TU Delft

Delft University of Technology

Smart campus tools

Een verkenning bij Nederlandse universiteiten en lessen uit andere sectoren

Valks, Bart; Arkesteijn, Monique; den Heijer, Alexandra; Vande Putte, Herman

Publication date
2016

Document Version
Final published version

Citation (APA)
Valks, B., Arkesteijn, M., den Heijer, A., & Vande Putte, H. (2016). *Smart campus tools: Een verkenning bij Nederlandse universiteiten en lessen uit andere sectoren*. Delft University of Technology.

Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.

Smart campus tools

Bart Valks
Monique Arkesteijn
Alexandra den Heijer
Herman Vande Putte

Smart campus tools

Een verkenning bij Nederlandse universiteiten en lessen uit andere sectoren

Smart campus tools:
Een verkenning bij Nederlandse universiteiten en lessen uit andere sectoren

Department of Management in the Built Environment (MBE)
Faculty of Architecture and the Built Environment
Delft University of Technology (TU Delft)

Author(s): Bart Valks, Monique Arkesteijn, Alexandra den Heijer, Herman Vande Putte

Cover and Graphic Design: Flavia Curvelo Magdaniel, Bart Valks

Literature reference: Valks, Bart and Monique Arkesteijn, Alexandra den Heijer, Herman Vande Putte (2016), Smart campus tools: een verkenning bij Nederlandse universiteiten en lessen uit andere sectoren (report commissioned by DFB).
Delft: TU Delft, 2016.

© 2016 Author(s)
All rights reserved. No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the author. Unless otherwise specified, all the photographs in this publication were taken by the author.

Inhoudsopgave

Voorwoord 9
Managementsamenvatting 11

1 Introductie 23

1.1 Inleiding 23
1.2 Probleemstelling 24
1.3 Hypothese 25
1.4 Onderzoeksvraag 25
1.5 Doelstelling 25
1.6 Onderzoek: onderdelen en methoden 26
1.7 Leeswijzer 28

2 Situering en definities 31

2.1 Definitie smart tools 31
2.2 Doelstellingen 33
2.3 Informatie ruimtegebruik 33
2.4 Sensoren / meetmethoden 34
2.5 Ruimtetypen 35

Deel A - Inventarisatie Nederlandse universiteiten

3 Onderzoeken van de huidige campus 39

3.1 Ontwikkeling van de Nederlandse universiteitscampus 39
3.2 Het meten van ruimtegebruik op de huidige campus 40
3.3 Overzicht smart tools on campus 42
3.4 Onderdelen huidige smart tools 47
3.5 Inzichten huidige smart tools 49
3.6 Conclusie 52

4 Verkennen van de veranderende vraag 55

4.1 Trends en campusontwikkeling 55
4.2 Veranderende vraag naar smart tools 57
4.3 Lopende ontwikkelingen 58
4.4 Overwegingen die spelen bij de toekomstige match 60
4.5 Conclusie 62

Deel B - Marktverkenning

5 Sensoren 67

5.1 Sensoren en sensortoepassingen 67
5.2 Literatuurstudie 69
5.3 Marktverkenning: technische parameters 69
5.4 Marktverkenning: prestaties per sensor 78
5.5 Toepassing sensoren in universitaire context 83
5.6 Conclusie 85

6 Smart tools in de markt 89

6.1 Desk Research 89
6.2 Interviews 94
6.3 Lessons Learned 103
6.4 Conclusie 105

Deel D - Conclusie

7 Synthese 111

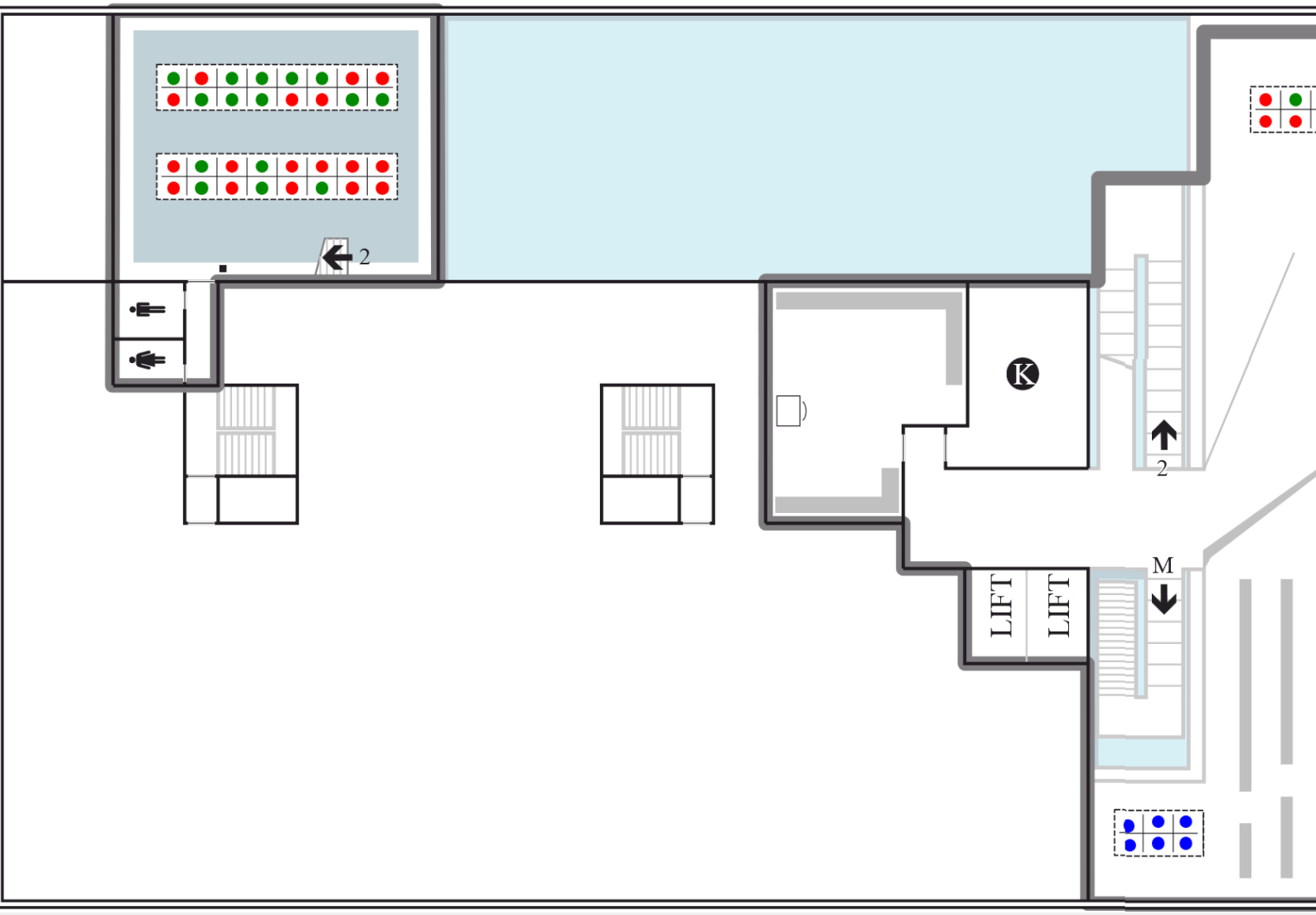
7.1 Onderzoeksresultaten 111
7.2 Inzichten met betrekking tot smart tools 116
7.3 Aanbevelingen 119
7.4 Smart tools dashboard 120

Verantwoording Bronnen 125

Referentielijst 125
Literatuurstudie 125
Productinformatie en Case studies 129
Webpagina's Smart tools 130
Verantwoording figuren 130

Bijlagen 133

1 Begrijppenlijst 133
2 Onderzoeksmethoden 136
3 Lijst van geinterviewde personen 148
4a Overzicht huidige tools 149
4b Overzicht tools in ontwikkeling 151
5 Schema's hoofdstuk 3 en 4 per universiteit 152
6 Overige voorbeelden van smart tools 153
7 Over de auteurs 162



Legend

- Available workspace with computer
- Occupied workspace with computer
- Workplace without computer

Afbeelding: Study Spot, Universiteit Utrecht

Voorwoord

Sinds we onderzoek doen naar het managen van universiteitscampussen is meer grip krijgen op het werkelijk ruimtegebruik – naast de (theoretische) bezetting en benutting die uit de roosters blijkt – een belangrijk thema. De match tussen vraag en aanbod van ruimte en faciliteiten kan nog veel scherper, vinden velen op de campus. Temeer omdat de vraag steeds dynamischer wordt, de gebruiker steeds veeleisender en het aanbod steeds duurzamer en kostenbewuster gemanaged moet worden. Met de technologische vooruitgang is het steeds beter mogelijk om te meten en te weten hoe gebruikers van de campus zich over de campus bewegen.

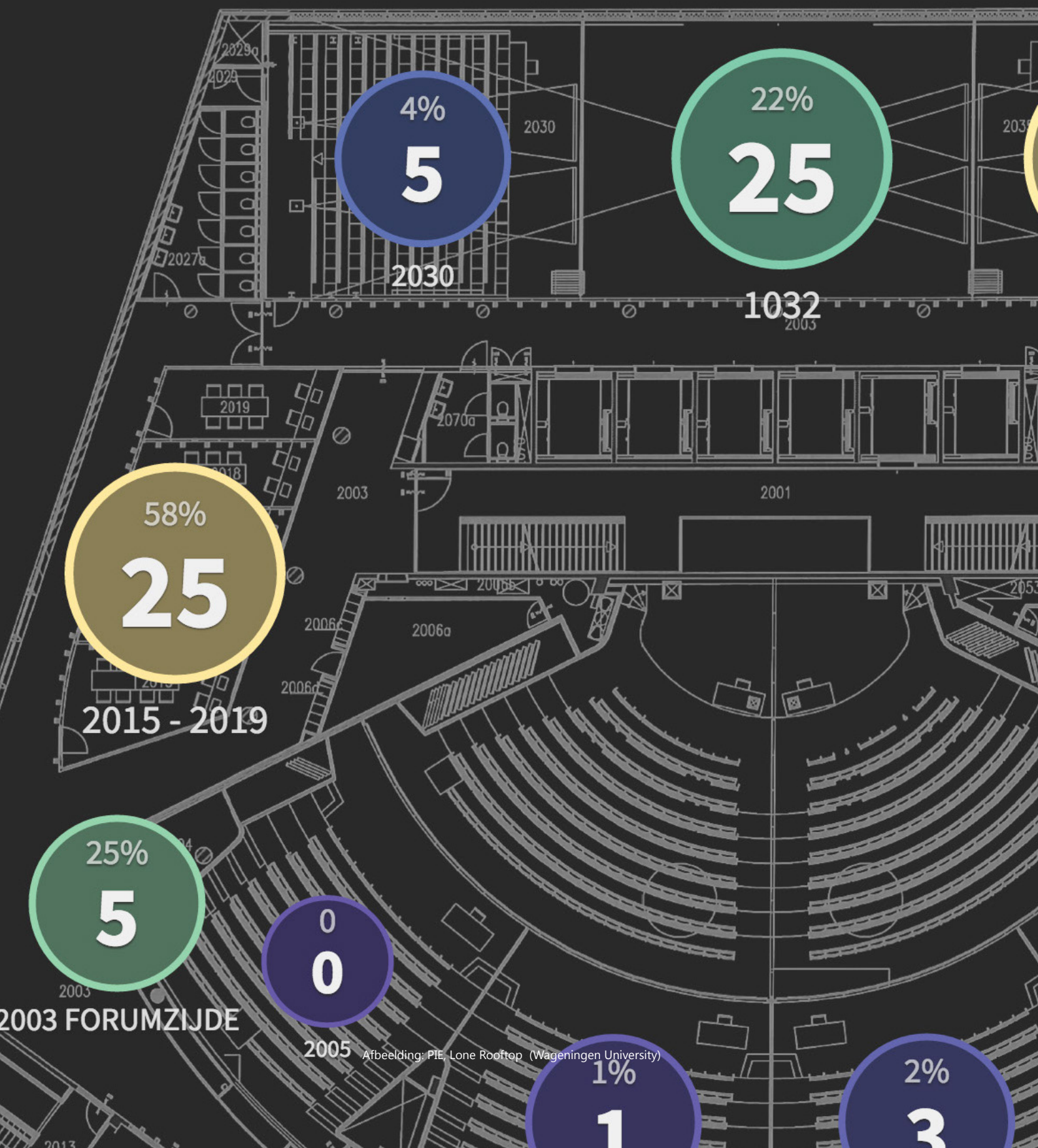
Dit was voor de Nederlandse universiteiten en hun facilitair/vastgoeddirecteuren (verenigd in het DFB netwerk) aanleiding om eind 2015 een onderzoeksopdracht te verstrekken, met als thema "Smart campus tools" voor het meten en verbeteren van ruimtegebruik. Doel van de opdracht was tweeledig: om te onderzoeken of/hoe de Nederlandse universiteiten anno 2016 "smart tools" inzetten en om te verkennen wat de nieuwste (technologische) ontwikkelingen zijn. Dit conceptrapport presenteert de resultaten van dit onderzoek.

Via deze weg willen we het DFB en alle personen die via interviews of enquêtes hun medewerking verleenden, bedanken voor hun inspiratie, informatie en tijd. Met dit rapport hopen we de universiteiten verder te helpen bij het (nog) beter managen van hun campus en faciliteiten.

Bart Valks
namens het campusonderzoeksteam

TU Delft, faculteit Bouwkunde
afdeling Management in the Built Environment

september 2016



Afbeelding: PIE_Lone Rooftop (Wageningen University)

Managementsamenvatting

Het 'Smart tools on campus' onderzoek is gestart naar aanleiding van een probleem dat bekend is voor zowel gebruikers als campus managers: gereserveerde maar (deels) ongebruikte of onderbenutte ruimte. Gebruikers zijn geregeld op zoek naar een studie, werk- of vergaderplek, maar alle plekken lijken bezet: zalen zijn ingeroosterd voor een college en werkplekken zijn geclaimd met boeken op tafel of een jas over de stoel. Grote delen van de dag zijn ze echter niet in gebruik. De analogie met het 'handdoekje leggen' bij het zwembad (zie figuur M.1) geeft dit probleem goed weer: "gereserveerd maar ongebruikt" is een grote ergernis in geval van ruimteschaarste. Zo ontstaat er bij studenten en docenten een vraag naar meer ruimte, terwijl de campusmanagers tegelijkertijd weten dat de beschikbare ruimten niet volledig gebruikt worden.

Figuur M.1: "gereserveerd maar ongebruikt" als probleemstelling – smart tools als mogelijke oplossing

Het lijkt erop dat smart tools een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het oplossen van voorgenoemd probleem en daarmee van toegevoegde waarde voor verschillende stakeholders op de campus. Door gebruikers te helpen bij het boeken of het vinden van een ruimte kunnen zij in de huidige situatie de beschikbare ruimte beter gebruiken. Door de facilitair- en vastgoedmanagers te voorzien van (real-time) data over het werkelijke gebruik van verschillende ruimtetypen op de campus, worden zij geholpen in de besluitvorming over toekomstige investeringen. De hoofdvraag van het onderzoek is: Aan welke smart tools hebben de universiteiten behoefte en welke zijn er beschikbaar?

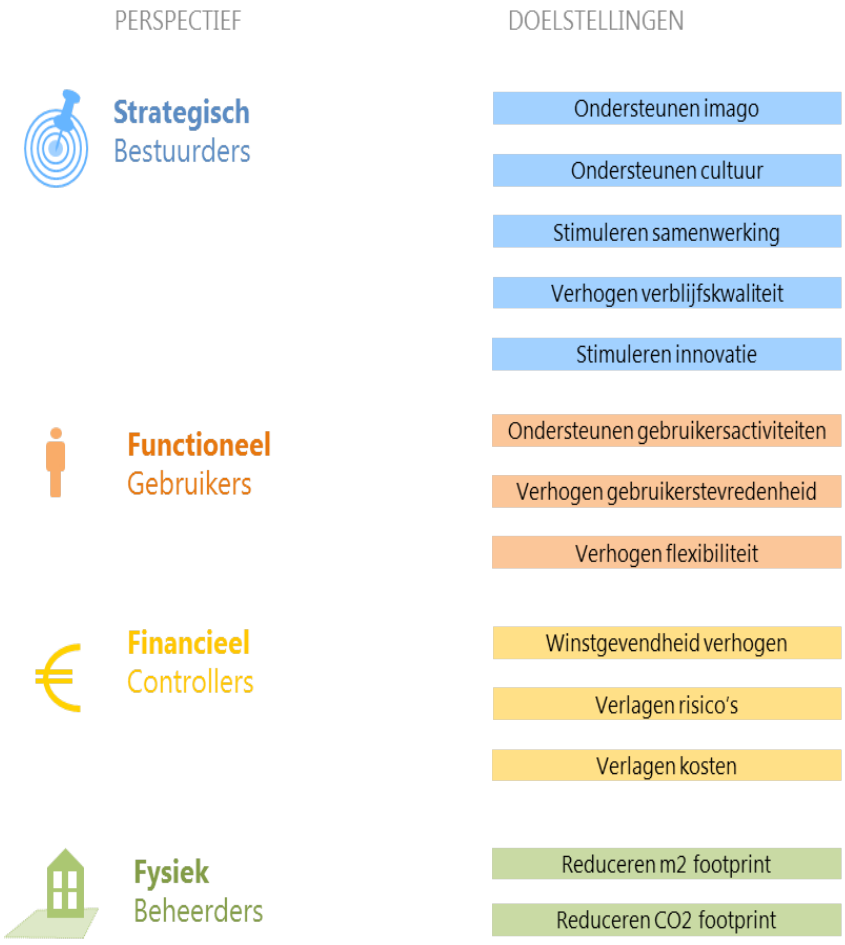
Een smart tool is een dienst of product waarmee (real-time) informatie verzameld wordt om enerzijds ruimtegebruik op de huidige campus te verbeteren en anderzijds de besluitvorming over het toekomstig ruimtegebruik te ondersteunen.
Een smart tool wordt beschreven in drie onderdelen:

1. Waarom deze tool? – doelstellingen - de redenen waarom de smart tool wordt ingezet
2. Wat meet deze tool? – informatie ruimtegebruik – het type data dat wordt verzameld
3. Hoe meet deze tool? – meetmethoden - de manier waarop of sensor waarmee wordt gemeten

Hierna worden elk van deze onderdelen met voorbeelden kort toegelicht.

Doelstellingen van smart tools – "Waarom deze tool?"

Om vast te stellen op welke manier de smart tools van toegevoegde waarde kunnen zijn voor de organisatie, heeft het onderzoeksteam de doelstellingen voor campusmanagement gehanteerd, uit eerder onderzoek van Den Heijer (2011), gerubriceerd naar de belangrijkste stakeholders binnen universiteiten en hun perspectieven op de campus (figuur M.2): bestuurders (strategisch), gebruikers (functioneel), controllers (financieel) en beheerders (fysiek). Voorbeelden van doelstellingen zijn het verhogen van de gebruikerstevredenheid, het verhogen van de flexibiliteit en het reduceren van de m2 footprint.



Figuur M.2: Doelstellingen "campusmanagement" (bewerkt van Den Heijer 2011),in dit onderzoek gebruikt om het "waarom" van smart tools te rubriceren

Uit onderzoek naar de hedendaagse context van de Nederlandse universiteit (Campus NL, 2016) blijkt dat het effectiever en efficiënter gebruiken van schaarse en kostbare middelen – zoals ruimte, energie en personeel – hoog op de bestuurlijke agenda staat. Smart tools kunnen hieraan een positieve bijdrage leveren, direct of indirect via een aantal doelstellingen.

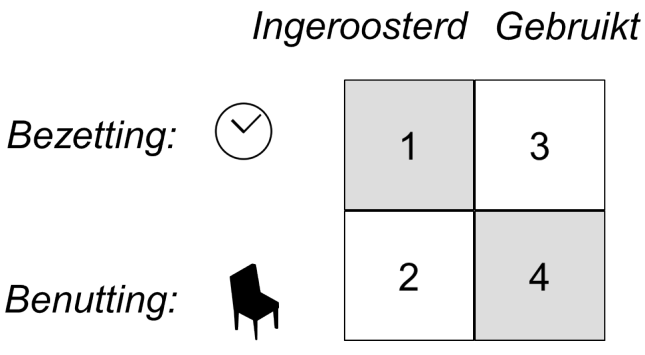
Informatie Ruimtegebruik – "Wat meten smart tools?"

Om voorgenoemde doelstellingen te kunnen bereiken wordt er met de smart tool data verzameld over ruimtegebruik. Wanneer ruimtegebruik real-time wordt gemeten, kan de data op verschillende detailniveaus of zogenaamde "resoluties" worden verzameld (figuur M.3). Voorbeelden van resoluties: er kan bepaald worden of er iemand in de ruimte aanwezig is (bezetting), hoeveel mensen er aanwezig zijn (benutting), wie er aanwezig zijn (identiteit) en wat ze doen (activiteit). Onder activiteit kan beweging of gedrag verstaan worden.

