativa inlärningsmiljöer, engagemang och individanpassning lyftes fram som viktiga riktninggivare för en skola år 2025. Den digitala tekniken, och hur vi väljer att använda den (likväl som de användningsområden vi väljer bort), kommer att påverka våra sinnen, tankar och handlingar. Men hur, är en öppen fråga. Vilken roll skall skolan, och med det de individer som tillbringar stora delar av sin dag där, ha i detta utforskande?

*Det var en man från Göteborg
som sa att skolan var en sorg
Aktivitetsbaserad va det han som sa
Kan man mäta inläring, va?
Lösningen är ett sensorutrustat torg!*

Ovanstående limerick är författad av en av deltagarna på workshopen, som en lättsam reflektion och summering av skolan idag, och vad den kan bli.

Workshop 2

Workshop 2 arrangerades internt på institutionen för data- och systemvetenskap vid Stockholms universitet den 29 oktober 2018 inom ramen för institutionens arbete med pedagogiskt utvecklingsarbete. Temat var hur IoT/sensorer kan stödja undervisning inom högre utbildning. Utbildning och undervisning på universitet och i skolan skiljer sig i många avseenden, inte minst i att studenter är myndiga. Detta betyder inte att frågor om etik, integritet och juridik inte finns, men studenterna kan själva fatta beslut om användning av individdata, tex.

Några områden som diskuterades var:

- Att sensorer ger möjlighet till närvarokontroll. Detta kan vara värdefullt inte bara för att förenkla närvarorapportering (via t.ex. RFID-läsare eller ansiktsgenkänning), utan även en säkerhetsfråga (vid t.ex. brand).

- Möjligheten att finna samband mellan t.ex. var en elev/student sitter i undervisningssalen och betyg/resultat, eller lärares belastning och välmående. Just genom användandet av big data skapas möjligheter att studera korrelationer mellan datapunkter/variabler och ger också möjlighet att finna nya och kanske oväntade korrelationer - som kan ha bäring på undervisning och lärande.
- En ytterligare form av sensor som kan användas i pedagogiskt utvecklingsarbete är röstigenkänning, för att fördjupa förståelsen för vem (vilka) som inte bara tar talutrymme (tex. vid litteraturseminarier, gruppredovisningar, etc.), utan även relationen till t.ex. betyg eller lärarinteraktioner. En ytterligare möjlighet ligger i att med stöd i en "intelligent" röstigenkänning också kunna göra bedömningar om tex ett teoretiskt perspektiv med dess inneboende begrepp, och relationer mellan begrepp presenteras och diskuteras på ett korrekt sätt. Dvs. om studenterna/eleverna kan "spela det aktuella språkspelet" (jämför Wittgensteins tankar om kunskap och utveckling av expertis som att lära sig behärska olika språkspel).
- Tillgången till stora datamängder (big data) via IoT/sensordata ger även möjlighet att utforska vad som är rimligt att mäta, vilka variabler som har betydelse för studenters/elevers prestationer, o.s.v. Samtidigt är det viktigt att notera att vissa kvaliteter, som t.ex. kritiskt tänkande, kan vara svårt att mäta. Därför är det viktigt att strategier för universitetets/skolans arbetsformer och utveckling inte begränsas till vad som är möjligt att mäta med exempelvis IoT/sensorer (eller andra kvantitativt orienterade mätningar).
- Att teknik som IoT/sensorer gör det möjligt att börja i en funktionell önskan: vad skulle vi vilja ha eller göra? Snarare än utgå från etablerade tankemodeller, redskap, o.s.v.
- IoT/sensorer, och inte minst visualiseringar av sådana mätpunkter (via big data, learning analytics, o.s.v.), kan användas som stöd för elevers/studenters eget lärande. Men även vid peer-bedömningar.

Dessutom betonades de möjligheter som mobiltelefoner ger för uppföljning, återkoppling (mentometer, etc.), o.s.v., vilket öppnar för att använda och kombinera olika typer av datakällor.

2.5 BEHOVSINVENTERINGAR

Vid rapportens författande hade inte alla behovsinventeringar genomförts och analyserats. Utifrån cirka 25 gruppers workshopmaterial med lärare och skolledare från två gymnasieskolor, en grundskola och en förskola har bl.a. följande behov formulerats:

- Automatisering av närvaro
- Kunna se om obehöriga befinner sig på skolan
- Hitta lediga lokaler, grupprum, klassrum
- Se om det är lång kö till matsalen

- Enklare övervakning och kontroll av inomhusklimatet som ofta har dålig luftkvalitet, och om det är varmt eller kallt
- Många olika administrativa system som ska loggas in i och samordnas
- Hitta vikarier samt att se var det behövs vikarier är tidskrävande.

Projektet är formulerat som ett utvecklingsprojekt, med utgångspunkt i hur IoT/sensorer kan användas i den pedagogiska verksamheten. Noterbart från de behov som formulerats är att i stort sett samtliga fokuserar mer administrativt orienterade uppgifter, med undantag av kontroll och säkerhet (obehöriga på skolan). D.v.s. det finns här ett starkt uttryck för stöd med administration där teman om säkerhet, kontroll och att spara tid framträder. I förhållande till figur 3 (tankemodell) så berörs dimensionerna "styra", "underlätta" och "rum/plats", med fokus på läraren och lärarens administrativa uppgifter. I den forskningsöversikt som gjorts liksom i de workshopar som genomförts kommer fler uttryck än de administrativa fram, angående IoT/sensorer och dess möjliga användning i skolan.

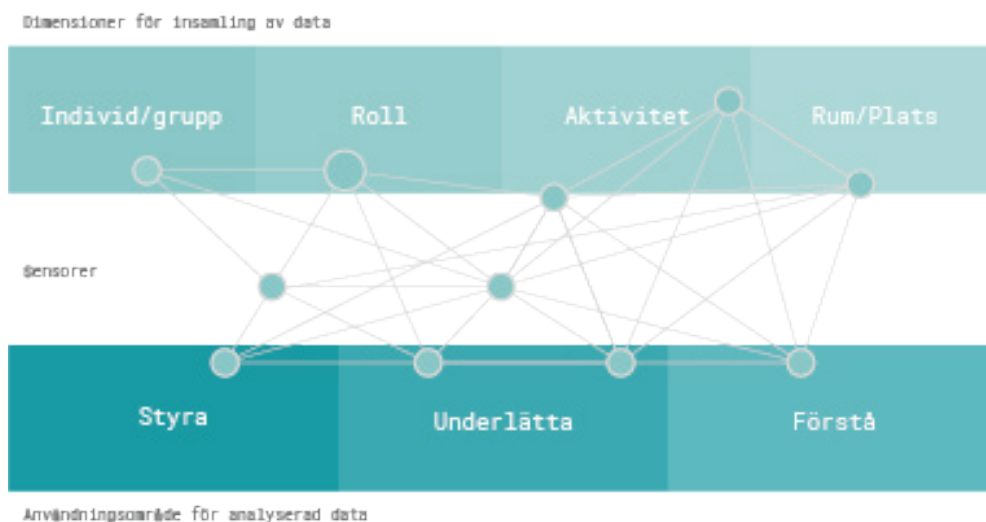
3. SUMMERING & REFLEKTION

3.1 SENSORER I SKOLAN

IoT och sensorer relaterar till ett flertal olika fält. Inte oväntat blev det också tydligt i de litteratursökningar vi genomfört och redovisat exempel från. Huvuddelen av de projekt, studier och utvärderingar som redogjorts för i litteraturen faller inom högre utbildning, men idéerna som utvecklas och testas kan också ha relevans för skolan. Vi har därför nedan summerat valda resultat från de sökningar som presenterats ovan. Valet av resultat att presentera här skall ses mot bakgrund av tematiken för denna rapport, d.v.s. ett pedagogiskt perspektiv på införande av sensorteknik i skolan och den tankemodell som tidigare presenterats (figur 3).