Figuur M.3: Resoluties van ruimtegebruik (bewerkt van Christensen et al. 2014), in dit onderzoek gebruikt om te rubriceren "wat" de smart tool meet

Bij het meten van ruimtegebruik wordt doorgaans onderscheid gemaakt in bezetting en benutting: bezetting geeft het gebruik van een ruimte aan in relatie tot de beschikbare tijdsduur (bijvoorbeeld de openingstijden van het gebouw), terwijl benutting het gebruik van een ruimte aangeeft in relatie tot de beschikbare capaciteit (aantal stoelen of werkplekken). Daarnaast kan er bij onderwijszalen en vergaderzalen onderscheid worden gemaakt tussen het ruimtegebruik volgens het rooster- of boekingssysteem en het ruimtegebruik in werkelijkheid. Voor de smart tools zijn dus vier typen ruimtegebruik-informatie gehanteerd:

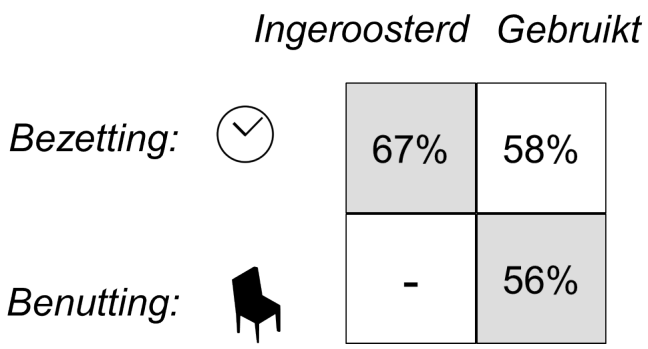
(1) bezetting zoals ingeroosterd;
(2) benutting zoals ingeroosterd;
(3) bezetting zoals daadwerkelijk gebruikt; en
(4) benutting zoals daadwerkelijk gebruikt.



Figuur M.4a: Schema met 4 typen ruimtegebruik-informatie: bezetting (gebruik in de tijd) en benutting (capaciteitsgebruik), zoals ingeroosterd of zoals daadwerkelijk gebruikt.

Dit is weergegeven in een vierkwadrantenschema in figuur M.4a. Bij bezettingsmetingen is het van belang om te weten welke tijdsduur als maximum wordt gehanteerd – de openingstijden van het gebouw of bijvoorbeeld alleen de onderwijsuren. Bij benuttingsmetingen is het belangrijk te weten hoeveel personen er maximaal in een ruimte kunnen studeren of werken – te meten via het aantal stoelen of werkplekken.

Als onderdeel van dit onderzoek is ook gevraagd of universiteiten deze ruimtegebruik-informatie al hebben voor bepaalde ruimtetypen, zoals collegezalen. Uit metingen van een viertal Nederlandse universiteiten (zie figuur M.4b) blijkt dat de bezetting van onderwijszalen in het rooster 67 procent is, tegenover een daadwerkelijke bezetting van 58 procent: een verschil van 9 procentpunten. De daadwerkelijke benutting is 56 procent – deze wordt slechts in één meting vergeleken met de ingeroosterde benutting (en daarom niet weergegeven in de figuur). In het Verenigd Koninkrijk maakt men gebruik van het begrip utilisatie: deze wordt verkregen door de bezetting en benutting met elkaar te vermenigvuldigen. Ruimtegebruik-informatie wordt ook gebruikt om het besparingspotentieel uit te drukken: hoeveel ruimte, energie en geld kan nog worden bespaard door efficiënter en effectiever met ruimte om te gaan? Dit sluit aan bij de doelstellingen, zoals eerder geïntroduceerd. Vanzelfsprekend streeft geen enkele universiteit naar 100% bezetting of benutting, maar doorgaans wel naar een verbetering van het ruimtegebruik.



Figuur M.4b: Ruimtegebruik-informatie - gemiddelde percentages op basis van metingen bij vier Nederlandse universiteiten (onderwijszalen).

Sensoren en meetmethoden – "Hoe meten de smart tools?"

Bij de toepassing van smart tools worden sensoren of andere meetmethoden gebruikt om informatie te verzamelen over het ruimtegebruik. In verleden werd ruimtegebruik vaak handmatig gemeten door middel van tellingen. Voorbeelden van sensoren waarmee smart tools (ruimte)gebruik meten zijn camera's, bluetooth, bewegingssensoren (via verlichting of onder bureaus) en Wi-Fi (meten aantal smartphones, tablets en labtops in de ruimte) – zie figuur M.5.

In dit onderzoeksrapport worden het waarom, wat en hoe van smart tools met nadere theoretische onderbouwing en met vele voorbeelden toegelicht. De gehanteerde onderzoeksmethoden worden hierna behandeld.

Gehanteerde onderzoeksmethoden

Het onderzoek bestaat uit drie onderdelen. Eerst is er een literatuurstudie gedaan, waarin het doel was om op basis van de literatuur een overzicht te creëren van de actuele stand van zaken op het gebied van smart tools en het gebruik ervan in vastgoedmanagement.

Figuur M.5: Mogelijke sensoren in smart tools – als basis gebruikt in dit onderzoek

Vervolgens is er een inventarisatie gedaan bij de Nederlandse universiteiten, bestaande uit een vragenlijst en twee interviews. In deze inventarisatie is er informatie verzameld over de huidige en gewenste smart tools. Ten slotte is er een marktverkenning uitgevoerd, waarin een reeks van interviews zijn gehouden en desk research is verricht. Voor het ene deel van de marktverkenning zijn interviews afgenomen met eindgebruikers in andere sectoren, om een beeld te krijgen van de smart tools die zij in hun praktijk toepassen. Voor het andere deel van de marktverkenning zijn er interviews afgenomen met adviseurs, ingenieursbureaus en leveranciers, om een beter beeld te krijgen van de sensoren en hun prestaties.

Resultaten

Conclusie: De Nederlandse universiteiten hebben in de huidige situatie al 26 verschillende smart tools; deze zijn voornamelijk gericht op het effectiever gebruiken van de ruimte op de campus.

De Nederlandse universiteiten gebruiken samen op dit moment al 26 verschillende smart tools en streven daarmee verschillende doelen na.

Doelstellingen: Het faciliteren van de student – in zelfstudie en samenwerking met medestudenten is de grootste driver geweest voor de implementatie van huidige tools. Deze ondersteunen voornamelijk functionele doelen (52 keer) en strategische doelen (27 keer), en zijn dus vooral gericht op het effectiever gebruiken van de ruimte op de campus. In vele gevallen is het reduceren van m2 of van kosten niet een doelstelling bij de bestaande tools. Belangrijk is ook om te vermelden dat bijvoorbeeld financiële en duurzaamheidsdoelstellingen niet altijd de (eerst)genoemde doelen zijn, maar wel doelstellingen die indirect – via effectiever en efficiënter ruimtegebruik – kunnen worden bereikt.

Informatie ruimtegebruik: In alle smart tools waarin informatie over ruimtegebruik wordt verzameld, gebeurt dit op de resolutie van bezetting en/of benutting. Er wordt geen informatie op het niveau van identiteit of activiteit verzameld. De werkelijke bezetting wordt in een groot aantal tools vastgesteld op basis van een boekingssysteem waarin het mogelijk is om op korte termijn boekingen te maken. . Hoe korter de tijd tussen het moment waarop de boeking wordt gemaakt en de boeking zelf, hoe beter het boekingssysteem de werkelijkheid weergeeft.

Sensoren: de vaakst gebruikte bronnen om informatie over het werkelijke ruimtegebruik te weergeven, zijn zelfboekingssystemen en ingelogde PC's. Daarnaast komen in enkele gevallen andere sensoren voor om real-time bezetting en/of benutting te bepalen: Wi-Fi, camera's en infraroodsensoren.

Conclusie: Het huidige aanbod van smart tools sluit volgens de universiteiten goed aan bij de huidige informatievraag – de aanvullende vraag is voornamelijk naar tools om ruimte efficiënter te gebruiken.

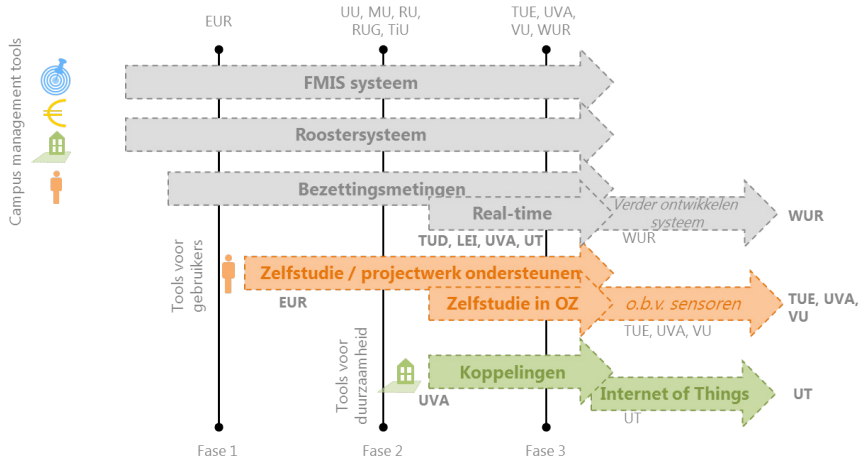
De huidige smart tools hebben vijftien verschillende functionaliteiten. Deze functionaliteiten zijn specifieker dan de generieke doelen die zij ondersteunen. Figuur M.6 geeft per functionaliteit weer hoeveel tools er zijn geïmplementeerd. De tools waar de universiteiten het meeste behoefte aan hebben, zijn bezettingsmetingen – voor onderwijszalen, kantoren en als gebruikersstromen. De WU heeft met Lone Rooftop momenteel al een tool waarmee real-time de bezetting en benutting van onderwijszalen gemeten wordt. Andere universiteiten kunnen de ervaring van de WU benutten. De andere functionaliteiten worden slechts in een enkel geval gewenst.

Doelstellingen	Tools – huidige en gewenste functionaliteit	Huidig	Gewenst
	Tools voor campus management		
	Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	13	0
	→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	1	3
	Bezettings- en benuttingsmeting kantoren		1
	Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte		3
	Tools voor studenten		
	Beschikbare PC werkplekken	9	
	Beschikbare studieplekken zonder PC	1	
	Zelfboekingssysteem projectruimten	6	
	Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	3	
	Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen		1
	Tools voor medewerkers		
	Beschikbaarheid vergaderzalen	2	
	Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen	1	
	Tools voor studenten en medewerkers		
	Indoor navigatie	2	
	Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties		1
	Tools voor het verduurzamen van de campus		
	Koppeling roostersysteem - GBS	2	
	Tools voor het delen van campusfaciliteiten		
	Boeken van vergaderzalen door derden		2

Figuur M.6: Overzicht functionaliteiten, universiteiten en tools.
Met "Huidig" is aangegeven per functionaliteit hoeveel universiteiten tools hebben geïmplementeerd. Met "Gewenst" is aangegeven per functionaliteit hoeveel universiteiten hebben aangegeven interesse in tools te hebben.

Conclusie: Het aanbod aan smart tools bij de Nederlandse universiteiten is volop in ontwikkeling.

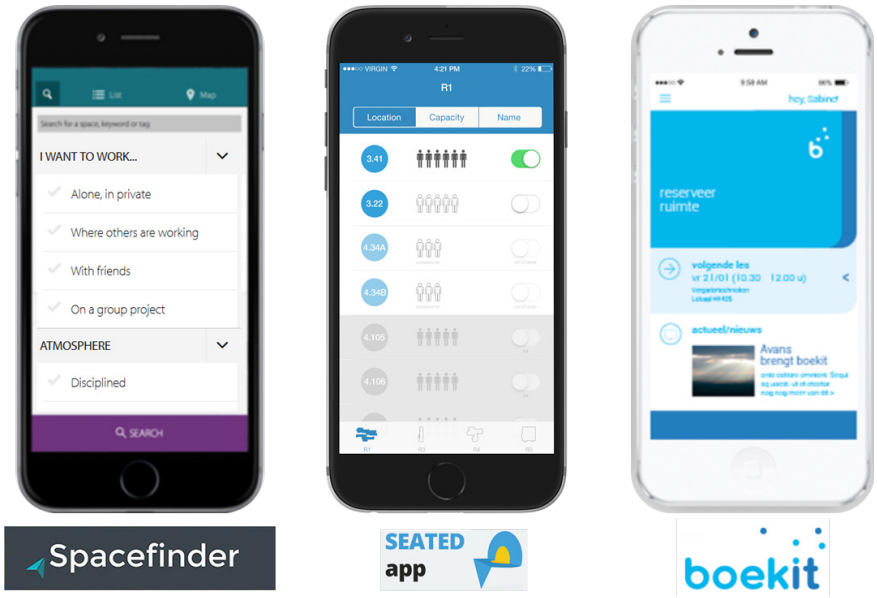
Naast de beschikbare 26 verschillende smart tools is ongeveer de helft van de universiteiten bezig hun set aan smart tools verder te ontwikkelen. Dit wordt op verschillende wijzen gedaan: door het verder ontwikkelen van bestaande tools, het starten van pilotprojecten met marktpartijen of het zelf ontwikkelen van nieuwe tools. Deze ontwikkeling is in figuur M.7 weergegeven.



Figuur M.7: Overzicht ontwikkeling smart tools. De huidige implementatie is in een normaal lettertype weergegeven, de lopende projecten zijn dikgedrukt aangegeven.

Conclusie: Ook bij de hogescholen en bij marktpartijen in andere sectoren worden smart tools gebruikt die vergelijkbaar of relevant kunnen zijn voor universiteiten.

Uit de marktverkenning blijkt dat zowel de hogescholen als de partijen in andere sectoren smart tools geïmplementeerd hebben, die verschillende functionaliteiten hebben.



Figuur M.8: Voorbeeldweergaven van diverse tools uit de marktverkenning: Spacefinder, Seated, Boekit.

Conclusie: De ontwikkeling van tools bij de hogescholen is vergelijkbaar met de implementaties bij de Nederlandse universiteiten – beide kunnen richting geven aan de volgende stap in de ontwikkeling van smart tools voor gebruikers in het hoger onderwijs.

De huidige smart tools bij de hogescholen zijn qua functionaliteiten en doelstellingen vergelijkbaar met de smart tools bij Nederlandse universiteiten. De tools zijn voornamelijk gericht op het effectiever gebruiken van ruimte op de campus. In beide gevallen zijn de geïnventariseerde tools echter nog niet geïmplementeerd.

Hoewel de geïnventariseerde tools vergelijkbaar zijn qua functionaliteiten en doelstellingen, hebben deze tools ook eigenschappen die bij de universiteiten niet voorkomen. Daarmee kunnen ze de universiteiten richting geven bij de volgende stap in de ontwikkeling van smart tools, door als referentie te dienen:

- De implementatie van Boekit (Avans) zal zowel de vraag naar gebruikerstools (effectiever gebruiken van ruimte) als de vraag naar bezettings- en benuttingsgegevens (efficiënter gebruiken van ruimte) gaan combineren. Dit komt bij de universiteiten nog niet voor.
- De ontwikkeling van Seated (Fontys) is een voorbeeld van een interactief boekingssysteem: het aanmaken van een boeking of het verwijderen van een boeking geschiedt mede op basis van de locatie van de gebruiker in relatie tot de te boeken ruimte.

• De implementatie van Spacefinder (Cambridge) laat een alternatief zien voor het aanbieden van informatie over de beschikbaarheid van plekken – in plaats daarvan wordt informatie over de locatie van studieplekken aangeboden, gecombineerd met informatie over de eigenschappen van de studieplek.

Conclusie: De smart tools in andere sectoren zijn meer op efficiëntie dan op effectiviteit gericht. Uit deze tools kunnen lessen worden over het gebruik van meerdere databronnen, hoewel de implementeerbaarheid van tools zelf beperkt is.

De huidige smart tools bij marktpartijen in andere sectoren zijn veel meer dan bij de universiteiten gericht op het efficiënter gebruiken van ruimte. Bij Shell wordt de zelf ontwikkelde smart tool ingezet om te bepalen welke locaties hoge en lage bezettingsgraden hebben, zodat er beslissingen kunnen worden genomen over het afstoten van vastgoed. Bij de NS wordt de smart tool ingezet om te bepalen welke punten in de stations het drukst belast worden. Deze informatie wordt niet alleen gebruikt voor het (her)ontwerp van stationsgebieden en het aanpassen van de dienstregeling, maar ook om de veiligheid in de stations te waarborgen.

Bij zowel Shell als de NS worden meerdere databronnen gebruikt. Hieruit kunnen lessen geleerd worden over hoe de data uit verschillende bronnen te combineren. Het rechtstreeks implementeren van deze oplossingen is niet mogelijk, omdat beide systemen voor een groot deel uitgaan van toegangscontrole als sensor. Het gebruik van toegangscontrole staat in contrast met de grotendeels openbaar toegankelijke gebouwen van de universiteiten.

Conclusie: Wi-Fi lijkt als sensor op dit moment het meest geschikt voor toepassing in de universitaire context.

Tevens is in de marktverkenning een verdieping gezocht op de verschillende soorten sensoren en hun prestaties. Bijna alle sensoren kunnen gebruikt worden voor real-time toepassingen, maar met name in de ruimtelijke resolutie zit grote variatie in het schaalniveau waarop de sensoren betrouwbare informatie kunnen geven. Bij de toepassing van enkele methoden hangt het schaalniveau af van dichtheid en/of plaatsing van de sensor, hetgeen ook een behoorlijke impact op de kosten heeft. Wi-Fi lijkt als sensor op dit moment zeer geschikt te zijn voor toepassing in de universitaire context, om een aantal redenen:

• Wi-Fi is toepasbaar voor veel van de verschillende (gewenste) functionaliteiten, alhoewel het minder precies is dan een aantal andere methoden;
• Doordat er gebruik wordt gemaakt van de bestaande infrastructuur, zijn de kosten relatief laag in vergelijking met methoden waarvoor nieuwe infrastructuur moet worden aangeschaft.
• Het gebruik van Wi-Fi voor smart tools is flexibeler dan veel andere sensoren; wanneer een nieuwe of andere functionaliteit gewenst is, kan daar relatief gemakkelijk in voorzien worden.

Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen tijdens het onderzoek zijn de aanbevelingen in het onderzoek als volgt:

1 Toepassingen smart tools voor onderwijszalen kan snel tot efficiënter gebruik van middelen leiden

• Zet in op tools waarmee de 25-30 procent aanvangsleegstand in onderwijszalen wordt gereduceerd. Door de complexiteit van roosterprocessen en –systemen en het veelvoud aan beperkingen in het rooster, blijkt in de praktijk dat een roosterbezetting van 70-75 procent optimaal is. Een roosterbezetting van hoger dan 75 procent is zeer lastig te bereiken en gaat ten koste van de flexibiliteit gedurende de onderwijsperiode. Het gebruik van de leegstaande 25-30 procent door deze op korte termijn boekbaar te maken voor studenten en/of medewerkers is een slimme toepassing.
• Monitor de voortgang van Lone Rooftop (WUR) en Boekit (Avans) voor het terugdringen van no-shows: studenten die zich wel inschrijven, maar niet deelnemen (aan bepaalde activiteiten van het onderwijs). Het terugdringen van de no-shows in onderwijszalen is een toepassing die zeer veel effect kan hebben, omdat het niet alleen zorgt voor minder no-shows, maar ook voor minder overvraag naar ruimte (en zelfs tot kostenbesparing op personeel).
• Neem de ingeroosterde benutting mee in bestaande smart tools en bezettingsmetingen. Door een vergelijking van de daadwerkelijke benutting met de ingeroosterde benutting is het mogelijk om te bepalen wat de oorzaak is van een lage benutting – of het ingeroosterde vak een lage opkomst heeft of dat er een kleine groep in een grote zaal is ingeroosterd.

2 Betere gebruiksinformatie over studieplekken heeft hoge prioriteit voor studententevredenheid

Voor studieplekken is het grootste vraagstuk om inzicht te krijgen in het gebruik van studieplekken zonder PC – zowel voor gebruikers als beheerders. De belangrijkste vraag die hierbij beantwoord moet worden, is op welke resoluties dit zou moeten: in tijd, ruimte en detailniveau. Idealiter zou dit op het niveau van de werkplek zijn – naast de hoge kosten wordt dit echter bemoeilijkt doordat studenten op verschillende plekken en in verschillende ruimten studeren. Een oplossing waarbij op het niveau van de verdieping of vleugel een nauwkeurige indicatie kan worden gegeven van het aantal aanwezige personen, tezamen met de informatie over welke ruimten er zijn in dat gebied en hoe die normaliter worden gebruikt, zou al een toegevoegde waarde hebben. De toepassingen bij Cambridge en NS laten ook zien dat er alternatieve soorten informatie zijn, die voor de gebruiker een toegevoegde waarde hebben.

3 Het effectiever inzetten van bestaande systemen en sensoren heeft een goede kosten/baten-verhouding

Het gebruik van bestaande systemen en sensoren is niet alleen wenselijk in verband met de lagere kosten, het geeft ook meer ruimte om in een later stadium andere functionaliteiten toe te voegen. De meeste andere opties voor sensoren vereisen per functionaliteit een specifieke plaatsing, waardoor het toevoegen van andere functionaliteiten in een later stadium zeer moeilijk wordt.

Dashboard: individueel advies als maatwerk per universiteit

Bij aanvang van het onderzoek is de ambitie geuit om universiteiten te adviseren over de best passende smart tools bij hun specifieke doelstellingen. Gezien de veelheid aan doelstellingen en typen smart tools is het vinden van een "individueel advies" (per universiteit) in een onderzoeksrapport een uitdaging. De match tussen vraag en aanbod in smart tools hangt af van een veelvoud van met elkaar verbonden factoren: de functionaliteit(en) van de smart tool, de ruimtetypen waarvoor deze wordt ingezet, maar bijvoorbeeld ook de aanbieder van de smart tool en de privacygevoeligheid van de gebruikte sensor.

Om een weg te vinden in deze complexiteit is ter aanvulling op de rapportage een smart tool dashboard gemaakt. Dit dashboard geeft elke universiteit de mogelijkheid om eenvoudig filters toe te passen om tot de gewenste weergave en een maatwerk-advies te komen. Het dashboard geeft een andere toegang tot alle informatie die is verzameld voor dit onderzoek en biedt individuele universiteiten de gelegenheid om hun eigen weg te vinden in het informatieaanbod.