Nyttjandet av sensorer för att identifiera mänskliga aktiviteter, röster och gester (Frédéric et al. 2018; Pires et al., 2018), utgör ett erbjudande för skolan. Rörelsemönster i klassrummet och på skolan i stort, och i kombination med identifierandet av olika aktiviteter och gester skulle möjligtvis kunna utgöra en värdefull resurs för skolan. Sådant bruk av IoT/sensorer är inte bara nytta i ett skolsammanhang eller i arbetet med pedagogiskt utvecklingsarbete, utan väcker också en rad etiska, juridiska och moraliska frågor som skolan behöver adressera. För oavsett om det handlar om implementering av nya verktyg (sensorer) eller bruket av de redan existerande och upphandlade - som lärplattformar - samlar dessa redan nu in stora mängder data om individernas beteenden. Det är i detta fält som skolan behöver utveckla sin - pedagogiska och didaktiska - nytta av IoT och sensorer.

Talande för avsaknaden av pedagogiskt utvecklingsarbete kring IoT/sensorer i skolan är kanske att skapandet av e-böcker framträder som exempel på IoT i skolan i litteraturen. E-böcker presenteras som en möjlighet för skolan (Ogata et al., 2017). Ett sådant förslag bör ses mot bakgrund av att ed-techföretag utvecklar och tar ett ansvar för att också uppdatera böckerna. E-böcker skulle,



Figur 3: Tankmodell och utgångspunkt för ett pedagogiskt perspektiv på införande av sensorteknik i skolan.

precis som andra böcker, kunna stödja elevers lärande och underlätta för lärare då aktuella, och multimodala exempel och lärandematerial, görs tillgängliga och uppdateras med någon regelbundenhet. Böckerna kan läsas på olika digitala plattformar och på olika fysiska platser. Ytterligare exempel på att göra lärandematerial mer interaktiva är t.ex. genom att använda AR i en utbildningsskontext (Sarat Chandra Babu, 2017; Lanka et al., 2017). I det sammanhanget lyfts också att läromaterialen för eleverna skulle kunna göras mer engagerande.

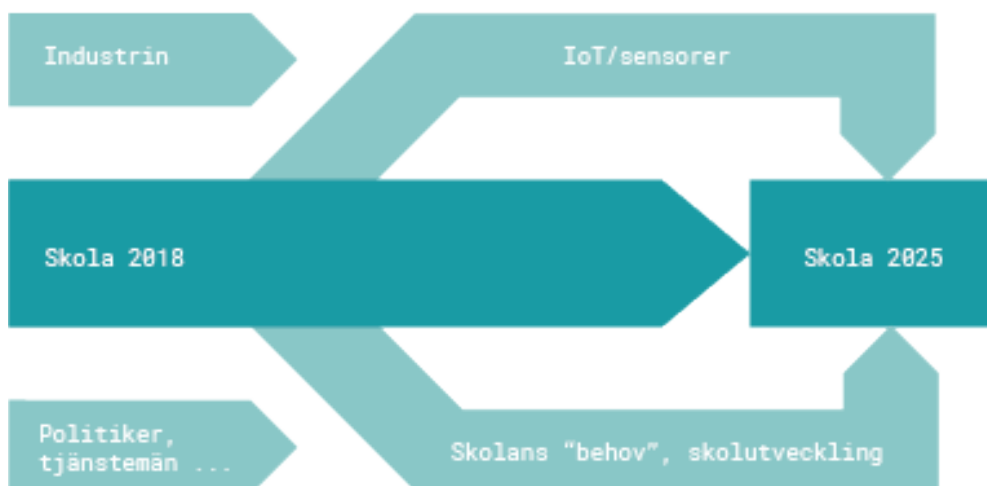
Det finns ett flertal exempel på användning av robotar i undervisningen (Cheng et al., 2018; Cai et al., 2018). Ett aktuellt exempel är FurHat¹⁷ som utvecklats vid KTH. Argument för användning av robotar är bland annat att de kan användas som stöd för elever med särskilda behov, och att elever kan tycka det är spännande och roligt med en robot som "lärare". Användning av robotar i undervisningen skulle som i fallet e-böcker kunna underlätta för lärare och möjligtvis kunna verka engagerande för eleverna och på så vis stödja elevers lärande. Möjlighet att skapa olika lärandeaktiviteter som kretsar kring interaktion med roboten öppnas också upp. Men fortsatt är detta en bit från bruket av IoT/sensorer för att främja utvecklingen av undervisning och lärande i svensk skolmiljö.

Learning analytics (LA) öppnar upp möjligheter för skolan att lära sig om och fördjupa förståelsen för sin verksamhet, i en mer allmän strävan att utveckla den. Verktyg som sammanställer och presenterar data som kan ligga till grund för beslut i administrativt och pedagogiskt arbete utvecklas, t.ex. Aursand & Jonson (2018). LA och sammanställning av data kan också ligga till grund för skapandet av visualiseringar som kan spegla elevers lärande i ett valt ämne, som exemplifieras av Schaffer (2017). Visualiseringar kan även användas av eleverna själva, som ett verktyg som erbjuder stöd för att reflektera över sin egen förståelse och sitt egna lärande. Att addera videodata till annan insamlad data ger möjligheter till en ytterligare insyn i samarbete, och inte minst i deltagande i samarbete (Spikol et al., 2018), samt fysisk rörelse i rummet (Healion et al., 2017).

¹⁷ <https://www.furhatrobotics.com/furhat/>

3.2 NYTTA AV IOT OCH SENSORER

Följande två figurer (4.1 och 4.2) är tänkta att illustrera en av de centrala utmaningar vi ser i relation till implementering och användning av IoT/sensorer i skolan. I Figur 4.1 sker utvecklingen av IoT/sensorer åtskilt från skolutveckling. Det förra drivs i allt väsentligt av (teknik) industrin, där det redan idag finns en lång rad applikationer för t.ex. smarta hem eller självkörande fordon. Däremot är det alltså sparsamt med användning specifikt för skolan, vilket också sammanställningen av forskningen ovan visar. Formulerandet av, och värnandet av (eller kanske till och med ägandet av idén om), skolans behov och skolutveckling görs av politiker och tjänstepersoner, utan att det nödvändigtvis sker någon dialog mellan dessa två intressenter. Skolan i ett fiktivt framtida 2025 blir i denna (förenklade, naturligtvis) tankemodell en mer direkt konsekvens av hur skolan ser ut idag (vilken i sin tur är en direkt konsekvens av skolan i ett närliggande eller lite mer distanserat "då"). De två spåren teknikutveckling och skolutveckling riskerar att inte bara bli åtskilda storheter, utan också att missa målet. I denna "kamp" mellan idéer, eller ideologier, finns en uppenbar risk att skolan som idé och som verksamhet blir splittrad och med det förlorar i sin strävan efter jämlikhet.

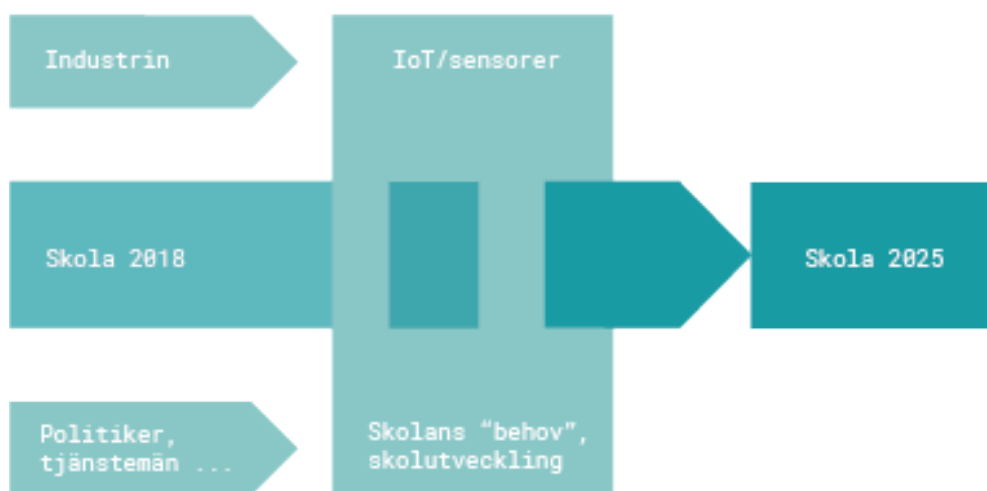


Figur 4.1. Scenario 1.