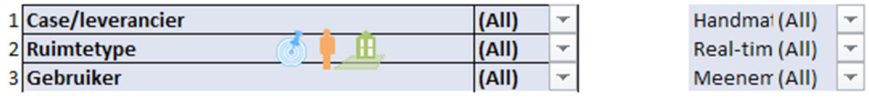
De belangrijkste filters die toegepast kunnen worden, zijn:

Filters op basis van het gebruik van de smart tools

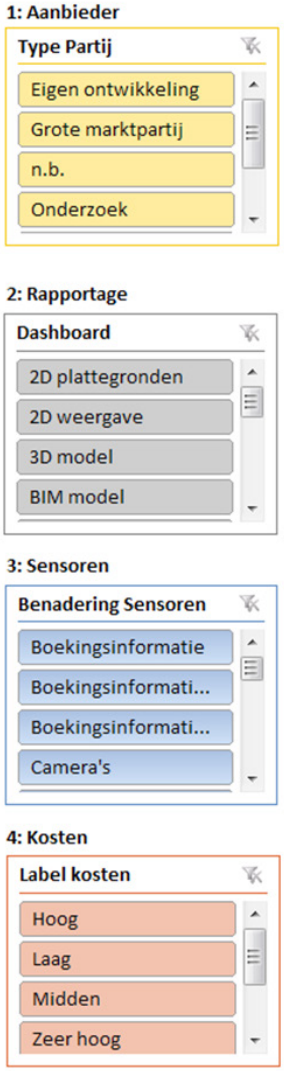
- Het filter op case/leverancier – het dashboard laat alleen voorbeelden van implementaties zien (bijvoorbeeld bij hogescholen) of welke tools een leverancier kan leveren
- Het filter op ruimtetype – hiermee kan het overzicht aan smart tools worden gefilterd op basis van het ruimtetype waarvoor men een smart tool zoekt (bijvoorbeeld collegezalen of academische werkplekken)
- Het filter op gebruiker – hiermee kan het overzicht worden gefilterd op basis van de gebruiker waarvoor de tool is bedoeld – bijvoorbeeld student, medewerker of beheerder.
- De filters per functionaliteit – hiermee kan het overzicht worden gefilterd op de gewenste functionaliteit(en)

Filters op basis van de eigenschappen van de smart tools

- De aanbieder van de smart tool - Is dit een grote marktpartij, een start-up of zelfs een tool die intern wordt ontwikkeld?
- Keuze voor sensoren - Veel universiteiten geven aan hierin te willen kiezen voor proven technology. Er kan worden gekozen uit alle sensoren die in geïmplementeerde smart tools gevonden zijn.
- Kosten en baten - Uiteindelijk moeten de kosten van elke oplossing en de (veronderstelde) baten die ertegenover staan uitmaken of het wenselijk is om van de huidige oplossingen te bewegen naar andere oplossingen. Inzicht in de kosten en baten verschaffen is echter niet eenvoudig. In de filters is een indicatie van de kosten gebruikt, terwijl de tool daarnaast meer specifieke informatie over de kosten weergeeft.



Figuur M.9a: Filters op basis van het gebruik van de smart tools



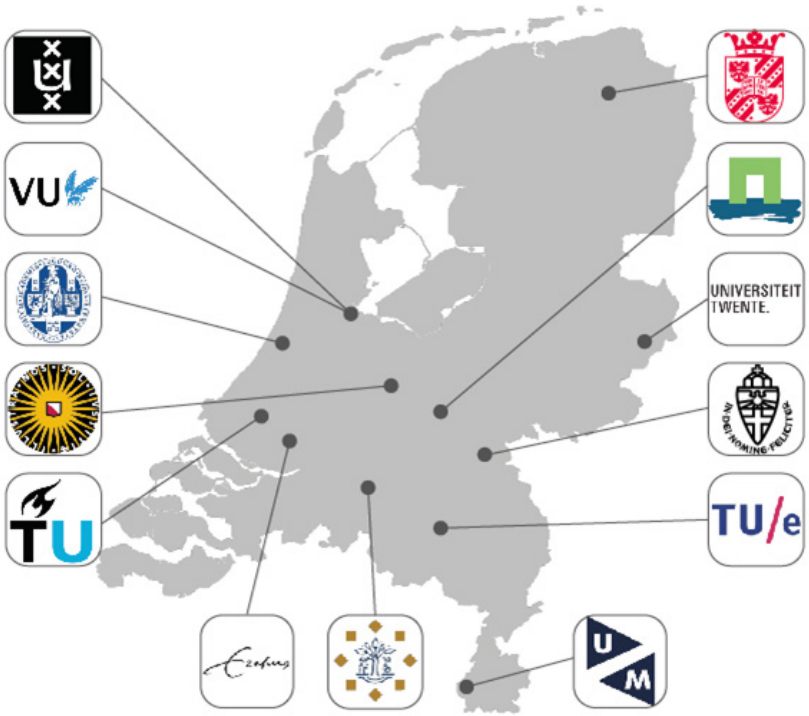
Figuur M.9b: Filters op basis van de eigenschappen van de smart tools

Hoofdstuk 1
Introductie

1. Introductie

1.1. Inleiding

Het onderzoek smart tools on campus is uitgevoerd in opdracht van de dertien Nederlandse universiteiten door de afdeling Management in the Built Environment van de faculteit Bouwkunde aan de TU Delft. De universiteiten hebben een gezamenlijke interesse in het onderwerp smart tools on campus. Dit zijn tools waarmee enerzijds gebruikers op de huidige campus beter ondersteund kunnen worden en anderzijds tools die de besluitvorming over de toekomstige campus ondersteunen.



Figuur 1.1: Onderzoek in opdracht van dertien Nederlandse universiteiten

Het onderwerp smart tools bevindt zich daarmee op een bijzonder raakvlak. Een smart tool kan gebruikers in het hier en nu ondersteunen bij het vinden van de juiste ruimte op de campus – gebruikers die mede door de komst van de smartphone steeds hogere eisen stellen aan gebruikersgemak van ICT voorzieningen. Richting de toekomst kan een smart tool facilitair- en vastgoedmanagers ondersteunen in hun besluitvorming over de campus – een besluitvormingsproces waar het gaat over waarde toevoegen aan de primaire processen van de universiteiten, en de manier om dat zo goed mogelijk te doen gegeven de beschikbare middelen.

De doelstelling van waarde toevoegen via vastgoed staat centraal in het vakgebied van vastgoedmanagement. Wat ook centraal staat, is de vraag hoe aangetoond kan worden dat vastgoed waarde toevoegt en welke waarde dat dan is. Leidt een renovatie van het kantoor van afdeling A tot meer waarde bij dan afdeling B? En hoe wordt die waarde uitgedrukt? Smart tools hebben de potentie om ons een stap dichter bij het antwoord op deze vragen te brengen – wanneer het op een kleiner schaalniveau, met een hogere

frequentie mogelijk is om te zien hoe de ruimte binnen een vastgoedportefeuille wordt gebruikt, is het ook mogelijk om te zien wat het effect van een ingreep is op datzelfde ruimtegebruik. Misschien kan die informatie ook beter veranderingen verklaren in gebruikerstevredenheid, studierendement enz.

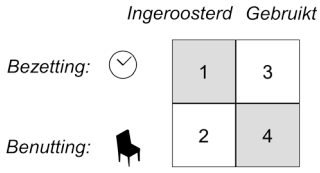
Universiteiten bieden een bijzondere casus voor deze ontwikkeling. Het vastgoed van de universiteiten wordt gekenmerkt door een verzameling van ruimtetypen, die door verschillende gebruikers wordt gebruikt en voor steeds meer verschillende doeleinden. Bij het onderzoeken en implementeren van smart tools is de vraag wat de baten van zo'n tool zijn, en of die opwegen tegen de kosten. Een smart tool bij de universiteiten moet dus niet alleen kunnen omgaan met een complexe vastgoedportefeuille, het moet ook nog eens betaalbaar zijn. Als een dergelijke oplossing bij de universiteiten kan worden geïmplementeerd en werkt, dan werkt het haast overal.

1.2. Probleemstelling

Je kent het wel: op zoek naar een studie, werk- of vergaderplek, maar alle plekken lijken bezet, met boeken op tafel of een jas over de stoel. Grote delen van de dag zijn ze echter niet in gebruik. De analogie met het 'handdoekje leggen' bij het zwembad geeft dit probleem goed weer: "reserveren maar niet gebruiken" is een grote ergernis in geval van ruimteschaarste. Zo ontstaat er bij studenten en docenten een vraag naar meer ruimte terwijl de campusmanagers weten dat de ruimten niet volledig gebruikt worden. Voor zowel de gebruikers als de campus managers is dit een bekend probleem, maar vaak ontbreken de middelen om dit (a) te meten en (b) op te lossen. Vergaderzalen en onderwijszalen worden volgeboekt en vaak niet teruggegeven als afspraken niet doorgaan of de groepsgrootte wijzigt.

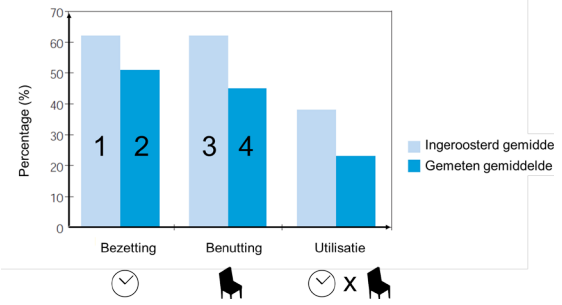
Figuur 1.2: "gereserveerd maar ongebruikt" als probleemstelling – smart tools als mogelijke oplossing

Het effectiever en efficiënter gebruik maken van de bestaande ruimte is essentieel voor niet alleen de Nederlandse campus, maar ook de Europese campus, geven Den Heijer and Tzovlas (2014) aan. Universiteiten hebben teveel vierkante meters, die in steeds grotere mate verouderd raken. Tegelijkertijd houdt de financiering van de overheid geen gelijke tred met de groei in studentenaantallen. De druk om de bestaande ruimte goed te gebruiken en om investeringsbeslissingen in vastgoed goed te onderbouwen, neemt daarmee toe.

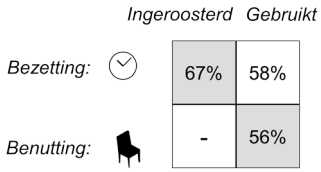


Figuur 1.3: schema met 4 typen ruimtegebruik-informatie: bezetting (gebruik in de tijd) en benutting (capaciteitsgebruik),zoals ingeroosterd of zoals daadwer kelijk gebruikt

Universiteiten die regelmatig bezettings- en benuttingsmetingen doen, weten dat ruimtegebruik op de campus heel dynamisch is en dat ruimten vaak leegstaan. Daarnaast is er een groot verschil tussen wat er is ingeroosterd en wat er daadwerkelijk wordt gebruikt. Uit onderzoek op de Britse campus blijkt dat een gemiddelde stoel in een onderwijszaal voor 27 procent van de onderwijsuren in gebruik is ("utilisatie"). Daarnaast is het gat tussen ingeroosterd en daadwerkelijk gebruik tussen de 10 en 15 procentpunt (Space Management Group, 2006). (zie figuur 1.3 en 1.4)



Figuur 1.4: Bezetting en benutting in het VK (SMG, 2006)



Figuur 1.5: ruimtegebruik-informatie - gemiddelde percentages op basis van metingen bij vier Nederlandse universiteiten (onderwijszalen)

Uit recente metingen van een aantal Nederlandse universiteiten valt een iets ander beeld op te maken: zie figuur 1.5. De ingeroosterde bezetting, daadwerkelijke bezetting en daadwerkelijke benutting zijn alle drie aanzienlijk hoger dan destijds op de Britse campus is waargenomen. Wel is er nog een aanzienlijk verschil tussen wat er ingeroosterd is, en wat er daadwerkelijk is gemeten. De benutting is erg hoog, maar is ook grotendeels gebaseerd op metingen gedurende de piekweken. Daarnaast is er slechts bij één universiteit een vergelijking mogelijk met de ingeroosterde benutting.

In het recente onderzoek "European Campus: heritage and challenges" (Den Heijer & Tzovlas, 2014) wordt zelfs gesteld dat onderbenutting van ruimten een grote bedreiging is voor de universiteiten van de 21e eeuw. Digitalisering, toenemende plaatsonafhankelijkheid en toenemende mobiliteit zorgen ervoor dat studenten en medewerkers steeds minder op de campus hoeven te zijn. Tegelijkertijd is de cultuur in ruimtegebruik territoriaal: er bestaat een sterke behoefte aan eigen werkplekken en studieplekken.

1.3. Hypothese

De hypothese van dit onderzoek is dat smart tools een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het oplossen van bovenstaand probleem. De smart tools dienen enerzijds de gebruikers, en stellen hen in staat om ruimten effectiever en efficiënter te gebruiken, en anderzijds de managers, die worden ondersteund om goede beslissingen te nemen over toekomstige investeringen.

1.4. Onderzoeksvraag

De hoofdonderzoeksvraag van het onderzoek is als volgt:
Aan welke smart tools hebben de universiteiten behoefte en welke zijn er beschikbaar?

Deze vraag kan op zijn beurt weer worden opgesplitst in de volgende deelvragen:

Inventarisatie Nederlandse Universiteiten
• Welke smart tools gebruiken de universiteiten nu?
• In hoeverre voldoen deze smart tools aan de vraag van de universiteiten?
• Aan welke prestaties moet een smart tool volgens de universiteiten voldoen in de toekomst?

Marktverkenning Smart tools
• Welke smart tools zijn er nu in de wetenschap?
• Welke smart tools zijn er nu in de markt?

Het beantwoorden van de onderzoeksvraag geeft aan of er een gat zit tussen wat er in de markt beschikbaar is en wat de universiteiten verlangen op het gebied van smart tools. Een eventueel gat kan aanleiding zijn tot verder onderzoek.

1.5. Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is:
• Per universiteit een overzicht te creëren van de huidige en toekomstige vraag naar smart tools, dat zij eenvoudig kunnen vergelijken met andere universiteiten;
• Een overzicht te creëren van het aanbod dat beschikbaar is in de markt aan smart tools en de ontwikkelingen in deze markt;

• Per universiteit een advies te geven over:
    • Welke smart tool het beste bij hun past gezien hun vraag;
    • Met welke universiteiten ze evt. het beste die vraag kunnen oppakken.

Het eindproduct zal bestaan uit een aanzet tot een programma van eisen per universiteit over de gewenste functionaliteiten voor een smart tool, en een overzicht van wat er in de markt beschikbaar is aan smart tools.

1.6. Onderzoek: onderdelen en methoden

Het onderzoek kent drie onderdelen: de literatuurstudie, de inventarisatie bij de universiteiten en de marktverkenning. Tezamen beantwoorden deze onderdelen de onderzoeksvraag: aan welke smart tools hebben de universiteiten behoefte en welke zijn er beschikbaar? In bijlage 2 kunnen voor elk onderdeel de gehanteerde 'tools' worden gevonden: de zoekopdracht van de literatuurstudie, de vragenlijst en interviewprotocollen uit de inventarisatie en de interviewprotocollen uit de marktverkenning.

Literatuurstudie

De eerste stap van het onderzoek is het verrichten van een literatuurstudie naar smart tools. Het voornaamste doel van de literatuurstudie was om een deel van de hoofdvraag te beantwoorden, namelijk welke tools er beschikbaar zijn. Anderzijds was het doel van de literatuurstudie ook om het begrip 'smart tool' te definiëren, en om hiermee de volgende twee onderdelen van het onderzoek vorm te geven.
In de literatuurstudie zijn een aantal stappen gevolgd om een overzicht te krijgen van de smart tools die er in de literatuur beschikbaar zijn. Hiervoor zijn zowel de Scopus database (publicaties in journals) als Google Scholar (publicaties in journals en andere bronnen).

1. Het genereren van een publicatielijst uit Scopus en Google Scholar. Om deze publicatielijst te genereren is een zoekopdracht ontwikkeld voor Scopus, en later aangepast voor gebruik in Google Scholar. In Scopus leverde de zoekopdracht 200 publicaties op en in Google Scholar 31.000 zoekresultaten.

2. Het selecteren van de relevante publicaties om in de literatuurstudie mee te nemen. In Scopus zijn 50 publicaties geselecteerd op basis van 'citation score' (d.w.z. het aantal citaties door andere auteurs). In Google Scholar hebben de auteurs de relevante publicaties geselecteerd uit de eerste 200 zoekresultaten. Hieruit bleken slechts 15 publicaties voort te komen.

3. Het analyseren van de geselecteerde publicaties. Hiervoor is een quickscan gebruikt waarin de hoofdstructuur van elke publicatie, het abstract, de onderzoeksvragen en resultaten worden doorgenomen. Op de volgende vragen is per publicatie antwoord gezocht (zie ook hoofdstuk 2):
• Hoe wil de auteur de prestaties van het vastgoed of de organisatie beïnvloeden?
• Welke bezettingsresolutie meet de auteur?
• Welke (sensor)methode wordt er toegepast?
• Op welk gebouwtype wordt de methode getest?
• Noemt de auteur het aanpassen van vastgoed op basis van de onderzoeksresultaten?

De literatuurstudie heeft vorm gegeven aan hoofdstuk 2 en komt tevens terug in deel 2 van het onderzoek.

Inventarisatie Nederlandse Universiteiten

De tweede stap van het onderzoek is het inventariseren van de smart tools die de Nederlandse universiteiten hebben, en hun behoefte naar smart tools. Er wordt gekeken naar: hoe efficiënt gebruiken ze hun ruimte nu, welke smart tools zetten ze daarvoor in en hoe beoordelen ze deze smart tools. In combinatie met de eerste resultaten van de literatuurstudie kan er na het voltooien van deze stap een eerste conclusie worden getrokken over de huidige en toekomstige mismatch per universiteit.

In de inventarisatie bij de universiteiten is gebruik gemaakt van een enquête, bestaande uit een vragenlijst en één of twee interviews per universiteit. Voor het invullen van de vragenlijst en het afnemen van het eerste interview is een beleidsmedewerker voorgedragen door het DFB-lid van elke universiteit. Voor het tweede interview is het DFB-lid zelf geïnterviewd. In sommige gevallen is dit in overleg samengevoegd tot één interview.

De vragenlijst is ingezet om voorafgaand aan de interviews zoveel mogelijk informatie te verzamelen over de aanwezige smart tools en bezettingsmetingen. Hiervoor zijn per smart tool en per bezettingsmeting een aantal meerkeuzevragen gesteld. Per smart tool is er bijvoorbeeld gevraagd met welke doelstelling(en) de smart tool wordt ingezet, voor welk ruimtetype de smart tool wordt ingezet en welke meetmethode wordt gebruikt.

De interviews zijn in navolging op de vragenlijst gehouden. Het doel van de interviews is om zoveel als mogelijk het 'wat' uit de vragenlijst aan te vullen met het 'hoe' en het 'waarom'. De vraagstelling is open: waarom is er gekozen voor een bepaalde smart tool, hoe werkt de smart tool, zijn de verschillende stakeholders tevreden met de smart tool, etc. Er is gekozen voor een semigestructureerd interview: dit houdt in dat er van tevoren een interviewprotocol is vastgesteld met hoofd- en deelvragen, maar dat de volgorde van de vragen en de wijze van doorvragen per interview kan verschillen. Daarmee is er enerzijds de ruimte om tijdens de interviews dieper in te gaan op bepaalde vragen, terwijl er anderzijds een mate van eenduidigheid blijft in wat er per universiteit wordt geïnventariseerd.

De inventarisatie van de universiteiten is in deel 1 van het onderzoek beschreven.

Marktverkenning

De derde en laatste stap van het onderzoek is de marktverkenning. In de marktverkenning worden er verkenningen gedaan op het gebied van smart tools en sensoren. De voornaamste onderzoeksmethode is interviews, waarmee er informatie is verzameld door eindgebruikers, leveranciers en adviesbureaus te benaderen. Daarnaast is er 'desk research' gedaan: hierbij is er gezocht naar voorbeelden van smart tools en sensoren op basis van de output van de interviews.

Eerst zijn er interviews afgenomen waarin het doel was om het onderdeel sensoren verder uit te werken. Deze behoefte ontstond doordat zowel uit de literatuurstudie als de inventarisatie bleek dat de keuze voor het sensortype een complexe opgave was. Er is gekozen om semi-gestructureerde interviews af te nemen, gezien het verkennende karakter van het onderzoek. De interviews zijn per telefoon afgenomen; het interviewprotocol kan in de bijlage worden gevonden.

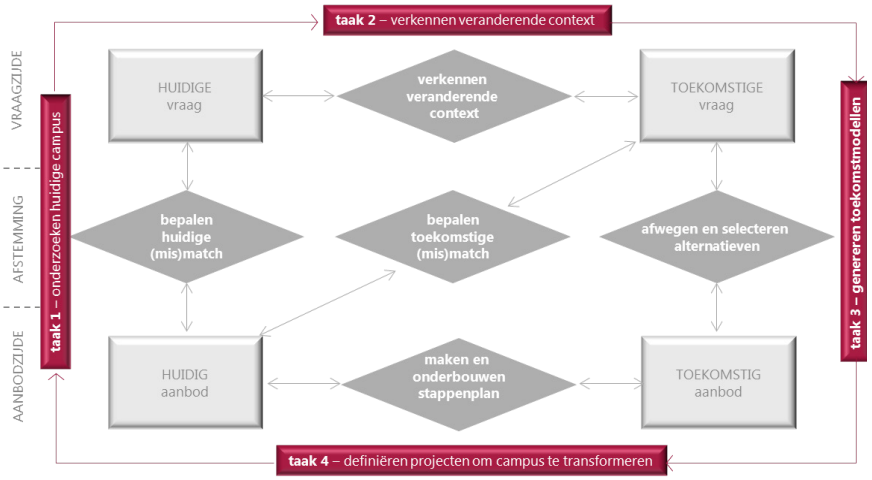
Voorafgaand aan de interviews is een overzicht gemaakt van te interviewen partijen op basis van de voorgaande twee onderdelen van het onderzoek. Hieruit zijn de partijen geselecteerd die werden geacht kennis van verschillende sensoren te hebben – ingenieurs, adviesbureaus en softwareleveranciers. In de beschikbare tijd zijn er uiteindelijk zeven interviews telefonisch afgenomen.