I det scenario vi vill uppmuntra (figur 4.2), sker istället en dialog mellan industrin och politiker/tjänstepersoner, där de möjligheter som IoT/sensorer erbjuder tas i anspråk inom skolan och att utvecklingen av IoT/sensorer sker i samklang med skolans behov. I detta scenario är den övergripande målbilden skolutveckling, gediget förankrat i teorier om lärande och där strävan efter relevansgörande av skolan som idé och praktik står högt på dagordningen. Eller annorlunda uttryckt, att skolutveckling och teknikutveckling bör vara varandra ömsesidigt befruktande.

Vi vill i detta sammanhang understryka att ett av skolans centrala uppdrag (vid sidan om demokratisk fostran) är att främja elevernas ianspråktagande av för samtiden och framtiden nödvändiga redskap (oavsett om dessa är mentala som minnesramsor eller kritiskt tänkande, eller fysiska konkreta som penna och papper eller digitala medier) i en allmän emancipatorisk strävan. Genom den frigörande potential som ligger i ianspråktagandet av kunskap, kompetens och förmåga kan skolan vara den jätte vars axlar eleven kan klättra upp på. Men för att nå dit krävs att skolan är relevant för inte bara Scenario 2's (figur 4.2)

intressenter, utan också för eleverna själva, för deras vårdnadshavare och för samhället i stort.



Figur 4.2. Scenario 2.

I förhållande till den behovsinventering som genomförts i projektet och de behov av administrativa stöd för lärare som återkommande kom till uttryck där, så kan det vara viktigt att fråga sig "på vilket sätt förändrar införandet av administrativa stöd skolan som vi känner den idag?". I förhållande till figuren 4.1 ovan, så blir mötet mellan ny teknik och skolan som vi känner den snarare ett permanentande om än effektiviserande av redan existerande strukturer och förhållningssätt. Vi ska naturligtvis inte blunda för att stöd i administrativa uppgifter kan lösgöra tid för undervisning eller mer tid för lektionsplanering och mer tid med eleverna. Men ur ett utvecklings- och förändringsperspektiv så rymmer användandet av IoT/sensorer betydligt fler möjligheter till stöd för utvecklingen av den pedagogiska verksamheten, för undervisning och för lärande.

3.1 FARHÅGOR

En central fråga för projektet, skolan och samhället i stort är vilken utgångspunkten för förändring är? Är utgångspunkten att konservera och stödja befintliga strukturer eller är det att utmana och förändra? Att utmana vad som är skolan idag inkluderar frågor om vad som kan räknas som kunskap, förmåga, relevanta ämnesområden etc. och hur elever kan tillåtas visa sin kunskap. För oss är det självklart att det är skolan som ska utvecklas och framförallt elevers förutsättningar för lärande.

REFERENSER

Aronsson, S., Artman, H., Lindquist, S., & Ramberg, R., (2018). *Effektiv simulatorträning - Slutrapport projekt Effektiv flygträning och utbildning 2015-2017*. FOI-R--4520--SE.

Aursand, L., & Jonson, S., (2018). *Conexus Insight: Learning analytics in practice. Proceedings LASI-Nordic*, 2018.

Bamiah, M. A., Brohi, S. N., & Rad, B. B., (2018). Big Data Technology in Education: Advantages, Implementations, and Challenges. *Journal of Engineering Science and Technology*, special issue 7, pp. 229 - 241.

Cai, H., Fang, Y., Ju, Z., Costescu, C., David, D., Billing, E., Ziemke, T., Thill, S., Belpaeme, T., Vanderborght, B., Vernon, D., Richardson, K., Liu, H., (2018). Sensing-enhanced Therapy System for Assessing Children with Autism Spectrum Disorders: A Feasibility Study. *Sensors*. DOI: 10.1109/JSEN.2018.2877662

Cheng, Y. W., Sun, P. C., & Chen, N. S. (2018). The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. *Computers & Education*, 126, 399-416.