Vervolgens zijn er meer algemeen een aantal interviews gehouden waarbij de focus, net als bij de universiteiten, op het gebied van smart tools lag. Hierin zijn op advies van de universiteiten voornamelijk partijen geïnterviewd die vanuit het perspectief van eindgebruiker zich bezig houden met het smart tools-vraagstuk. De partijen die in deze reeks zijn geïnterviewd, zijn geselecteerd op advies van de universiteiten of op advies van een van de leden van het onderzoeksteam. Deze interviews hebben een ongestructureerd karakter: dat wil zeggen dat er niet is gewerkt met een protocol met van tevoren vastgestelde vragen. Bij elk interview is een aantal powerpointslides gebruikt om het onderwerp te introduceren en een aantal bevindingen door te nemen, alvorens de smart tool(s) van de geïnterviewde partij te bespreken. Van het interview is een verslag gemaakt.

De marktverkenning wordt in deel 2 van het onderzoek beschreven.

1.7. Leeswijzer

Het onderzoeksrapport is gestructureerd op basis van de onderzoeksvraag. Deze luidt: Aan welke smart tools hebben de universiteiten behoefte en welke zijn er beschikbaar? Om deze onderzoekvraag te kunnen beantwoorden, wordt in dit rapport de vraag (naar smart tools) en het aanbod (van smart tools) naast elkaar gelegd, nu (op dit moment aanwezig bij de universiteiten) en in de toekomst (aanwezig in de markt). Om vraag en aanbod in huisvesting op elkaar af te stemmen hebben De Jonge et al. (2009) onderstaand schema ontwikkeld. In het schema worden vraag en aanbod op elkaar afgestemd, nu en in de toekomst.



Figuur 1.6: DAS Frame - afstemmen vraag en aanbod naar huisvesting, nu en in de toekomst

Voor campus management bestaat het schema uit vier stappen:
1. Het onderzoeken van de huidige campus (om de huidige match te bepalen)
2. Het verkennen van de veranderende vraag (om de toekomstige match te bepalen)
3. Het genereren van toekomstmodellen (om de toekomstige vraag te matchen met het aanbod)
4. Het definiëren van projecten om de campus te transformeren (om te bepalen hoe de verandering in aanbod te realiseren)

In dit rapport worden de eerste drie stappen uit het schema van de Jonge et al. gevolgd. In deel 1 van het rapport worden de huidige campus onderzocht (hoofdstuk 3) en de veranderende vraag verkend (hoofdstuk 4) om de huidige en toekomstige match te bepalen. Heeft u interesse in de huidige smart tools bij de universiteiten, lees dan hoofdstuk 3. Heeft u interesse in de trends die bij de universiteiten spelen en hoe deze van invloed kunnen zijn op de vraag naar smart tools, lees dan hoofdstuk 4. In deel 2 van het rapport wordt het toekomstige aanbod onderzocht, zodat de toekomstige vraag gematcht kan worden met het toekomstige aanbod. Heeft u interesse in de welke smart tools organisaties uit andere sectoren inzetten, lees dan hoofdstuk 6. Heeft u interesse in een verdieping op het gebied van sensoren, lees dan hoofdstuk 5.

Hoofdstuk 2
Situering en definities

2. Situering en definities

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste definities uit het onderzoek aan de orde gesteld. Eerst wordt een definitie van smart tools gegeven (2.1). Daarna komen de belangrijkste onderdelen van een smart tool aan bod (2.2-2.4). Ten slotte worden de verschillende ruimtetypen onderscheiden (2.5).

2.1. Definitie Smart tools

Een goed startpunt om de vraag te beantwoorden wat een smart tool nou eigenlijk is, is het werk van Buckman, Mayfield, and Beck (2014), waarin zij, op basis van een literatuurstudie, in een aantal stappen proberen te beantwoorden wat een smart building is. De opkomst van smart buildings kan worden gezien als onderdeel van een langdurig proces van ontwikkeling waarin men probeert om steeds beter presterende gebouwen te creëren. Volgens Buckman et al. (2014) zijn er drie onderdelen waarop bepaald wordt of een gebouw beter presteert:

- Levensduur;
- Energie(verbruik) en efficiëntie;
- Comfort en tevredenheid.

Er zijn verschillende methoden om hieraan tegemoet te komen (Buckman et al., 2014, p. 94):

- Het verzamelen van informatie over gebouwbeheer en het acteren hierop;
- De interactie tussen de gebruikers en het gebouw;
- De fysieke vorm van het gebouw;
- Het verzamelen van informatie over ruimtegebruik en het acteren hierop om de prestaties van gebruikers te verbeteren.

	Tijd				
Categorie gebouw	Primitief	Simpel	Geautomatiseerd		Intelligent - Smart
Control flow	Geen controle	Handmatig	Lokale feedback	Gecontroleerde feedback	Interactief
Input voor comfort en efficiëntie	Geen	Controleerbare variabelen (bijv. temperatuur)	Thermostaat, Vochtmeter,..	GBS systeem	Integratie van systemen en data
Interactie met gebruiker	Geen controle	Volledige Controle, lage efficiency	Minder controle Hogere efficiency	Minder controle, Hogere efficiency	Meer controle, hogere efficiency
Materiaal en constructie	Basaal	Electra, Basis materiaal	Meer geavanceerde materialen, sensoren, displays	Geautomatiseerde Feedback loops	IP backbone waarmee systemen in gebouwen geïntegreerd worden. Aanpasbare gebouwstructuur
Interactie processen - gebruiker	Geen	Handmatige input	Gedefinieerde bezettingstijden	Bezettingsdata Per zone	Real-time integratie en Optimalisatie gebouwsystemen en gebruik

Figuur 2.1: Ontwikkeling van gebouwen (Buckman, Mayfield and Beck 2014) - vertaald

Hierin wordt al impliciet een onderscheid gemaakt tussen 'Intelligent Buildings' en 'Smart Buildings', zie ook figuur 2.1. De eerste groep methoden, het verzamelen van informatie over gebouwbeheer en het acteren hierop (de groene blokken in het figuur), kan volgens de auteurs gezien worden als de ontwikkeling in 'Intelligent Buildings,' waarnaar al sinds de jaren 80 onderzoek wordt gedaan. Een voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling is bijvoorbeeld de integratie van het gebouwbeheersysteem met het verlichtingssystemen. Een 'Smart Building' onderscheidt zich van een 'Intelligent Building' door ontwikkelingen in de andere drie typen methoden (de blauwe, oranje en paarse blokken in het figuur). Deze methoden worden naast elkaar ontwikkeld in een Smart Building (Buckman et al., 2014, p. 96). De definitie die Buckman et al. (2014, pp. 98-99) voor smart buildings hanteren, is: gebouwen die de hiervoor genoemde methoden integreren met als doel adaptief vermogen te creëren in plaats van reactief te zijn ten aanzien van de drie onderdelen van gebouwprestatie. De toegenomen hoeveelheid informatie die hierdoor beschikbaar komt zorgt ervoor dat deze adaptiviteit mogelijk is.

In dit onderzoek richten we op de toepassingen die er zijn om gebouwen 'smart buildings' te maken. Buckman et al. geven enkele voorbeelden van toepassingen in smart buildings: zie tabel 1.

Methode	Voorbeeld(en)
Bediening van installaties	• Beinvloeden van comfort door gebruikers, die voordat ze van huis weggaan aangeven welke temperatuur zij willen in het gebouw. • Het gebruik van gegevens over het klimaat in verschillende ruimten en het wijzen van gebruikers naar de ruimten die hun voorkeur hebben.
Optimaliseren gebouw op functie	• Het gebruik van een boekingssysteem om in een specifieke zone van een gebouw activiteiten te boeken, waardoor andere gebouwdelen afgesloten kunnen worden. • In een flexibele kantooromgeving werkplekken of –ruimten aanbevelen aan gebruikers op basis van hun voorkeur m.b.t. klimaat of voorzieningen op die werkplek.
Materiaal en constructie	• De aanpasbaarheid van de gebouwstructuur op geanticipeerde klimaatverandering, • Een aanpasbare gebouwstructuur waarmee gebouwdelen kunnen worden afgesloten bij lage bezettingsgraden

Tabel 2.1: Methoden in slimme gebouwen en voorbeelden van toepassingen: op basis van Buckman et al. (2014)

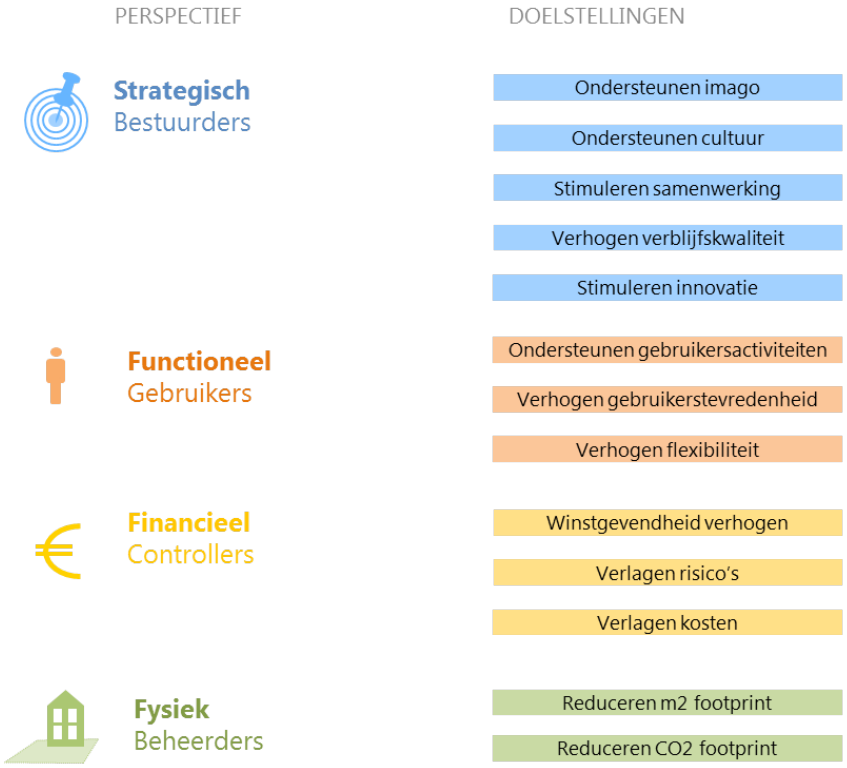
De voorbeelden in tabel 1 hebben allemaal een gemene deler, namelijk:
 Er wordt eerst iets gemeten over het gebouw of iets aan de gebruiker gevraagd: bijvoorbeeld voorkeur voor klimaat of de bezettingsgraad van een gebouw(deel);
 Deze gegevens worden vervolgens gebruikt om een doel te bereiken, bijvoorbeeld het verhogen van comfort of het slimmer inzetten van de gebouwenportefeuille.

Deze twee stappen zijn terug te vinden in de definitie die wij hanteren voor smart tools, namelijk:
Een smart tool is een dienst of product waarmee (real-time) informatie verzameld wordt om enerzijds ruimtegebruik op de huidige campus te verbeteren, en anderzijds de besluitvorming over de toekomstige campus.

In het vervolg wordt een smart tool in drie onderdelen beschreven:
1. Waarom deze tool? – doelstellingen - de redenen waarom de smart tool wordt ingezet
2. Wat meet deze tool? – informatie ruimtegebruik – het type data dat wordt verzameld
3. Hoe meet deze tool? – meetmethoden - de manier waarop of sensor waarmee wordt gemeten

2.2. Doelstellingen

Om vast te stellen op welke manier de smart tools van toegevoegde waarde kunnen zijn voor de organisatie, heeft het onderzoeksteam de doelstellingen voor campusmanagement gehanteerd, uit eerder onderzoek van Den Heijer (2011), gerubriceerd naar de belangrijkste stakeholders binnen universiteiten en hun perspectieven op de campus (figuur 2.2): bestuurders (strategisch), gebruikers (functioneel), controllers (financieel) en beheerders (fysiek). Voorbeelden van doelstellingen zijn het verhogen van de gebruikerstevredenheid, het verhogen van de flexibiliteit en het reduceren van de m2 footprint.



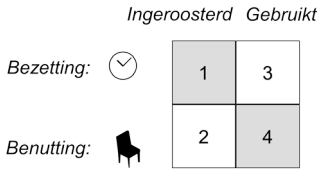
Figuur 2.2 Doelstellingen "campusmanagement" (bewerkt van Den Heijer 2011), in dit onderzoek gebruikt om het "waarom" van smart tools te rubriceren

2.3. Informatie ruimtegebruik

Om voorgenoemde doelstellingen te kunnen bereiken wordt er met de smart tool data verzameld over ruimtegebruik. Wanneer ruimtegebruik real-time wordt gemeten, kan de data op verschillende detailniveaus of zogenaamde "resoluties" worden verzameld (figuur 2.3).

Deze resoluties zijn:
- Er kan bepaald worden of er iemand in de ruimte aanwezig is (bezetting)
- Hoeveel mensen er aanwezig zijn (benutting)
- Wie er aanwezig zijn (identiteit)
- Wat ze doen (activiteit). Onder activiteit kan beweging of gedrag verstaan worden.

Figuur 2.3: Resoluties van ruimtegebruik (bewerkt van Christensen et al. 2014), in dit onderzoek gebruikt om te rubriceren "wat" de smart tool meet



Figuur 2.4: schema met 4 typen ruimtegebruik-informatie: bezetting (gebruik in de tijd) en benutting (capaciteitsgebruik),zoals ingeroosterd of zoals daadwer kelijk gebruikt

In de praktijk wordt bij het meten van ruimtegebruik wordt doorgaans onderscheid gemaakt in bezetting en benutting: bezetting geeft het gebruik van een ruimte aan in relatie tot de beschikbare tijdsduur (bijvoorbeeld de openingstijden van het gebouw), terwijl benutting het gebruik van een ruimte aangeeft in relatie tot de beschikbare capaciteit (aantal stoelen of werkplekken). Daarnaast kan er bij onderwijszalen en vergaderzalen onderscheid worden gemaakt tussen het ruimtegebruik volgens het rooster- of boekingssysteem en het ruimtegebruik in werkelijkheid. Voor de smart tools zijn dus vier typen ruimtegebruik-informatie gehanteerd:

(1) bezetting zoals ingeroosterd
(2) benutting zoals ingeroosterd
(3) bezetting zoals daadwerkelijk gebruikt en
(4) benutting zoals daadwerkelijk gebruikt.

Dit is weergegeven in een vierkwadrantenschema in figuur 2.4. Bij bezettingsmetingen is het van belang om te weten welke tijdsduur als maximum wordt gehanteerd – de openingstijden van het gebouw of bijvoorbeeld alleen de onderwijsuren. Bij benuttingsmetingen is het belangrijk te weten hoeveel personen er maximaal in een ruimte kunnen studeren of werken – te meten via het aantal stoelen of werkplekken.

2.4. Sensoren / meetmethoden

Bij de toepassing van smart tools worden sensoren of andere meetmethoden gebruikt om informatie te verzamelen over het ruimtegebruik. In verleden werd ruimtegebruik vaak handmatig gemeten door middel van tellingen. Voor het real-time meten van gegevens over ruimtegebruik is het nodig om gebruikers in een gebouw te lokaliseren. Hiermee bevinden we ons in het domein van indoor positionering.

Er zijn verschillende methoden om gebruikers te lokaliseren: Mautz (2012, p. 107) concludeert uit een literatuurstudie naar de verschillende methoden dat praktisch elke sensor hiervoor kan worden ingezet, en dat er een enorme diversiteit aan methoden is. Dit is ook gebleken in de loop van het onderzoek. In figuur 2.2. is een overzicht gemaakt van de gevonden sensoren. In het eerste deel van het onderzoek, de literatuurstudie, is een selectie van de sensoren gemaakt op basis van het rapport van Mautz (2012). Uit de inventarisatie bij de Nederlandse universiteiten en in de markt blijken echter ook een aantal andere sensoren te worden gebruikt: namelijk CO2 metingen en ingelogde PC's. UWB is daarentegen niet genoemd als sensor in de praktijk.

De sensoren worden meer uitgebreid aan de orde gesteld in hoofdstuk 6. Daarin wordt onder meer ingegaan op de verschillende toepassingsmogelijkheden van de sensoren.

Figuur 2.5: overzicht sensoren (zie hoofdstuk 5 voor toepassingen)

Onderwijszaal

Practicumzaal

Projectruimte

Studielandschap

Kantoorruimte

Vergaderzaal

2.5. Ruimtetypen

In het onderzoek naar smart tools komen verschillende ruimtetypen aan bod. De gebouwen van universiteiten kenmerken zich door een veelvoud van ruimtetypen, en de aanwezigheid van meerdere ruimtetypen in hetzelfde gebouw. Ieder ruimtetype kent zijn eigen ontwikkeling: in welke mate wordt de ruimte gedeeld en wat de ambities daarin zijn, welke stakeholders gebruik maken van de ruimte en voor welke doeleinden de ruimte wordt gebruikt. De nadruk van het onderzoek ligt op de onderwijs- en studieruimten van de universiteiten, maar er komen ook een aantal andere ruimtetypen aan bod. De ruimtetypen staan hieronder toegelicht.

Onderwijszalen

Met onderwijszalen worden de onderwijsruimten bedoeld die worden ingezet voor algemeen gebruik: het gaat hier over zowel zalen voor hoorcolleges als zalen voor werkcolleges. Algemene onderwijszalen worden gekenmerkt doordat het gebruik van de ruimte via een roosterproces wordt georganiseerd. Voor aanvang van het collegejaar wordt bepaald welke onderwijsactiviteiten er plaats moeten vinden gedurende de onderwijsperiodes, en elke activiteit wordt aan een of meerdere zalen toegewezen.

Practicumzalen

Met practicumzalen worden de onderwijsruimten bedoeld die worden ingezet voor specifiek gebruik. Het kan hier gaan over zalen met vaste computers (met specifieke software), zalen met laboratoriumopstellingen of zelfs tekenzalen.

Projectruimten

Met projectruimten worden overlegruimten bedoeld die bestemd zijn voor samenwerking tussen studenten. Met name in het projectonderwijs is er een behoefte aan ruimten waarin studenten als groep kunnen samenwerken en studeren. Dit wordt op twee manieren georganiseerd: er zijn ruimten (of delen van ruimten) die gedurende een hele onderwijsperiode worden gereserveerd voor één projectgroep, of er zijn ruimten die door projectgroepen zelf gereserveerd kunnen worden.

Studielandschap

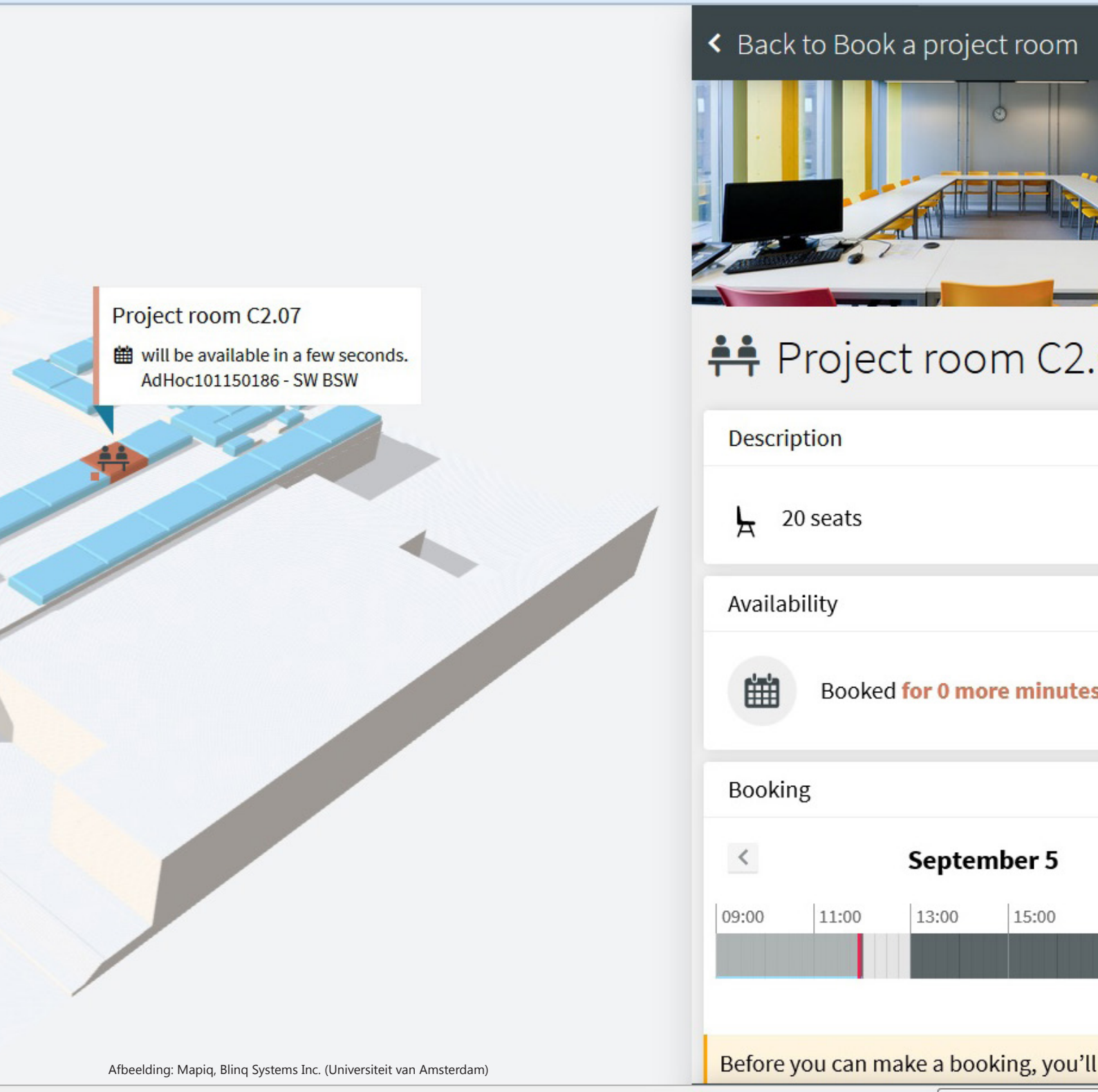
Met studielandschap worden ruimten bedoeld die zijn ingericht voor studenten om te studeren. Deze ruimten bestaan meestal uit een verzameling werkplekken, al dan niet met een vaste computer of ingericht voor laptopgebruik.

Kantoorruimten

Met kantoorruimten worden ruimten bedoeld waarin medewerkers van de universiteit hun werk doen. Dit kunnen verschillende concepten zijn, van cellenkantoren tot open kantoortuinen.

Vergaderzalen

Met vergaderzalen worden zalen bedoeld die worden ingezet voor overleggen tussen medewerkers. Deze zalen worden geboekt via verschillende systemen.



Afbeelding: Mapiq, Blinq Systems Inc. (Universiteit van Amsterdam)

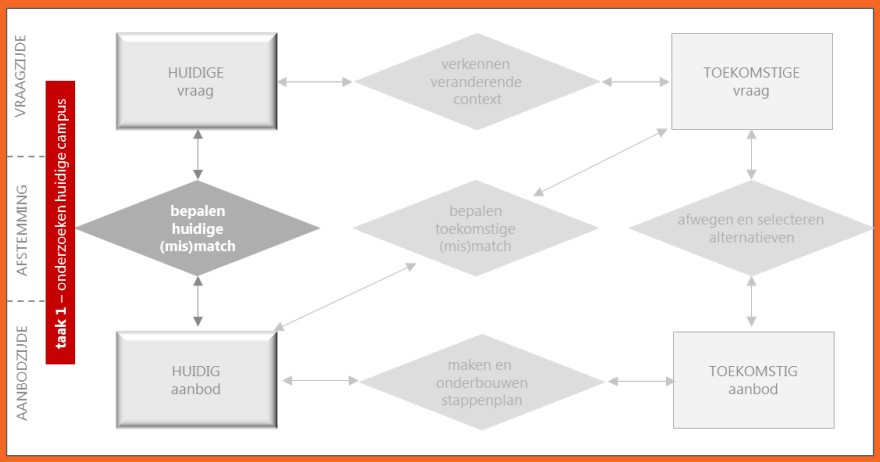
A. Inventarisatie Nederlandse Universiteiten

Hoofdstuk 3
Onderzoeken van de huidige campus

Dit hoofdstuk richt zich op de eerste stap vAan campus management: het inventariseren van het huidige aanbod aan smart tools en de huidige vraag vanuit de universiteiten. In dit hoofdstuk wordt een antwoord gezocht op de volgende vragen:

- Welke (smart) tools gebruiken de universiteiten nu?
- In hoeverre voldoen deze smart tools aan de huidige vraag van de universiteiten?

Om deze vragen te beantwoorden, is er een enquête afgenomen en zijn er interviews geweest bij de universiteiten. De vragenlijst en interviewprotocollen zijn opgenomen in de bijlage. In de vragenlijst is een uitvraag gedaan met als doel het verkrijgen gegevens over de in gebruik zijnde smart tools, als startpunt voor de interviews. In de interviews is ingegaan op de eigenschappen van de huidige smart tools.



3. Onderzoeken van de huidige campus

3.1. Ontwikkeling van de Nederlandse universiteitscampus

De huidige stand van de smart tools bij de Nederlandse universiteiten kan beter begrepen worden in zijn context. In het Campus NL onderzoek is er onderzoek gedaan naar de ontwikkeling die de universiteiten de afgelopen jaren hebben gemaakt, qua organisatie en qua vastgoed.

In dit onderzoek is er onder meer gekeken naar de ontwikkeling van de universiteiten in oppervlakte, studentenaantallen en medewerkersaantallen. Daaruit blijkt dat tussen 2006 en 2015 het totale oppervlakte van de campussen (in m^2 BVO) met 2,6% is gedaald, terwijl het aantal studenten met 27% is gestegen en het aantal medewerkers met 3,4%. Dat betekent dat in tien jaar tijd de campussen zijn verdicht van 16,7 m^2 BVO per gebruiker naar 13,2 m^2 BVO per gebruiker. Daar komt bovenop dat de inkomsten vanuit de overheid geen gelijke tred houden met de groei aan studenten. De universiteiten hebben dus niet alleen te maken gehad met een opgave om te verdichten, maar ook om dat met minder (financiële) middelen te doen dan voorheen.

Naast de verandering in de hoeveelheid gebruikers op de campus is er ook een verandering waarneembaar in de manier waarop zij de campus gebruiken – met name onder studenten. In de afgelopen jaren is de studiedruk gestegen: de BSA-normen zijn verscherpt en de student moet middels het leenstelsel zelf de studie financieren. Dat leidt ertoe dat studenten meer dan voorheen naar de campus komen om te studeren. Dit is ook in lijn met de wens van de universiteiten, die inzetten op meer projectonderwijs en de verhoogde aanwezigheid van de student op de campus als een meerwaarde zien.

Ook onder de academische staf hebben er verschuivingen plaats gevonden. In aantallen is het aantal FTE (N.B. zowel academisch als ondersteunend) lang niet zo sterk gestegen als de studentenaantallen. Meer studenten per FTE academische staf betekent een hogere werkdruk. Daarnaast wordt wetenschappelijk onderzoek steeds minder individueel en steeds meer multidisciplinair qua karakter. Onderzoek wordt steeds vaker gefinancierd via tweede en derde geldstroom en onderzoekers moeten daardoor ook meer tijd besteden aan het schrijven van onderzoeksvoorstellen. Academici zijn minder op hun eigen werkplek aanwezig, en er zijn meer externe gebruikers of deeltijdgebruikers op de campus.

In zowel het campus NL onderzoek als het smart tools onderzoek komen een aantal oplossingen naar voren die door de universiteiten gebruikt worden in het kader van deze opgaven – zowel in vastgoed als organisatorisch.

Onderwijszalen – het delen van zalen tussen faculteiten

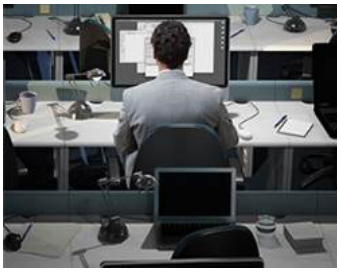
In de onderwijsruimten heeft de groei van studenten geleid tot een verhoogde druk op de (grote) onderwijszalen en een sterke roep om het bijbouwen van meer onderwijszalen. Voorheen werd een onderwijszaal net als de andere ruimtetypen op de campus (intern) verhuurd aan een faculteit, en over het algemeen ook alleen door die faculteit gebruikt. Om ervoor te zorgen dat de bestaande zalen zo goed als mogelijk worden ingezet, hebben de universiteiten de zalen toegevoegd aan een gemeenschappelijke zalenpoule: hiermee kunnen de faculteiten gebruik maken van de zalen in elkaars gebouwen en kan er op campusniveau een betere match gevonden worden tussen de groepsgroottes van colleges en de capaciteit van de onderwijszalen. Dit compliceert echter wel het roosterproces.

Studieruimte – studeren kan overal, maar waar?

In de studieruimte heeft de groei van de studenten en het intensiever gebruik van de campus door de studenten geleid tot een enorme vraag naar studieruimte. Universiteiten komen tegemoet aan die wens door het maken van nieuwe studieruimten, maar ook door andere ruimten geschikt te maken als studieruimte: gangzones, kantines en met name universiteitsbibliotheken. Dat leidt weer tot andere vragen vanuit de student – welke ruimte is allemaal te gebruiken als studieplek en waar en wanneer kan die ruimte gevonden worden?

Kantooromgeving – verandering, maar langzaam

In de kantooromgeving leidt de verandering in werkwijze vooralsnog nog niet tot zoveel verandering als bij onderwijszalen en studieplekken. Hoewel de verandering in werkwijze lijkt te vragen om kantoorconcepten die wat meer uitgaan van het delen van werkplekken of op zijn minst meer open zijn, geven universiteiten aan dat academici een heel sterke voorkeur voor eigen werkplekken en kantoren hebben. Bij renovatie- en nieuwbouwprojecten leidt dit vraagstuk tot discussie: hoe moet de nieuwe kantooromgeving genormeerd worden, moet er naast de academische staf voorzien worden in werkplekken voor externen of zelfs voor afstudeerders, en hoe om te gaan met mogelijke groei van de afdeling?



3.2. Het meten van ruimtegebruik op de huidige campus

In het onderzoek naar smart tools wordt er gekeken naar tools waarmee informatie over (real-time) ruimtegebruik wordt verzameld – zowel voor het verbeteren van het huidige ruimtegebruik als besluitvorming over de toekomstige campus. De informatie over ruimtegebruik wordt nu door veel universiteiten verzameld via handmatige metingen. Om zo volledig mogelijk te zijn in de inventarisatie het ruimtegebruik, zijn deze bezettingsmetingen ook in het onderzoek meegenomen.

In de vragenlijst zijn er een aantal vragen gesteld over de bezettingsmetingen. De meeste universiteiten hebben er echter de voorkeur aan gegeven om dit in het interview te bespreken. Het benchmarken van gegevens over bezetting- en benutting is namelijk een zeer lastige aangelegenheid, om de volgende redenen:

- De terminologie en gehanteerde definities zijn niet altijd eenduidig;
- Niet elke universiteit meet zowel bezetting (in uren) als benutting (in stoelen);
- Niet elke universiteit meet zowel de geroosterde als de daadwerkelijke situatie en vergelijkt deze met elkaar;
- Het moment waarop de meting plaatsvindt is van zeer groot belang, omdat de benutting (in stoelen) in onderwijsruimten grote pieken en dalen kent;
- De gemeten ruimtetypen/zaaltypen kunnen zeer verschillende profielen hebben qua ruimtegebruik. Een portefeuille met alleen amphizalen zal hele andere bezettings- en benuttingspercentages hebben dan een portefeuille met alleen kleine instructiezalen.

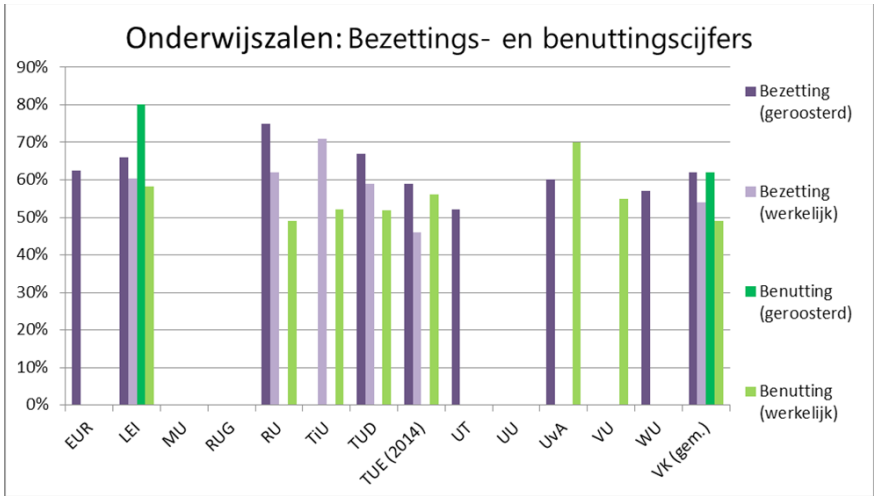
Dit blijkt ook uit de jaarlijkse facilitaire benchmark van de universiteiten zelf. In de afgelopen twee versies van de benchmark is te zien dat niet alle universiteiten opgenomen zijn in het onderdeel van de benchmark over de bezetting- en benuttingsgraden van onderwijszalen, en dat de universiteiten die dat wel zijn, niet altijd gegevens voor zowel de bezetting en de benutting aanleveren.

Onderwijszalen: rapporteren noodzakelijk

Uit de vragenlijst en de interviews blijkt dat alle universiteiten rapporteren over de bezetting (in uren) van hun onderwijszalen, en een aantal universiteiten daarnaast ook rapporteert op de benutting (in stoelen) van onderwijszalen. De universiteiten geven aan dat het rapporteren op de bezetting en/of benutting van onderwijszalen noodzakelijk is om goed onderbouwde beslissingen te nemen over de benodigde hoeveelheid onderwijszalen en het type onderwijszalen. De behoefte om op deze informatie is toegenomen door te besluiten om generieke onderwijszalen tussen faculteiten te gaan delen: daardoor is de centrale sturing op de aantallen en typen zalen sterker geworden. Vanwege de complexiteit van het roosterproces en om op korte termijn wijzigingen in het rooster te kunnen verwerken, hanteren veel universiteiten streefwaarden voor een maximale bezetting van de onderwijszalen: gemiddeld moet de portefeuille aan zalen 70-75 procent van de tijd ingeroosterd en bezet zijn. Bij een lagere bezetting wordt de portefeuille inefficiënt gebruikt, bij een hogere bezetting is het onderwijs niet goed in te roosteren.

Het maximum van 70-75 procent ingeroosterde bezetting betekent niet dat er op zaalniveau geen hogere bezettingen kunnen worden gehaald – in de praktijk kunnen er zalen tussen de 90 en 100 procent ingeroosterd zijn, en anderen tussen de 40 en 50 procent. Het hanteren van een maximale bezetting geeft daarmee automatisch een vorm van flexibiliteit op portefeuilleniveau.

De benodigde portefeuille aan zalen is afhankelijk van de studentenaantallen, de beschikbaarheid van docenten en de gekozen werkvormen in het curriculum. De match die daardoor gemaakt wordt in het rooster, verschilt iedere periode. De afgelopen jaren zijn de meeste universiteiten in studentenaantallen aanzienlijk gegroeid. Een gevolg daarvan kan geweest zijn dat een instructiecollege dat voorheen in een kleine onderwijszaal plaatsvond, nu in een hoorcollegezaal moet worden gegeven of in meerdere groepen moet worden gesplitst. Deze afweging, waar een faculteit of universiteit mee te maken heeft, kan daardoor een grote uitwerking hebben. Het splitsen van het instructiecollege naar drie werkcolleges betekent een stijging in ruimtevraag en in personeelslasten, terwijl het geven van een instructiecollege in een hoorcollegezaal afbreuk doet aan de kleinschalige onderwijsvormen die een universiteit heeft.



Figuur 3.1: Bezetting (in uren) en benutting (in stoelen) van onderwijszalen per universiteit – ingeroosterd en werkelijk gebruikt. Vergelijking met meting uit Verenigd Koninkrijk.
N.B. de data van de UvA en VU in deze grafiek is afkomstig uit de benchmark Nederlandse universiteiten 2015.

Naast de bezetting wordt er ook in veel gevallen de benutting gemeten en gerapporteerd. Door op benutting te rapporteren, kunnen er conclusies worden getrokken over de match tussen zaalgrootte en groepsgrootte – dit kan het beste gedaan worden door niet alleen de werkelijke benutting te meten, maar ook wat er in het rooster voorspeld is. Dat wordt in een enkel geval gedaan. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.1.

Uit de resultaten blijkt dat de Nederlandse universiteiten het over het algemeen goed doen in vergelijking met de meting die destijds in het Verenigd Koninkrijk is gedaan. De ingeroosterde bezetting ligt bij de meeste universiteiten tussen de 60 en 70 procent – dat is relatief hoog, maar er kan nog enige winst behaald worden ten opzichte van een streefwaarde van 75 procent. Het verschil tussen de daadwerkelijke bezetting en de ingeroosterde bezetting is – waar zichtbaar – ongeveer 10 procentpunten. Dit verschil is net zo groot, zo niet groter dan het verschil tussen de ingeroosterde bezetting en de streefwaarde.

De daadwerkelijke benutting wordt door veel universiteiten gemeten en ligt in alle gevallen rond de 50 procent of hoger. Bij LEI, waar de ingeroosterde benutting zichtbaar is, is te zien hoeveel de ingeroosterde en daadwerkelijke benutting van elkaar af kunnen wijken. De behaalde ingeroosterde benutting van 80 procent is overigens heel hoog, in vergelijking met de resultaten uit het Verenigd Koninkrijk en de streefwaarde van 75 procent volgens de Space Management Group (SMG, 2006).

Andere ruimtetypen – weinig data beschikbaar

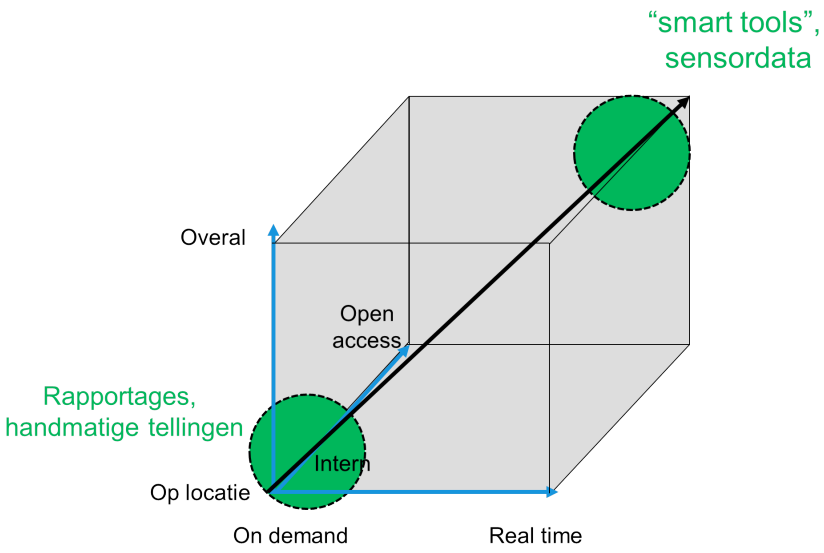
In tegenstelling tot de onderwijszalen is er voor andere ruimtetypen doorgaans weinig data beschikbaar. De verantwoordelijkheid om goed te blijven sturen op het ruimtegebruik ligt in veel grotere mate bij de faculteiten dan bij onderwijsruimten het geval is. Voor kantoorruimte worden bijvoorbeeld wel bezettingsmetingen gedaan, maar vooral in de initiatief- en definitiefase van een project om mede te bepalen hoeveel werkplekken er nodig zijn in de nieuwe situatie.

3.3. Overzicht smart tools on campus

In de vragenlijst is aan elke universiteit gevraagd welke smart tools zij gebruiken en met welk doel zij deze smart tool hebben ingezet. Het doel van deze vragenlijst was om een overzicht te krijgen van het huidige aanbod aan smart tools. In de interviews zijn zelfs meer smart tools naar voren gekomen dan in de vragenlijst.

Hier zijn een aantal verklaringen voor:
- De gehanteerde definitie voor smart tools in de vragenlijst is door de ene universiteit strikt gehanteerd, en door de andere niet;
- Een aantal universiteiten heeft ervoor gekozen om de smart tools pas in het interview aan de orde te stellen, vanwege het onderscheid in reeds bestaande implementaties en lopende pilots/onderzoeken.
- Sommige smart tools waren niet bekend bij het facilitair bedrijf – het gaat hier met name om tools m.b.t. beschikbaarheid van vaste PC's;

Om een zo volledig mogelijk beeld te kunnen geven van de smart tools bij de universiteiten, is om die reden gewerkt met het onderstaande figuur in de interviews. Hiermee wordt niet alleen gekeken naar de huidige smart tools, maar ook de functionaliteiten en tools waar mogelijk in de toekomst smart tools voor gewenst zijn. In de inventarisatie zijn allerlei gradaties aan huidige en gewenste tools naar voren gekomen.



Figuur 3.2: Het in de interviews gebruikte kader voor de ontwikkeling van smart tools

Uit de inventarisatie zijn 26 (smart) tools naar voren gekomen die op dit moment geïmplementeerd zijn, ofwel zich in de pilot-/uitrolfase bevinden na een aanbestedingstraject. Deze zijn hieronder benoemd met een korte beschrijving en geordend per ruimtetype.

Onderwijszalen – bezettingsmetingen

Voor de onderwijszalen worden bezettingsmetingen en daaraan gerelateerde tools ingezet om periodiek te rapporteren over het ruimtegebruik van deze voorzieningen. Er zijn verschillen waarneembaar in de frequentie waarop wordt gemeten en wat er precies wordt gemeten. LEI zet de cijfers uit de benuttingsmeting naast elke boeking in het systeem, en heeft zelf een rapportagetool gemaakt waarin elke gewenste uitdraai gemaakt kan worden. TUE meet de bezetting en benutting van elke zaal niet door mensen langs de zalen te sturen, maar door deze in de backoffice te tellen via camera’s die in de zaal zijn geplaatst.