Domínguez, F., & Ochoa, X. (2017, April). Smart objects in education: An early survey to assess opportunities and challenges. In *eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, 2017 Fourth International Conference on (pp. 216-220). IEEE.

Ferguson, R., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T., Vuorikari, R. (2016). Research Evidence on the Use of Learning Analytics - Implications for Education Policy. R. Vuorikari, J. Castaño Muñoz (Eds.). *Joint Research Centre Science for Policy Report*; EUR 28294 EN; doi:10.2791/955210.

Frédéric Li, Kimiaki Shirahama, Muhammad Adeel Nisar, Lukas Köping and Marcin Grzegorzek. (2018) Comparison of Feature Learning Methods for Human Activity Recognition Using Wearable Sensors. *Sensors*, 18, 679; doi:10.3390/s18020679

Haider, M., Eliza, S., Arifuzzman, A. K. M., & Marghitu, D. (2016, November). Inkjet-Printed Educational Platform for Teaching and Learning Sensors and Systems. In *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (pp. 1166-1171). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Healion, D., Russell, S., Cukurova, M., Spikol, S., (2017). Tracing physical movement during practice-based learning through Multimodal Learning Analytics. LAK '17, March 13-17, 2017, Vancouver, BC, ACM 978-1-4503-4870-6/17/03. <http://dx.doi.org/10.1145/3027385.3029474>

Hwang, G.-J., Spikol, D., & Li, K.-C. (2018). Guest Editorial: Trends and Research Issues of Learning Analytics and Educational Big Data. *Educational Technology & Society*, 21 (2), 134–136.

Hylén, J., (2019). *IoT i skolan - Integritet, säkerhet och juridik 2019. Projektrapport 3.1. IoT Hubb Skola.*

Kaliisa, R., Kluge, A., & Mørch, A., (2018) How Learning Analytics supports Teachers to make good design choices and provide timely personalized feedback to students. *Proceedings LASI-Nordic*, 2018.

Koh, E., & Tan, J. P. L. (2017). Teacher-actionable insights in student engagement: A learning analytics taxonomy. In W. Chen, J.-C. Yang, A. F. Mohd Ayub, S. L. Wong, & A. Mitrovic (Eds.), *Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education* (pp. 319-371).

Lanka, S., Ehsan, S., Ehsan, A., (2017). A review of research on emerging technologies of the Internet of Things and augmented reality. In proceedings of *International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*.

Lianzhi, Tan., Kaipeng, Z., Kai, W., Xiaoxing, Z., Xiaojiao, P., & Yu, Q., (2017). Group Emotion Recognition with Individual Facial Emotion CNNs and Global Image based CNNs. In *Proceedings of ICMI '17*, Glasgow, United Kingdom, November 13–17, 2017

Liu, D., Huang, R., & Wosinski, M. (2017). Industry Promoting Smart Learning. In Liu, D., Huang, R., & Wosinski, M. (Eds.) *Smart Learning in Smart Cities* (pp. 147-182). Springer, Singapore.

López, G., González, I., Jimenez-Garcia, E., Fontecha, J., Brenes, J. A., Guerrero, L. A., & Bravo, J., (2018). Smart Device-Based Notifications to Promote Healthy Behavior Related to Childhood Obesity and Overweight. *Sensors*, 18, 271; doi:10.3390/s18010271

Moreira, F. T., Magalhães, A., Ramos, F., & Vairinhos, M. (2017, June). The Power of the Internet of Things in Education: An Overview of Current Status and Potential. In *Conference on Smart Learning Ecosystems and Regional Development* (pp. 51-63). Springer, Cham.

Ogata, H., Oi, M., Mohri, K., Okubo, F., Shimada, A., Yamada, M., ... & Hirokawa, S. (2017). Learning Analytics for E-Book-Based Educational Big Data in Higher Education. In Yasuura, H., Kyung, C. M., Liu, Y., & Lin, Y. L. (Eds.). *Smart Sensors at the IoT Frontier* (pp. 327-350). Springer, Cham.