Daarnaast is de WU recent gestart met de uitrol van Lone Rooftop voor de onderwijsgebouwen van de universiteit. In Lone Rooftop wordt op basis van Wi-Fi het gebruik van een heel gebouw in kaart gebracht. Daarmee kan o.a. van elke onderwijszaal real-time bepaald worden wat de bezetting en benutting is; door dat naast het ingeroosterde vak te leggen en het verwachte aantal studenten, kan er inzichtelijk worden gemaakt welke vakken structureel no-shows en een lage benutting hebben. Daarnaast heeft de WU een tool waarmee het gebruik van vaste PC’s in PC zalen wordt gemonitord, zodat de roosteraars de vraag naar en het aanbod aan PC zalen optimaal kunnen blijven matchen.

(allen) Handmatige tellingen voor het meten van bezetting en benutting
Een handmatige meting waarin wordt gemeten per zaal wat de bezetting (in uren) en/of de benutting (in stoelen) is, altijd in vergelijking tot het rooster.

1. LEI ZRS – Cube
Een rapportagetool waarin de informatie van alle zaalreserveringen staat, aangevuld met data van handmatige tellingen per zaalreservering.
2. TUE Bezettingsmeting o.b.v. camera’s

Een bezettingsrapportage waarbij de meting plaatsvindt via camera's die in de zaal hangen, waarbij op basis van camerabeelden de bezetting en benutting worden bepaald.

3. WU Lone Rooftop – Pie

Een website waarop vastgoedmanagers / beheerders kunnen zien waar in het gebouw er drukte is (heatmap) en waarmee inzicht wordt gegeven in het gebruik van (grote) onderwijszalen, o.b.v. Wi-Fi metingen.

4. WU Beschikbare PC's in PC zalen

Een tool waarmee roosteraars kunnen zien hoeveel vaste PC's er gedurende onderwijs in PC zalen worden gebruikt.

Studieruimte – beschikbare plekken vinden, overlegruimten boeken, studeren in andere ruimten

Voor de studieruimten worden de meeste tools ingezet, met name om de gebruiker te ondersteunen met het vinden van een beschikbare werkplek en het boeken van ruimten om te overleggen. Deze tools zijn bijna uitsluitend voor de gehele campus ingezet. Daarnaast zijn een aantal universiteiten die recent zijn begonnen met het openstellen van kleine onderwijszalen voor zelfstudie, en middels verschillende tools aan de student communiceren wanneer deze ruimten beschikbaar zijn.

Beschikbaarheid van werkplekken met een PC

5. LEI Vrije PC's

Een website waarop studenten kunnen zien in welke gebouwen van de universiteit er studieplekken zijn, waar in de gebouwen die studieplekken zijn en welke studieplekken met vaste PC's er op dat moment beschikbaar zijn.

6. RU Studentwerkplekken

Een website waarop real-time per ruimte te zien is hoeveel vaste PC's er door studenten worden gebruikt.

7. RUG Beschikbaarheid voor studenten

Een website waarop inzicht wordt gegeven in de drukte van de universiteitsbibliotheek, zodat studenten kunnen inschatten of er studieplekken beschikbaar zijn. De drukte wordt o.b.v. camerabeelden bepaald.

8. RUG Available PC in UB

Een website waarop studenten kunnen zien in welke vaste PC's beschikbaar zijn voor zelfstudie in de universiteitsbibliotheek.

9. TiU PC Availability

Een website waarop studenten kunnen zien in welke gebouwen van de universiteit er vaste PC's beschikbaar zijn voor zelfstudie.

10. TUD Workplace availability service (WAS)

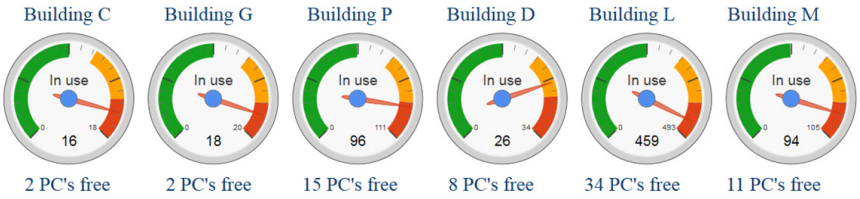
Een website waarop real-time per ruimte te zien is hoeveel vaste PC's er door studenten worden gebruikt.

11. UU Studyspot

Een website waarop studenten kunnen zien in welke gebouwen van de universiteit er studieplekken zijn, waar in de gebouwen die studieplekken zijn en welke studieplekken met vaste PC's er beschikbaar zijn.

12. WU Available PC App

Een app waarop studenten kunnen zien welke vaste PC's er beschikbaar zijn voor zelfstudie - op werkplek-, ruimte- en gebouwniveau.



Figuur 3.3: PC Availability, Tilburg University

Zelfboekingssystemen voor projectruimten

13. RU Planon

Een app/website, aangevuld met kioskschermen bij de ingangen van gebouwen. Studenten kunnen hierop projectruimten boeken, en zien welke ruimten beschikbaar zijn.

14. TiU,RU Web Room Booking

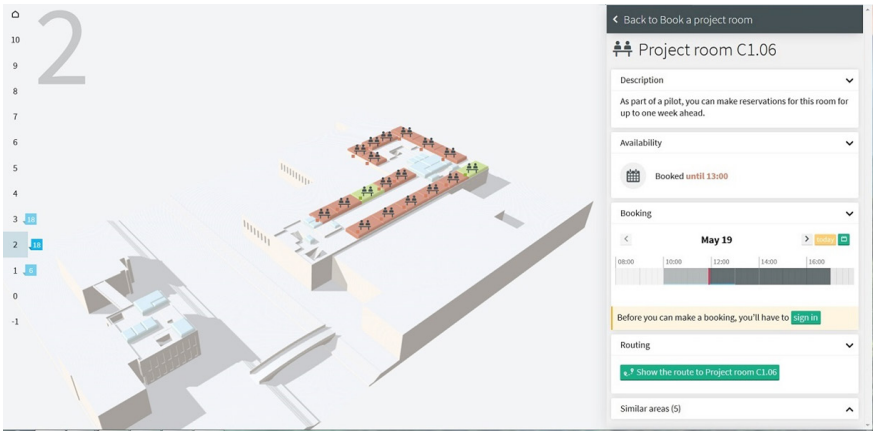
Een website waarop studenten projectruimten (kleine overlegruimten) kunnen boeken om voor een project samen te werken. Aanvragen via WRB worden door het facilitair bedrijf in behandeling genomen.

15. UM, HvA, WU, UT Web Room Booking

Een website waarop studenten projectruimten (kleine overlegruimten) kunnen boeken om voor een project samen te werken.

16. TUD Mapiq

Een app/website waarop studenten projectruimten kunnen boeken en van de Library kunnen zien waar welke voorzieningen in het gebouw zitten.



Figuur 3.4: Toepassing van Mapiq bij de Universiteit van Amsterdam, Roeterseilandcampus

Tools waarin (o.m.) kleine onderwijszalen beschikbaar worden gesteld voor zelfstudie

17. UvA Mapiq

Een app/website waarop studenten projectruimten en beschikbare onderwijszalen kunnen boeken en kunnen zien waar welke voorzieningen in het gebouw zitten.

18. VU Studyspot

Een website waarop studenten kunnen zien welke onderwijszalen er beschikbaar zijn voor zelfstudie, op basis van het rooster. (N.B. dit is een andere Study Spot dan bij de UU in gebruik is)

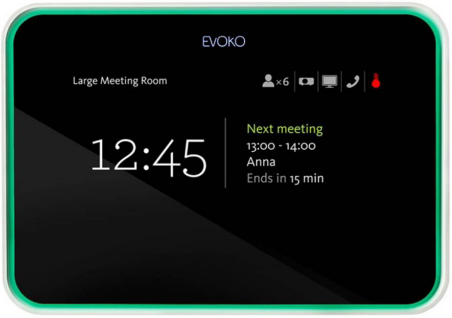
19. TUE Book My Space – Planon

Een app/website, aangevuld met kioskschermen bij de ingangen van gebouwen. Studenten en medewerkers kunnen hierop kleine onderwijszalen, projectruimten en vergaderzalen boeken, en momenteel ook individuele studieplekken.

Kantoorruimte – reserveren vergaderzalen en/of kantoorwerplekken

In de kantoorruimte zijn er enkele experimenten gaande met diverse tools – voornamelijk voor inzicht in de beschikbaarheid van vergaderzalen en het boeken ervan, en in een enkel geval ook eenzelfde functionaliteit voor kantoorwerkplekken. Alle drie deze tools worden slechts in een enkel gebouw of zelfs gebouwdeel toegepast. In het geval van de UU is de tool toegepast omdat de faculteit die in het gebouw is gehuisvest, krapper is gehuisvest dan de huisvestingsnorm die de universiteit hanteert – de tool moet om die reden helpen met het ondersteunen van de gebruikers. In het geval van de UT is de betreffende tool ingezet om ervaring op te doen met het gebruik ervan in een nieuwbouwproject.

20. TUE Evoko
Een softwareprogramma waarmee medewerkers vergaderzalen kunnen reserveren; aangevuld met schermen bij de ingang van de vergaderzalen en gekoppeld aan Outlook.
21. UU Mapiq
Een app/website waarop medewerkers kunnen zien welke kantoorwerkplekken en vergaderzalen er vrij zijn, en waarop deze gereserveerd kunnen worden.
22. UT Smart Signs
Een softwareprogramma waarmee medewerkers vergaderzalen kunnen reserveren; aangevuld met schermen bij de ingang van de vergaderzalen en gekoppeld aan Outlook.



Figuur 3.5: Interactieve beeldschermen, naast vergaderzalen (Evoko)

Overige tools

Ten slotte zijn er nog een aantal andere bestaande tools aan bod gekomen in de interviews. Twee van deze tools zijn koppelingen tussen het gebouwbeheersysteem en andere systemen om een besparing op energie te realiseren in onderwijszalen. De derde tool is het toevoegen van de eigen plattegronden in Google Maps om gebruikers te helpen bij de navigatie op de campus. De vierde tool is een systeem waarmee de beschikbaarheid van parkeerplekken inzichtelijk wordt gemaakt bij de ingang van het parkeerveld, door op elke parkeerplek te meten of er wel of niet een auto staat. Dit systeem is op enkele parkeervelden op de campus geïmplementeerd.

23. RUG Koppeling GBS – Syllabus – Traka
Een softwareprogramma waarmee het roosterprogramma van de universiteit en het sleuteluitgiftesysteem worden gekoppeld aan het gebouwbeheersysteem, zodat voor en na een roosteractiviteit de verlichting, verwarming en ventilatie worden aangepast.
24. UT Facility Scheduler
Een softwareprogramma waarmee het roosterprogramma van de universiteit wordt gekoppeld aan het gebouwbeheersysteem, zodat voor en na een roosteractiviteit de verlichting, verwarming en ventilatie anders worden ingesteld.
25. UT Google Indoor Maps
Een toevoeging aan Google Maps (website) waarbij de functies van ruimten in de gebouwen zichtbaar is gemaakt.

26. UT Nedap – parkeersysteem
Een systeem waarbij op basis van sensoren wordt bepaald hoeveel parkeerplekken er in gebruik zijn. Deze informatie wordt bij de toegang van het parkeerveld weergegeven.

3.4. Onderdelen huidige smart tools

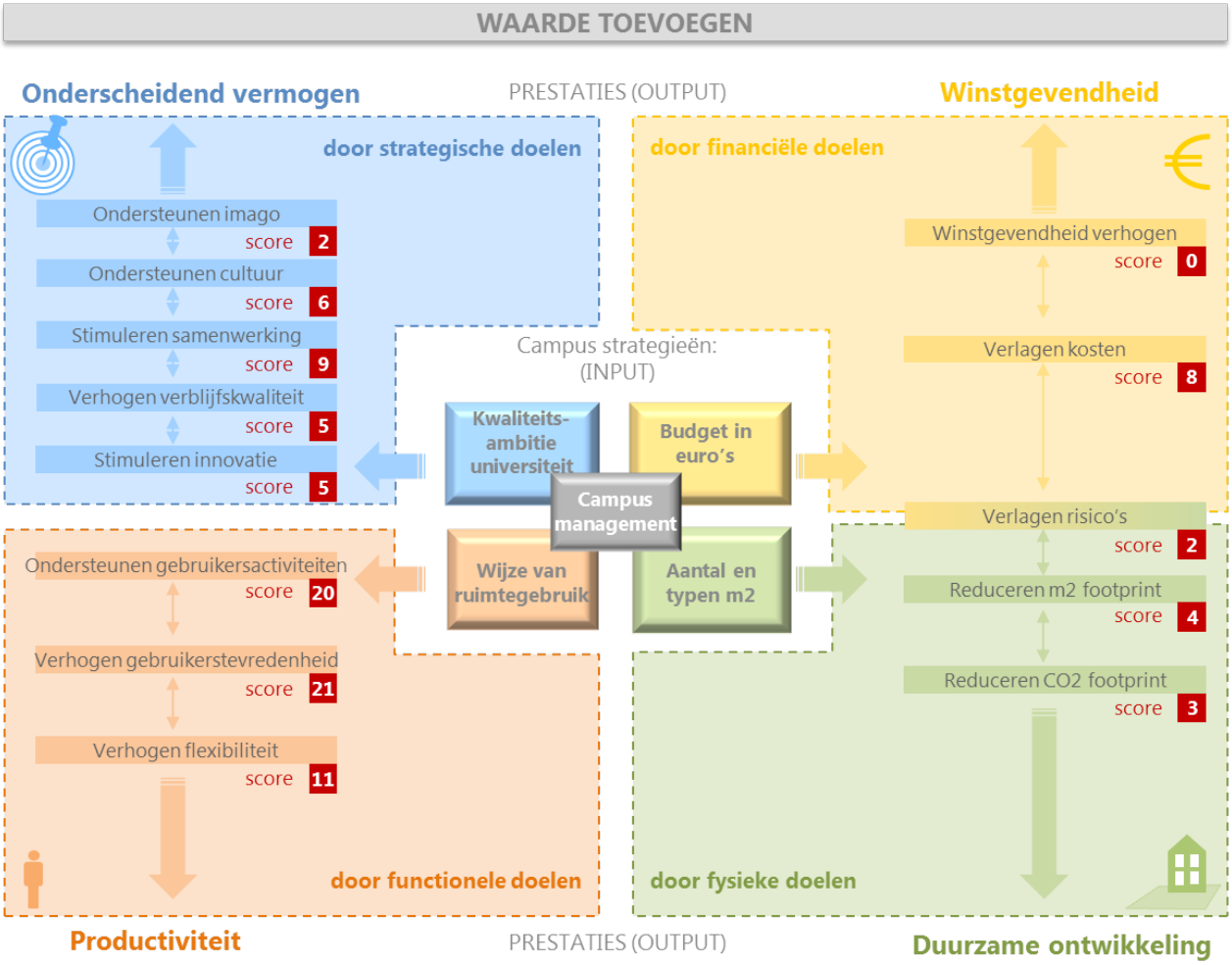
In de vorige paragraaf zijn alle huidige smart tools kort aan de orde gesteld. Hieruit blijkt dat de bijna alle universiteiten een of meerdere tools gebruiken. In hoofdstuk 2 is gesteld dat een smart tool uit drie onderdelen bestaat: in de vragenlijst is per smart tool gevraagd aan welke doelstellingen deze bijdraagt, wat er wordt gemeten en welke sensor(en) er worden gebruikt. Voor de tools die in de vragenlijst niet aan bod zijn gekomen, is eveneens de informatie ingevuld op basis van de interviews.

In de campus strategieën van de universiteiten zijn verschillende elementen aanwezig die richting geven aan de keuze voor smart tools. Op basis van de strategie wordt een balans gevonden tussen de kwaliteitsambitie van de universiteit, de wijze waarop de ruimte op de campus gebruikt wordt door studenten en medewerkers, het beschikbare budget voor huisvesting en het aantal en type m2 op de campus. Elk van deze variabelen kan aanleiding zijn tot de keuze voor een smart tool – enkele voorbeelden zijn:

• De keuze van de TU Eindhoven om meer ruimte te gaan delen op de campus – dit betreft onderwijszalen, vergaderzalen en studieruimten. Deze verandering in de wijze waarop ruimte op de campus wordt gebruikt, is mede ingegeven door de noodzakelijke reductie in m2 en huisvestingslasten en de hogere prioriteit voor de kwaliteitsambitie van laboratoria in vergelijking met andere ruimtetypen. Deze strategische keuze vormt de aanleiding voor het gebruik van Planon;
• De keuze van de Universiteit Twente om een tool als Facility Scheduler te implementeren – een van de speerpunten van de organisatie is duurzaamheid, waardoor er doorlopend gezocht wordt naar manieren om duurzamer om te gaan met de bestaande middelen. De tool Facility Scheduler draagt bij aan de reductie van CO2, maar ook aan het ondersteunen van de cultuur van duurzaamheid op de UT.
• De shift die bij veel universiteiten reeds heeft plaatsgevonden in de wijze waarop universiteitsbibliotheken worden gebruikt: doordat de UB's steeds meer als studieplek werden gebruikt, zijn een aantal universiteitsbibliotheken diensten gaan aanbieden waarmee studieplekken met vrije PC's gevonden konden worden, of overlegruimtes geboekt konden worden.

Doelstellingen

Uit onderstaand figuur blijkt dat de huidige tools voor verschillende doelstellingen worden ingezet. Er zijn voornamelijk tools naar voren gekomen waarmee de gebruiker wordt ondersteund. De meeste tools worden ingezet om waarde toe te voegen voor de gebruikers: van de 26 tools zijn er 21 die gebruikerstevredenheid verhogen, 20 die gebruikersactiviteiten ondersteunen en 11 die de flexibiliteit verhogen. De strategische doelen worden daarna het vaakst genoemd – er zijn twee tools die het imago ondersteunen, zes die de cultuur ondersteunen, negen die samenwerking ondersteunen, vijf die de verblijfskwaliteit verhogen en vijf die innovatie stimuleren. De doelstellingen vanuit het financiële en fysieke perspectief worden minder vaak genoemd – in het financiële perspectief is te zien dat van de 26 tools er acht worden ingezet om de kosten te verlagen en twee om risico's te verlagen. Het reduceren van de m2 footprint wordt vier keer genoemd en het reduceren van de CO2 footprint drie keer. Een aantal tools van deze tools is pas kort geleden geïmplementeerd, waardoor het nog niet duidelijk is of de gewenste doelen ook daadwerkelijk zullen worden behaald.

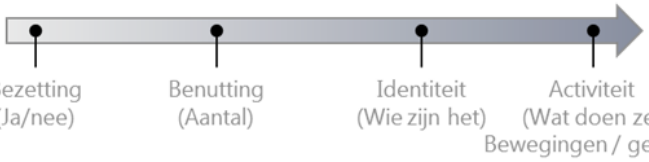


Figuur 3.6: Overzicht huidige smart tools en doelstellingen

Informatie ruimtegebruik

In figuur 3.7 is een overzicht gegeven van de informatie die de verschillende tools verzamelen m.b.t. ruimtegebruik. Met de huidige tools wordt uitsluitend informatie verzameld op de resolutie van bezetting (in uren) en benutting (in stoelen). Het verzamelen van gegevens over identiteit en activiteit komt in de huidige situatie niet voor. In veel gevallen wordt dit ook niet wenselijk geacht, omdat met het meten op de resolutie van identiteit vraagstukken omtrent privacy kunnen ontstaan.

In dit overzicht is tevens onderscheid gemaakt tussen bezetting en benutting op basis van het rooster en op basis van het daadwerkelijk gebruik. Bij het daadwerkelijk gebruik is in veel gevallen het symbool (x) ingevuld. Dit geeft aan dat het daadwerkelijk gebruik niet wordt gemeten, maar dat bij deze tools de boekingsgegevens als betrouwbare indicatie van het daadwerkelijke gebruik worden gezien. Dit is het geval bij zelfboekingstools: bij zelfboekingstools worden de boekingen vaak kort van tevoren in het systeem ingevoerd. Hoe korter de tijd tussen het moment waarop de boeking wordt gemaakt en de boeking zelf, hoe beter het boekingssysteem de werkelijkheid weergeeft.



		Bezetting		Benutting		Identiteit	Activiteit	
		Ingeroosterd	Gebruikt	Ingeroosterd	Gebruikt		Beweging	Gedrag
Onderwijszalen: bezettingsmetingen								
LEI	ZRS - Cube	x	x	x	x			
TUE	Bezettingsmeting obv camera's	x	x		x			
WUR	Lone Rooftop - PIE	x	x	x	x			
WUR	Beschikbare PC's in PC zalen			x	x			
Studieruimte: beschikbare PC plekken								
LEI	Vrije PC's				x			
RU	Studentwerkplekken				x			
RUG	Beschikbaarheid voor studenten				x			
RUG	Available PC in UB				x			
TiU	PC Availability				x			
TUD	Workplace Availability Service				x			
UU	Study Spot				x			
WUR	Available PC App				x			
Studieruimte: zelfboekingssystemen								
RU	Planon	x	(x)					
TiU, RU	Web Room Booking	x	(x)					
UM, HvA, WUR	Web Room Booking	x	(x)					
UT	Web Room Booking	x	(x)					
TUD	Mapiq	x	(x)					
Studieruimte: faciliteren zelfstudie in onderwijszalen/vergaderzalen								
UvA	Mapiq	x	(x)					
VU	Studyspot	x	(x)		x			
TUE	Book My Space - Planon	x	(x)					
Kantoorruimte: beschikbaarheid vergaderzalen / zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen								
TUE	Evoko	x	(x)					
UU	Mapiq	x	x	x	x			
UT	Smart Signs	x	(x)					
Overige tools								
RUG	Koppeling GBS - Syllabus - Traka	x	x					
UT	Facility Scheduler	x						
UT	Google Indoor Maps							
UT	Nedap - parkeersysteem		x		x			

Figuur 3.7: Overzicht huidige smart tools en informatie ruimtegebruik

Sensoren / meetmethoden

Op de volgende pagina is in een figuur weergegeven welke sensoren en meetmethoden er worden toegepast in de verschillende tools. De in het figuur gebruikte iconen zijn in hoofdstuk 2 geïntroduceerd. Hieruit blijkt dat de universiteiten het meest gebruik maken van gegevens op basis van boekingen en ingelogde PC's om data over het werkelijke gebruik van ruimten te verzamelen. In enkele gevallen worden er andere sensoren gebruikt:

		Bezetting		Benutting	
		Ingeroosterd	Gebruikt	Ingeroosterd	Gebruikt
Onderwijszalen: bezettingsmetingen					
LEI	ZRS - Cube	onderwijs-rooster	handmatig	onderwijs-rooster	handmatig
TUE	Bezettingsmeting obv camera's		+ handmatig		+ handmatig
WUR	Lone Rooftop - PIE			onderwijs-rooster	
WUR	Beschikbare PC's in PC zalen			onderwijs-rooster	
Studieruimte: beschikbare PC plekken					
LEI	Vrije PC's				
RU	Studentwerkplekken				
RUG	Beschikbaarheid voor studenten				
RUG	Available PC in UB				
TiU	PC Availability				
TUD	Workplace Availability Service				
UU	Study Spot				
WUR	Available PC App				
Studieruimte: zelfboekingssystemen					
RU	Planon	boekingen	boekingen		
TiU, RU	Web Room Booking				
UM, HvA, WUR	Web Room Booking				
UT	Web Room Booking				
TUD	Mapiq				
Studieruimte: faciliteren zelfstudie in onderwijszalen/vergaderzalen					
UvA	Mapiq	onderwijs-rooster & boekingen	boekingen		
VU	Studyspot				
TUE	Book My Space - Planon				
Kantoorruimte: beschikbaarheid vergaderzalen / zelfboekingssysteem kantoor, vz					
TUE	Evoko	boekingen	boekingen		
UU	Mapiq	boekingen	boekingen + IR	boekingen	boekingen + IR
UT	Smart Signs	boekingen	boekingen		
Overige tools					
RUG	Koppeling GBS - Syllabus - Traka	onderwijs-rooster	sleuteluitgifte		
UT	Facility Scheduler	onderwijs-rooster			
UT	Google Indoor Maps				
UT	Nedap - parkeersysteem		IR		IR

Figuur 3.8: Overzicht huidige smart tools en sensoren / meetmethoden

• Lone Rooftop (WU) maakt gebruik van Wi-Fi als sensor;
• Bij de TU Eindhoven wordt via camera's handmatig de bezetting en benutting van ruimten bepaald;
• Beschikbaarheid voor studenten (RUG) maakt gebruik van camera's als sensor.
• Mapiq (UU) maakt gebruik van infraroodsensoren op elke werkplek;
• Nedap (UT) maakt gebruik van infraroodsensoren op elke parkeerplek.

3.5. Inzichten huidige smart tools

Bezettingsmetingen onderwijszalen

Over het algemeen zijn de universiteiten tevreden met de manier waarop bezettingsmetingen worden ingezet en welke resultaten ermee worden bereikt. De universiteiten variëren binnen bestaande metingen (zie ook: hoofdstuk 3.2) in de frequentie waarop gemeten wordt (halfjaarlijks, jaarlijks of op aanvraag), wat er gemeten wordt: alleen bezetting (in uren) of ook benutting (in stoelen) en door wie er gemeten wordt: intern of extern, met gebouwbeheerders, studenten, enz. Met deze variabelen is het mogelijk om de kosten en baten van de bezettingsmeting te configureren.
Een aantal universiteiten geeft aan interesse te hebben in andere manieren van meten dan handmatig, en om naast de onderwijszalen ook van kantoren vaker inzicht te krijgen in het ruimtegebruik.

Zelfboekingssystemen en PC beschikbaarheid, studieruimten en kantoorruimten

De universiteiten zijn tevreden met het gebruik van de huidige zelfboekingssystemen. Er zijn geen aanvullende vragen geformuleerd m.b.t. de functionaliteiten in deze systemen – hoogstens het eveneens opnemen van vergaderzalen in deze zelfboekingssystemen. De kosten voor deze systemen zijn doorgaans laag, terwijl de baten een verhoogd serviceniveau zijn richting de student.

Voor de tools waarin de PC beschikbaarheid wordt weergegeven, is het beeld diffuus: dit zijn doorgaans geen tools waar het facilitair bedrijf in enige vorm bij betrokken is. De kosten-batenafwegingen zijn om die reden ook minder bekend. Er zijn voorbeelden waarbij deze tools zijn voortgekomen uit vraagstukken omtrent de doorbelasting van studieplekken op basis van het gebruik door studenten van faculteiten. Er wordt over het algemeen erkend dat de tools voorzien in de behoefte voor de student, maar ook dat het aantal vaste PC's op de campus afneemt, waardoor de tool naar mate de tijd vordert steeds minder informatie levert.

Koppeling van systemen t.b.v. duurzaamheid, overige tools

Over de koppelingen tussen systemen zijn de twee universiteiten die hier gebruik van maken, tevreden. De kosten zijn over het algemeen laag – zowel bij eigen ontwikkeling van de software als wanneer dit door een externe partij wordt gedaan. De baten worden geformuleerd als terugverdientijd, verkregen door besparingen op energielasten, of als het behalen van doelstellingen m.b.t. energiereductie.
Tools voor het faciliteren van zelfstudie in onderwijszalen – Planon (TU/e), Mapiq (UvA), Studyspot (VU)

De universiteiten die recent zijn begonnen met de uitrol van deze tools, geven aan tevreden of zelfs zeer tevreden te zijn met de resultaten tot dusver. Er wordt echter ook aangegeven dat de toepassing nog niet is uitontwikkeld, waarmee wordt bedoeld dat er nog andere functionaliteiten aan kunnen worden toegevoegd of dat hier al mee wordt getest. De kosten voor deze tools zijn relatief hoog in vergelijking met de andere tools die in dit hoofdstuk worden genoemd, alhoewel het jaarlijks meten van bezetting en benutting via handmatige tellingen eveneens zeer kostbaar kan zijn. De kosten zijn echter relatief laag in vergelijking met de te behalen baten – bij een van de tools

wordt gesteld dat de baten liggen in het beter gebruik van de bestaande ruimte en het daardoor niet hoeven te investeren in nieuwbouwprojecten in de komende jaren.

3.6 Conclusie

In dit hoofdstuk is er een antwoord gezocht op twee onderzoeksvragen.

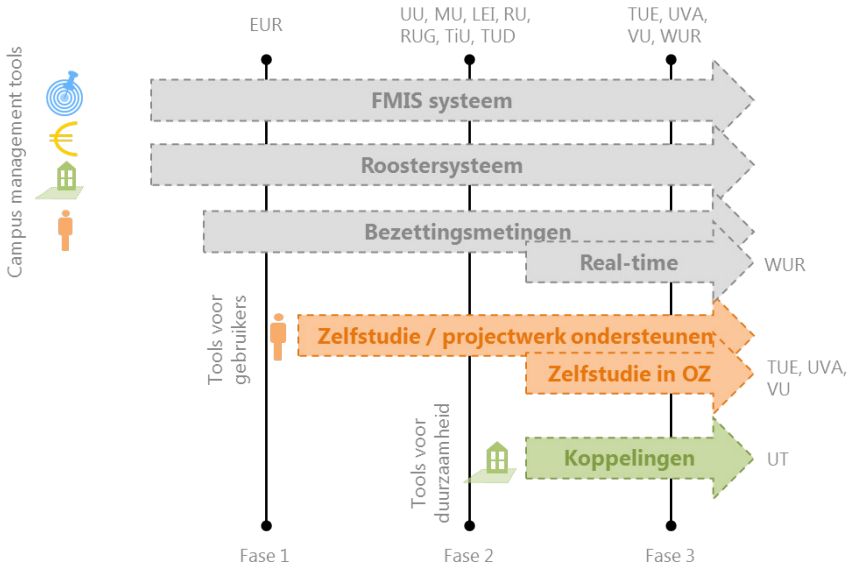
Welke smart tools gebruiken de universiteiten nu?

Er is een totaal van 26 verschillende tools geïnventariseerd.
Doelstellingen: Het faciliteren van de student – in zelfstudie en samenwerking met medestudenten is de grootste driver geweest voor de implementatie van huidige tools. Deze ondersteunen voornamelijk functionele doelen (52 keer) en strategische doelen (27 keer), en zijn dus vooral gericht op het effectiever gebruiken van de ruimte op de campus. In vele gevallen is het reduceren van m2 of van kosten niet een doelstelling bij de bestaande tools.

Informatie ruimtegebruik: In alle smart tools waarin informatie over ruimtegebruik wordt verzameld, gebeurt dit op de resolutie van bezetting en/of benutting. Er wordt geen informatie op het niveau van identiteit of activiteit verzameld. De werkelijke bezetting wordt in een groot aantal tools vastgesteld op basis van een boekingssysteem waarin het mogelijk is om op korte termijn boekingen te maken. . Hoe korter de tijd tussen het moment waarop de boeking wordt gemaakt en de boeking zelf, hoe beter het boekingssysteem de werkelijkheid weergeeft.

Sensoren: de vaakst gebruikte bronnen om informatie over het werkelijke ruimtegebruik te weergeven, zijn zelfboekingssystemen en ingelogde PC's. Daarnaast komen in enkele gevallen andere sensoren voor om real-time bezetting en/of benutting te bepalen: Wi-Fi, camera's en infraroodsensoren.

De ontwikkeling in tools kan als volgt worden weergegeven:



Figuur 3.9: Overzicht ontwikkeling smart tools

Input voor dashboard smart tools

In hoofdstuk 2 zijn als onderdelen van een smart tool onderscheiden: de gebruikte sensor(en), het detailniveau waarop bezetting wordt gemeten en de doelstellingen die met de smart tool worden bereikt. In de loop van de inventarisatie is gebleken dat de relatie tussen deze onderdelen eenduidiger wordt door de smart tools per functionaliteit te ordenen, zoals in figuur 3.10. In dit figuur zijn tevens de onderscheiden functionaliteiten te zien.

In hoeverre voldoen deze smart tools aan de vraag van de universiteiten?

In onderstaand overzicht is weergegeven wat de match is tussen de huidige vraag van universiteiten en het huidige aanbod. Met een "H" is weergegeven welke tools er momenteel bij de universiteiten zijn geïmplementeerd. Met een "G" is weergegeven in welke tools de universiteiten hebben aangegeven interesse te hebben. De volgende functionaliteiten zijn nu nog niet aanwezig bij andere universiteiten:

- (Real-time) bezettings- en benuttingsmetingen in kantoren
- Inzicht in gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte
- Het weergeven van vluchtroutes bij noodsituaties
- Zelfboekingssystemen waarbij boekingen worden gemaakt o.b.v. de zaalvoorzieningen
- Zelfboekingssystemen waarbij vergaderzalen van de universiteit door derden kunnen worden geboekt.

In de interviews hebben de universiteiten grotendeels aangegeven tevreden te zijn met de verschillende smart tools die zij gebruiken. Dit wordt ondersteund door het overzicht in figuur 3.10 – daaruit kan worden afgeleid dat er veel meer huidige dan gewenste tools zijn. De gewenste tools zijn meer dan de huidige tools gericht op efficiëntie: de helft van de gewenste tools zijn bezettingsmetingen. Bezettingsmetingen zijn meer gericht op het behalen van financiële en fysieke doelen (zie hfd. 3.5).

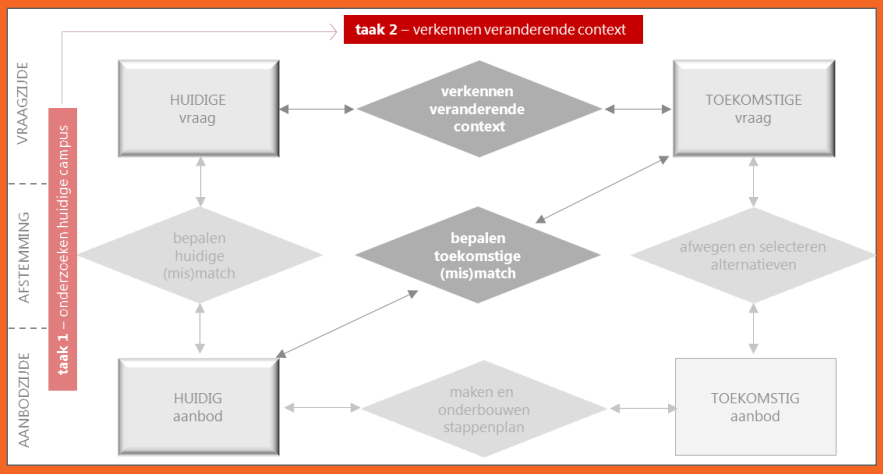
Tools – huidige en gewenste functionaliteit	Huidig	Gewenst
1 Tools voor campus management		
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	13	0
→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	1	3
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren		1
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte		3
2 Tools voor studenten		
Beschikbare PC werkplekken	9	
Beschikbare studieplekken zonder PC	1	
Zelfboekingssysteem projectruimten	6	
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	3	
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen		1
3 Tools voor medewerkers		
Beschikbaarheid vergaderzalen	2	
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen	1	
4 Tools voor studenten en medewerkers		
Indoor navigatie	2	
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties		1
5 Tools voor het verduurzamen van de campus		
Koppeling roostersysteem - GBS	2	
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten		
Boeken van vergaderzalen door derden		2

Figuur 3.10: Overzicht functionaliteiten, universiteiten en tools. Met "Huidig" is aangegeven per functionaliteit hoeveel universiteiten tools hebben geïmplementeerd. Met "Gewenst" is aangegeven per functionaliteit hoeveel universiteiten hebben aangegeven interesse in tools te hebben.

Hoofdstuk 4
Verkennen van de veranderende vraag

Dit hoofdstuk richt zich op de tweede stap van campus management: het verkennen van de veranderende vraag vanuit de universiteiten en van daaruit de impact op het aanbod. De interviews bij de universiteiten vormen de voornaamste bron voor dit hoofdstuk. In dit hoofdstuk wordt een antwoord gezocht op de volgende vraag:

• Aan welke prestaties moet een smart tool voldoen in de toekomst?
• Wat zijn de lopende projecten met smart tools en welke lessen kunnen daaruit worden getrokken?



4. Verkennen van de veranderende vraag

4.1. Trends en campusontwikkeling

In het campus NL onderzoek is een reeks aan trends geïdentificeerd die invloed hebben op de universiteiten en hun huisvesting:

1. Globalisering en internationalisering
De verwachting is dat de universitaire gemeenschap voor een steeds groter gedeelte zal bestaan uit internationals – dit leidt tot meer inkomsten voor de universiteit, maar ook tot hogere kwaliteitseisen van de gebruikers.

2. Diversiteit en demografie
Op de universiteit zijn verschillende generaties aan gebruikers aanwezig, die elk andere eisen stellen aan de universiteit als organisatie en de voorzieningen die zij biedt. Het vertrek van de ene generatie en de komst van de andere generatie heeft een effect op de vraag naar voorzieningen.

3. Steeds sneller veranderende context
De dynamiek in de maatschappij en de vraagstukken die daaruit voortkomen vragen vaker een multidisciplinaire aanpak. De organisatiestructuur van de universiteiten schuift met mogelijk meer autonomie voor de faculteiten en verschuivende belangen voor ondersteunende diensten.

4. Samenwerking
De samenwerking tussen universiteiten en universiteiten / kennisinstellingen / bedrijven neemt toe, zowel in onderwijs als in onderzoek.

5. Veranderende werk- en leeromgeving
Met name de ICT-ontwikkelingen hebben geleid tot nieuwe manieren van werken in het verleden – in de universiteiten worden deze nieuwe manieren van werken nu verkend, hoewel dat spanningen oplevert met de onderzoekers op de campus.

6. Steeds snellere digitalisering
De digitalisering leidt tot een steeds betere verbinding met de rest van de wereld, en kennisdeling via die weg. In elke opleiding is meer aandacht voor ICT. Op de campus wordt ICT steeds meer gebruikt, hetgeen hogere eisen stelt aan de ICT infrastructuur.

7. Verschuiving in financiering
De financiering van de universiteiten vanuit het rijk staat onder druk, waardoor universiteiten hun inkomsten op andere manieren moeten verhogen en hun bestaande ruimten en middelen beter moeten gebruiken.

8. Nieuw onderwijs en onderzoek
Er vinden veranderingen plaats in de wijze waarop onderwijs wordt aangeboden: denk aan brede bachelors, online onderwijsvormen (MOOC's en SPOC's), kleinschalig onderwijs via University Colleges en ondernemerschapsonderwijs.

De vraag is of en hoe deze trends een impact zullen hebben op de universiteiten en hoe zij daarop inspelen in hun campusstrategieën. Tijdens de interviews in zowel het campus NL onderzoek als dit onderzoek is er daarom gevraagd naar de zogenaamde campusmodellen.

Figuur 4.1: Campusmodellen (Campus NL onderzoek)

Strategie: flexibiliseren, maar niet overal

Universiteiten zijn eensgezind over hun campus strategieën: er worden twee of drie onderdelen het vaakst genoemd. De gekozen strategie is een combinatie van model A en model B, en evt. model C. Er wordt gevarieerd in gedeelde en individuele voorzieningen, verschillend per ruimtetype en binnen de ruimtetypes. Laboratoria zullen bijvoorbeeld doorgaans worden ingezet door een specifieke doelgroep voor een specifiek doeleinde, alhoewel er ook een gering aantal voorbeelden van shared labs bestaan. Vergaderzalen zijn juist een voorbeeld van een ruimtetype dat voor een steeds groter deel gedeeld worden – tussen faculteiten en zelfs met derden – en voor meerdere doeleinden worden ingezet, zoals vergaderingen, onderwijs en zelfs zelfstudie. Flexibilisering is een belangrijk thema, maar niet overal op de campus.

Strategie: student op de campus

Ten tweede wordt er aangegeven dat de student een heel belangrijke driver is voor de campusstrategie en het vraagstuk smart tools. Universiteiten willen graag dat de student aanwezig is op de campus. Dat wordt zowel vanuit de student als vanuit de organisatie beredeneerd: voor de student is de campus dé plek om medestudenten te ontmoeten. Vanuit de organisatie zijn het behoud van contacturen, het geven van projectonderwijs en de aanwezigheid op de campus voorwaarden voor de ontwikkeling van de student. Ook wordt genoemd dat nieuwe lichtingen studenten hogere of andere eisen stellen aan de bestaande voorzieningen – zowel vastgoed als smart tools – en dat dat een reden kan zijn om bepaalde keuzes te maken.

Strategie: veiligheid en balans publiek-privaat?

Een derde onderdeel in de strategieën is niet expliciet aan de orde geweest in de interviews, maar is door de gebeurtenissen het afgelopen jaar wel in opkomst. Vanwege de aanvallen in Parijs, Brussel en Nice dit jaar op prominente plekken in de publieke ruimte en diverse verijdelde aanslagen doemt de vraag op hoe veilig universiteiten zijn. Niet alleen zijn universiteiten voor een groot deel openbaar toegankelijk, ze zijn ook een symbool voor de waarden van de Westerse democratieën en daarmee een potentieel

doelwit. Om de veiligheid op de universiteit te waarborgen kan het zo zijn dat de balans tussen publieke en private ruimte op de campus verschuift, of dat de vraag toeneemt naar diensten waarmee gebruikers en campus managers beter op calamiteiten kunnen reageren.

4.2. Veranderende vraag naar smart tools

In de vorige paragraaf zijn een aantal trends benoemd en de wijze waarop de universiteiten daarop inspelen in hun campusstrategieën. In dit hoofdstuk wordt gekeken naar hoe dit de vraag naar smart tools kan beïnvloeden.

Blijvende druk op het roosterproces

(o.b.v. trends 1, 2, 7 en 8, strategie student op de campus)

Op de huidige campus is het inrichten van een efficiënt en effectief roosterproces al een taak die veel aandacht krijgt. Het maken van een optimaal rooster is een zoektocht om zalen toe te wijzen aan activiteiten, gegeven de volgende beperkingen:

- Grootte van studentengroepen
- Beschikbaarheid van docent
- Volgordelijkheid van colleges, projectwerk e.d. per vak
- Locatie van de zalen
- Tijdstip in de dag / week

In de huidige situatie geldt al dat door de jaarlijkse veranderingen in deze beperkingen, de gemaakte match in het rooster altijd anders is in het daaropvolgende jaar. Daar komt door de trends bij dat het aantal studenten verder groeit, of op zijn minst onvoorspelbaarder wordt (internationalisering); dat de manier waarop studenten studeren of het moment waarop ze studeren verandert (diversiteit); dat de ICT ontwikkelingen kunnen leiden tot een grotere differentiatie in het aanbod aan zalen (nieuw onderwijs en onderzoek); en dat allemaal terwijl de druk op de financiële middelen van de universiteit blijft bestaan (verschuiving in financiering). Deze trends zullen er op zijn minst toe leiden dat het vinden van goede oplossingen in het rooster net zo moeilijk is als nu, zeker als de strategie blijft om de student op de campus te houden.