Pei, X. L., Wang, X., Wang, Y. F., & Li, M. K. (2013). Internet of things based education: Definition, benefits, and challenges. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 411, pp. 2947-2951). Trans Tech Publications.

Pires, I. M., Garcia, N. M., Pombo, N., Flórez-Revuelta, F., & Spinsante, S., (2018). Approach for the Development of a Framework for the Identification of Activities of Daily Living Using Sensors in Mobile Devices. *Sensors*, 18, 640; doi:10.3390/s18020640

Pires, I. M., Santos, R., Pombo, N., Garcia, N. M., Flórez-Revuelta, F., Spinsante, S., Goleva, R., & Zdravevski, E.. (2018). Recognition of Activities of Daily Living Based on Environmental Analyses Using Audio Fingerprinting Techniques: A Systematic Review. *Sensors*, 18, 160; doi:10.3390/s18010160

Rahman, M., Himanshi., Deep, V., Rahman, S., (2016). ICT and internet of things for creating smart learning environment for students at education institutes in India. In proceedings of *6th International Conference - Cloud System and Big Data Engineering* (Confluence).

Rizzo, A., Montefoschi, F., Caporali, M., & Burrelli, G. (2018). UAPPI: A Platform for Extending App Inventor Towards the Worlds of IoT and Machine Learning. In Steve Goschnick (Ed.) *Innovative Methods, User-Friendly Tools, Coding, and Design Approaches in People-Oriented Programming* (pp. 88-109). IGI Global.

Sarıtaş, M. T. (2015). The Emergent Technological and Theoretical Paradigms in Education: The Interrelations of Cloud Computing (CC), Connectivism and Internet of Things (IoT). *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(6), 161-179.

Sarat Chandra Babu, N., (2017). Internet of Things(IoT) and augmented reality for e-learning. Keynote at 5th *National Conference on E-Learning & E-Learning Technologies* (ELELTECH).

Seco, F., & Jiménez, A. R., (2018). Smartphone-Based Cooperative Indoor Localization with RFID Technology. *Sensors*, 18, 266; doi:10.3390/s18010266

Shaffer, D.W. (2017). *Quantitative Ethnography*. Madison, WI: Cathcart Press

Skov Foug, S., Siebert-Evenstone, A., Tabatabai, S., Eagan, B., (2018). Pedagogical Visualizations of longer written assignments: Epistemic Network Analysis as a formative evaluation tool? *Proceedings LASI-Nordic*, 2018.

Slokvik Hansen, C. J., & Wasson, B., (2018). Some time ago, in the same galaxy not far, far away... *Proceedings LASI-Nordic*, 2018.

Slokvik Hansen, C. J., & Wasson, B., Nettelund, G. Reigem, Ø., (2018). Data Collection for Learning Analytics and OLMs. *Proceedings LASI-Nordic*, 2018.

Spikol, D., Bruun, J., & Udby, L., (2018). Exploring Physics Education in the Classroom and the Laboratory with Multimodal Learning Analytics. *Proceedings LASI-Nordic*, 2018.

Spikol, D., Ruffaldi, E., Dabisias, G., Cukurova, M., (2018). Supervised machine learning in multimodal learning analytics for estimating success in project-based learning. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2018;34: 366–377.

Spikol, D., Prieto, L. P., Rodríguez-Triana, M. J., (2016). Current and Future Multimodal Learning Analytics Data Challenges. *Learning Analytics and Knowledge conference*, 2016, Vancouver Canada. ACM ISBN 978-1-4503-4870-6/17/03.

Wang L, Xia L., Zhang, D., (2017) Face-body integration of intense emotional expressions of victory and defeat. *PLoS ONE* 12(2): e0171656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171656>

Zhou, Z., Cao, Z., & Pi, Y., (2018). Dynamic Gesture Recognition with a Terahertz Radar Based on Range Profile Sequences and Doppler Signatures. *Sensors*, 18, 10; doi:10.3390/s18010010

BILAGA 1

PODDAR

Det finns några poddar som mer eller mindre explicit belyser IoT. Beskrivningarna är från respektive podd och alltså deras egna formuleringar.

- Den Digitala Draken: <https://www.acast.com/dendigitaladraken>.

Den digitala Draken är en subjektiv men oberoende skildring av den digitala utveckling av tjänster i Kina. I produktion används ljudklipp från exempelvis nyhetsrapportering, dessa används under "fair use", har ej förvrängts från sin ursprungliga kontext och utger en viktig del i skildringen.

- IoT podden: <https://www.acast.com/iotpodden>.

IoT-podden från Ny Teknik drivs av nyfikenhet och kärlek till ämnet. Programledarna Paulina Modlitba Söderlund och Fredrik Karlsson undersöker och diskuterar hur Internet of Things påverkar vår vardag, affärer, yrkesliv och vårt samhälle.

- The Internet of things podcast - Stacey on IoT: <https://www.acast.com/theinternetofthingspodcast>.

Stacey Higginbotham (formerly Sr. Editor at Fortune) and co-host Kevin Tofel discuss the latest news and analysis of the Internet of Things. Covers Consumer IoT, Industrial IoT and Enterprise IoT. Guests include Vint Cerf, Om Malik, and people from Amazon.com, AT&T, IBM Watson and more.

- Digitalsamtal: <https://www.acast.com/digitalsamtal>.

Podcasten som sätter teknikutvecklingen i ett samhällsperspektiv.

- Ted Radio Hour: <https://www.acast.com/nprtedradiohourpodcast>.

Guy Raz explores the emotions, insights, and discoveries that make us human. The TED Radio Hour is a narrative journey through fascinating ideas, astonishing inventions, fresh approaches to old problems, and new ways to think and create.

- En Podd om Teknik: <https://www.acast.com/enpoddometeknik>.

En podd om teknik – Sveriges bästa teknikpodd. Varje vecka diskuterar vi det roligaste, senaste och mest intressanta inom teknik, prylar, webbtjänster och annat relaterat.

- This Week in Tech: <https://www.acast.com/this-week-in-tech-video-hi>.

Your first podcast of the week is the last word in tech. Join the top tech pundits in a roundtable discussion of the latest trends in high tech.

- Hur funkar det? <https://www.acast.com/hur-funkar-det>.

Hur funkar det?-podden är din guide till tekniken runt omkring dig. Varannan fredag lotsar Karl Emil Nikka och Emma Svensson (KJell & Co) dig igenom en teknisk lösning och svarar på dina frågor.

- Ted Talks: <https://www.acast.com/tedtalks>.

Want TED Talks on the go? Every weekday, this feed brings you our latest talks in audio format. Hear thought-provoking ideas on every subject imaginable -- from Artificial Intelligence to Zoology, and everything in between -- given by the world's leading thinkers and doers. This collection of talks, given at TED and TEDx conferences around the globe, is also available in video format.

- Spaningen: <https://www.acast.com/spaningen>.

En podcast om digitalisering och lärande med Carl Heath och Stefan Pålsson.

- GeekWire: <https://www.acast.com/geekwire1>.

GeekWire brings you the week's latest technology news, trends and insights.

- The digital sport insider: <https://www.acast.com/the-digital-sport-insider>.

The Digital Sport Insider is an interview series from DigitalSport.co (<http://digitalsport.co>) founder Daniel McLaren. He sits down to chat 1-2-1 with some of the most interesting and inspiring people who work in digital tech roles within the sports industry. Taking the lid off what it's really like to work in the industry, how they got there and their views on what the future holds.

- Google Cloud Platform Podcast: <https://www.acast.com/googlecloudplatform>.

The Google Cloud Platform Podcast, coming to you every week. Discussing everything on Google Cloud Platform from App Engine to Big Query.

- Skolspanarna: <https://www.acast.com/skolspanarna>.

Skolspanarna är en podcast där två pedagoger varje vecka träffas för att prata skola, digitala verktyg och lite annat.

PROJEKTPARTNERS

	 Kungsbacka	 RI SE Research Institutes of Sweden
	 Eskilstuna kommun	
	 LIDINGÖ STAD	 Microsoft
	 rytmus MAKE MUSIC LIVE	 Skellefteå kommun
	 Stockholms universitet	 VÄSTERVIKS KOMMUN