Differentiatie in zaaltypen

(o.b.v. trends 6 en 8, strategie flexibilisering)

De ontwikkelingen op ICT gebied hebben geleid tot nieuwe manieren van onderwijs, maar ook tot meer gebruik van ICT in het bestaande onderwijs. Met name de AV/ ICT technologie in zalen maakt een enorme ontwikkeling door, wat leidt tot andere voorzieningen in amphizalen, instructiezalen en vergaderzalen. Daarnaast leidt ook de strategie van flexibilisering tot veranderingen in de zalen. Amphizalen blijven hetzelfde qua ontwerp maar zalen worden meer geschikt gemaakt voor laptopgebruik. Er vinden ook experimenten plaats met draaibare tafels en/of stoelen. Bij instructiezalen is er een grotere flexibilisering gaande: in oriëntatie van de zaal, flexibel meubilair en koppelbare zalen (schuifbare wanden).

Het ontstaan van differentiatie in kwaliteit binnen de bestaande zaaltypen betekent dat om een goede match te maken tussen de vraag naar deze voorzieningen en het aanbod, er wellicht ook geroosterd dient te worden op benodigde zaalvoorzieningen. Dit betekent een hogere complexiteit in het roosterproces. Misschien wordt het ook wel nodig om te monitoren hoe vaak de voorzieningen worden gebruikt of aangevraagd, om beter te kunnen afwegen hoeveel zalen van hoogwaardige kwaliteit er op de campus nodig zijn.

Toenemende eisen vanuit de gebruiker
(o.b.v. trend 1,2,5,6, strategie student op de campus)

Vanwege de toename van het aantal internationale studenten en de veranderingen in de aanwezige populatie op de campus is de verwachting dat de nieuwe lichtingen studenten veeleisender zullen zijn op het gebied van ICT voorziening. Dit is een reeds bestaande ontwikkeling –de universiteiten vernieuwen immers voortdurend in hun ICT voorzieningen om de gebruiker te ondersteunen- die zich verder door zal zetten. In de interviews wordt voornamelijk onderkend de vraag vanuit studenten leidt tot deze vernieuwing. Het is echter ook denkbaar dat eenzelfde verschuiving plaats zal vinden in de werkomgeving, vanwege de verschuivingen in generaties die ook daar plaatsvinden.

Toenemende veiligheidsmaatregelen
(o.b.v. trend 3, strategie veiligheid)

De veranderende maatschappelijke context en de eventuele strategie om de veiligheidsmaatregelen aan te scherpen op de campus kan meerdere effecten hebben. In de eerste plaats zal het leiden tot de vraag naar tools waarmee gebruikers en campus managers op calamiteiten kunnen reageren. Een verschuiving in de balans tussen publieke en private ruimte biedt de mogelijkheid om betere informatie te verkrijgen over het aantal bezoekers van een gebouw, wanneer deze bijvoorbeeld met pascontrole toegankelijk is. Daarentegen leidt het ook tot een verminderde vraag naar het delen van faciliteiten met derden.

Voorzieningen bieden aan derden op de campus
(o.b.v. trend 4)

Een toename van samenwerking tussen universiteiten en tussen universiteiten en derden betekent ook een toenemend gebruik van elkaars voorzieningen. Een mogelijkheid is om via smart tools het delen van ruimten tussen universiteiten of met derden te vergemakkelijken.

Een samenvatting van deze trends is in figuur 4.2 weergegeven.

4.3. Lopende ontwikkelingen

In de interviews zijn naast de huidige tools een aantal lopende ontwikkelingen voor de smart tools aan bod gekomen, waarmee de universiteiten (deels) inspelen op de veranderende vraag naar smart tools. Deze worden hieronder kort toegelicht.

Tools voor campusmanagement
Bij een aantal universiteiten wordt reeds geëxperimenteerd met sensoren om real-time inzicht in bezetting en/of benutting te verkrijgen. Sommigen willen alleen inzicht in de tijd dat een ruimte in gebruik is (bezetting) en sommigen ook in het aantal mensen dat gedurende die tijd in de ruimte is (benutting). Bij de UT werken onderzoekers aan dit vraagstuk. Bij de TUD wordt er een project gestart om diverse sensoren uit te proberen.

Tools voor studenten
In de huidige implementatie van Planon heeft TU Eindhoven een boekingssysteem getest voor individuele studieplekken. Uit deze test blijkt dat een boekingssysteem niet goed werkt voor studieplekken: omdat studenten zonder te reserveren gebruik maken van studieplekken, en omdat het 'handdoekje leggen' dan meer voorkomt. Daardoor wordt er nu onderzocht met welke methode de beschikbaarheid van studieplekken het beste in kaart kan worden gebracht.

Figuur 4.2: Verkennen van de veranderende vraag. Met "+" en "-" is aangegeven op welke punten een trend tot een grotere of kleinere vraag naar smart tools kan leiden.

Het gebruiken van onderwijszalen voor studieplekken is eveneens in opkomst. De EUR is een tool aan het ontwikkelen met dezelfde functionaliteit als Study Spot bij de VU. Daarnaast is de UvA aan het onderzoeken of zij inzicht kan geven in de beschikbaarheid van plekken in de onderwijszalen. De UvA, VU en TU/e hebben allen aangegeven te kijken naar manieren waarop hun bestaande tools verder doorontwikkeld kunnen worden. De wens is om de beschikbaarheid, die nu op basis van boekingen wordt weergegeven, aan te vullen met informatie over de werkelijke bezetting van de zaal.

Tools voor het verduurzamen van de campus

Een ontwikkeling die voor alle ruimtetypen speelt, op het schaalniveau van het gebouw, is de wens om verschillende systemen aan elkaar te koppelen en daarmee een stap verder in de automatisering van gebouwen te komen. Door de ontwikkeling 'Internet of Things' (IoT) worden steeds meer onderdelen van gebouwen uitgerust met een sensor, waardoor de data over de (delen van de) gebouwenportefeuille toeneemt en de mogelijkheden om tussen die data verbanden te leggen. De voorbeelden die in hoofdstuk 4.1 zijn gegeven voor de onderwijszalen, zijn daar een voorbeeld van.

Bij de UT wordt er gezocht naar een systeem waarmee het onderhoud van gebouwen kan worden gemonitord, op verschillende elementen. Daar is net een systeem voor geïmplementeerd van Creston: Creston Fusion. De UT is voortdurend op zoek naar een systeem waarin zoveel mogelijk data bronnen aan elkaar kunnen worden gekoppeld.

Ook wordt er een 'Low Bandwidth' (LoRa) netwerk aangelegd, waar sensoren op kunnen worden aangesloten en waarmee de koppeling van deze sensoren wordt vereenvoudigd. Daarnaast zijn ook de UvA/HvA en WU met dit vraagstuk bezig, met Johnson Controls en/of Lone Rooftop.

In onderstaand figuur is het schema uit hoofdstuk 3 aangepast, waarbij de ontwikkelingen met een "O" zijn toegevoegd per universiteiten. Zoals uit het figuur blijkt, is de match tussen vraag en aanbod volop in ontwikkeling met diverse gewenste tools ("G") en de ontwikkeling van diverse bestaande en nieuwe tools.

Tools – huidige en gewenste functionaliteit	Huidig	Gewenst	In ontwikkeling
1 Tools voor campus management			
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	13	0	
→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	1	3	3
→ **Nieuw:** meenemen zaalvoorzieningen in monitoring		1	
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren		3	
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte			
Nieuw: Real-time bezetting en benutting per gebouw			1
2 Tools voor studenten			
Beschikbare PC werkplekken	9		
Beschikbare studieplekken zonder PC	1		1
Zelfboekingssysteem projectruimten	6		
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	3		4
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen		1	
3 Tools voor medewerkers			
Beschikbaarheid vergaderzalen	2		
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen	1		
4 Tools voor studenten en medewerkers			
Indoor navigatie	2		
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties		1	
5 Tools voor het verduurzamen van de campus			
Koppeling roostersysteem - GBS	2		1
Internet of Things, verdere automatisering gebouwen			1
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten			
Boeken van vergaderzalen door derden		2	

Figuur 4.3: Overzicht functionaliteiten, universiteiten en tools. Het overzicht uit hoofdstuk 3 is aangevuld met "O": tools die in ontwikkeling zijn.

4.4. Overwegingen die spelen bij de toekomstige match

In de interviews zijn er door de universiteiten een aantal factoren aangedragen die meespelen in het maken van de keuze voor een smart tool. Opvallend is dat er voor sommige van deze factoren grote verschillen tussen de universiteiten zitten. Deze factoren zijn de volgende:

De aanbieder van de smart tool

Is dit een grote marktpartij, een start-up of zelfs een tool die intern wordt ontwikkeld? De ene universiteit geeft aan te kiezen voor een grote partij, om te garanderen dat de ondersteuning van de tool in de beheerfase goed is. Andere universiteiten geven de voorkeur aan start-ups of kleine partijen, vanwege hun voorsprong in de technologie of hun aanpasbaarheid aan de wensen van de klant. Ook het ontwikkelen van tools intern is voor een aantal universiteiten een optie of zelfs de voorkeur, vanwege kostenbesparing en het hebben van de kennis in huis.

Keuze voor sensoren

Veel universiteiten geven aan hierin te willen kiezen voor proven technology. Ook is er een voorkeur voor het gebruik van bestaande infrastructuur, al zijn er geen voorbeelden beschikbaar waarbij bijvoorbeeld de sensoren in verlichting al worden gebruikt. Momenteel zijn de meeste tools van de universiteiten nog op basis van boekingsgegevens. De universiteiten zijn terughoudend met het installeren van nieuwe infrastructuur, met de bijbehorende beheerslast. De meest kansrijke bestaande infrastructuur bij de universiteiten lijkt Wi-Fi, al zijn ook daar de meningen verdeeld: de UT vindt de precisie van Wi-Fi te laag, terwijl de VU, UvA en WU nu met Cisco of via Lone Rooftop op basis van Wi-Fi bezettingsgegevens gaan verzamelen.

Privacy

Bij de keuze voor het gebruik van smart tools, zowel voor gebruikers als voor campus management, zijn er zorgen over de privacy van verschillende oplossingen. Bij voorkeur wordt er gebruik gemaakt van sensoren of andere databronnen die anonimiteit garanderen. Zo zijn er ook zorgen over de privacy gevoeligheid van met name Wi-Fi.

Precisie van de verzamelde informatie

Het voorgaande punt hangt deels samen met de gewenste nauwkeurigheid van de informatie. Bijvoorbeeld de UT en MU geven aan vooral informatie te willen over de bezetting (in uren) van onderwijszalen en andere ruimten. De informatie over benutting (in stoelen) wordt niet door alle universiteiten noodzakelijk gevonden – hoewel dat verschilt per oplossing. De gewenste nauwkeurigheid is van grote invloed op de gekozen oplossing.

Kosten en baten

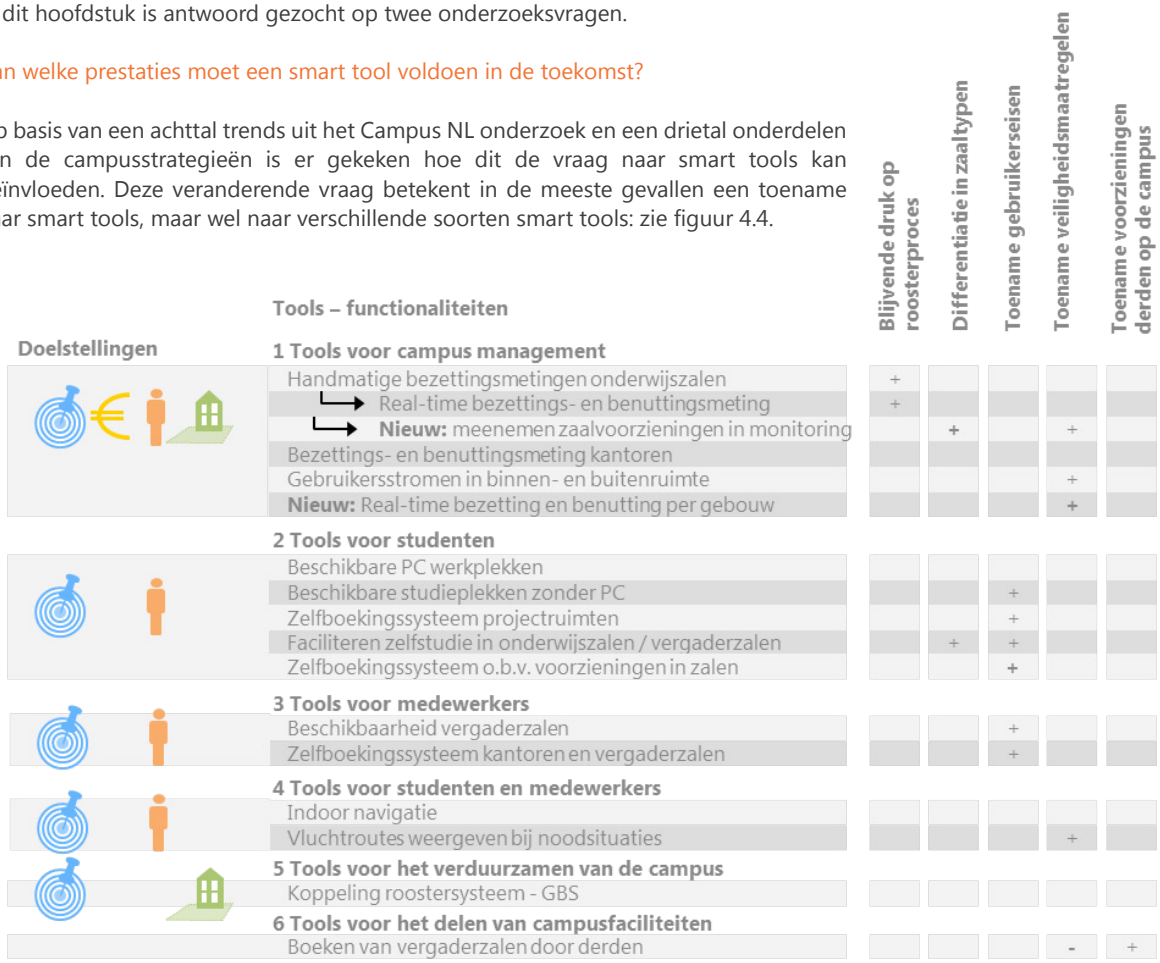
Uiteindelijk moeten de kosten van elke oplossing en de (veronderstelde) baten die ertegenover staan uitmaken of het wenselijk is om van de huidige oplossingen te bewegen naar andere oplossingen. Inzicht in de kosten en baten verschaffen is echter niet eenvoudig. Aan de zijde van de kosten is het maken van een vergelijking lastig, vanwege de verschillende implementatieschalen (van één gebouw tot aan de campus) van de tools en het ontbreken van de precieze kosten van tools die intern zijn ontwikkeld. Aan de zijde van de baten geldt dat de veronderstelde baten per tool anders zijn – van het besparen op energiekosten tot aan het niet investeren in nieuwe gebouwen.

4.5. Conclusie

In dit hoofdstuk is antwoord gezocht op twee onderzoeksvragen.

Aan welke prestaties moet een smart tool voldoen in de toekomst?

Op basis van een achttal trends uit het Campus NL onderzoek en een drietal onderdelen van de campusstrategieën is er gekeken hoe dit de vraag naar smart tools kan beïnvloeden. Deze veranderende vraag betekent in de meeste gevallen een toename naar smart tools, maar wel naar verschillende soorten smart tools: zie figuur 4.4.



Figuur 4.4: Verkennen van de veranderende vraag. Met "+" en "-" is aangegeven op welke punten een trend tot een grotere of kleinere vraag naar smart tools kan leiden.

Wat zijn de lopende projecten met smart tools en welke lessen kunnen daaruit worden getrokken?

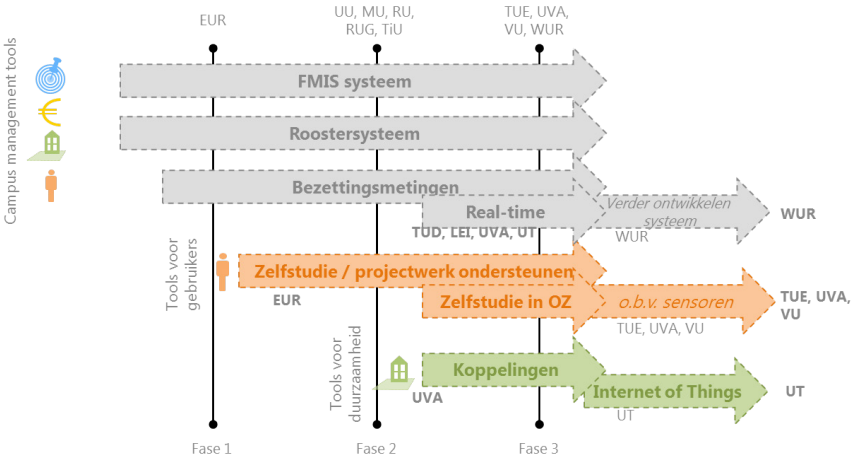
Naast de 26 verschillende smart tools in de huidige situatie is ongeveer de helft van de universiteiten bezig hun set aan smart tools verder te ontwikkelen. Dit wordt op verschillende wijzen gedaan: door het verder ontwikkelen van bestaande tools, het zelf ontwikkelen van nieuwe tools of het starten van pilotprojecten.

Deze ontwikkeling is in figuur 4.5 weergegeven. Met een normaal lettertype is aangegeven waar de universiteiten zich met de huidige tools bevinden en met een dikgedrukt lettertype is aangegeven waar de universiteiten werken aan het verder ontwikkelen van tools.

Input voor dashboard smart tools

In de inventarisatie zijn een aantal overwegingen aangedragen die een rol spelen bij de keuze voor (toekomstige) smart tools, namelijk: de aanbieder van de smart tool, de keuze voor een sensor, privacy, precisie van de verzamelde informatie en kosten en baten.

Tevens zijn er een tweetal functionaliteiten toegevoegd aan het reeds bestaande overzicht uit hoofdstuk 3. Zie ook: figuur 4.2, 4.3 en 4.4.



Figuur 4.5: Overzicht ontwikkeling smart tools. De huidige implementatie is in een normaal lettertype weergegeven, de lopende projecten zijn dikgedrukt aangegeven.

https://spacefinder.lib.cam.ac.uk/#/space/101/Haddon:-Main Reading Room

CLEAR ALL

USE MY LOCATION

I WANT TO WORK...

- Alone, in private
- ✔ Where others are working
- With friends
- On a group project

ATMOSPHERE

NOISE LEVELS

- Strictly silent
- Whispers
- Background chatter
- Animated discussion
- Music playing

FACILITIES

Haddon: Main Reading Room

INFO | TIPS

This traditional reading room offers 8 large tables seating 4 people each and 2 window tables seating 2 each.

Key facts

Downing Street CAMBRIDGE CB2 3DZ

Term opening hours		Out-of-term opening hours	
Sunday	Closed	Sunday	Closed
Monday	08:45 - 17:15	Monday	09:00 - 17:00

Afbeelding: Spacefinder, Cambridge University

B. Marktverkenning

B

Hoofdstuk 5
Sensoren

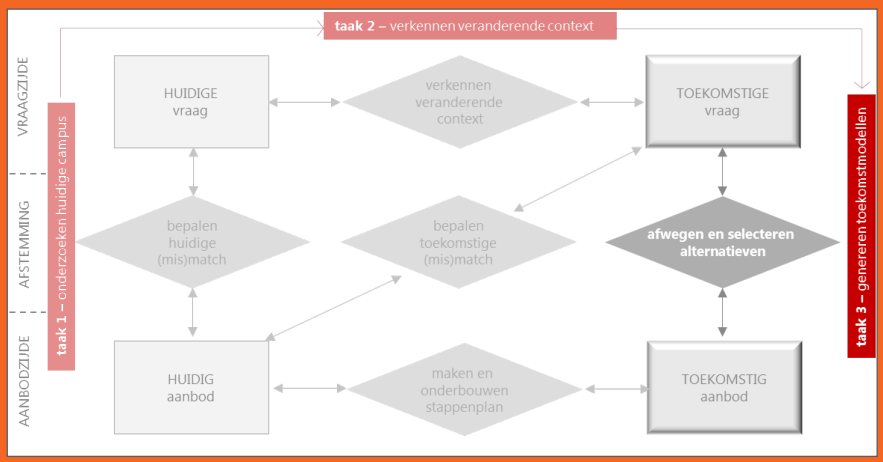
In dit hoofdstuk wordt een verdieping gegeven over sensoren. Het doel van dit hoofdstuk is om campus managers te helpen bij het vinden van een match tussen de toekomstige vraag en het toekomstige aanbod.

In de eerste fase van het onderzoek is er een literatuurstudie gedaan. Hierin is gekeken naar het verband de verschillende onderdelen van een smart tool: de sensor, informatie ruimtegebruik en doelstelling. Hiervoor zijn in totaal 65 papers geselecteerd en geanalyseerd.

Op basis van de uitkomsten van de literatuurstudie en de inventarisatie bij de universiteiten is gekozen om een deel van de marktverkenning te richten op de sensoren, omdat hieruit is gebleken dat er een grote variatie is in het gebruik van sensoren in de praktijk. In deze verkenning zijn een achttal interviews gehouden met een zevental stakeholders die verschillende perspectieven hebben – leveranciers, eindgebruikers en adviseurs. De geïnterviewde partijen zijn:

- Procos (adviseur)
- Boydens (ingenieursbureau)
- Jadec (leverancier)
- Nedap (leverancier)
- Sun Microsystems (eindgebruiker)
- Creston (leverancier)
- Scientia (leverancier)

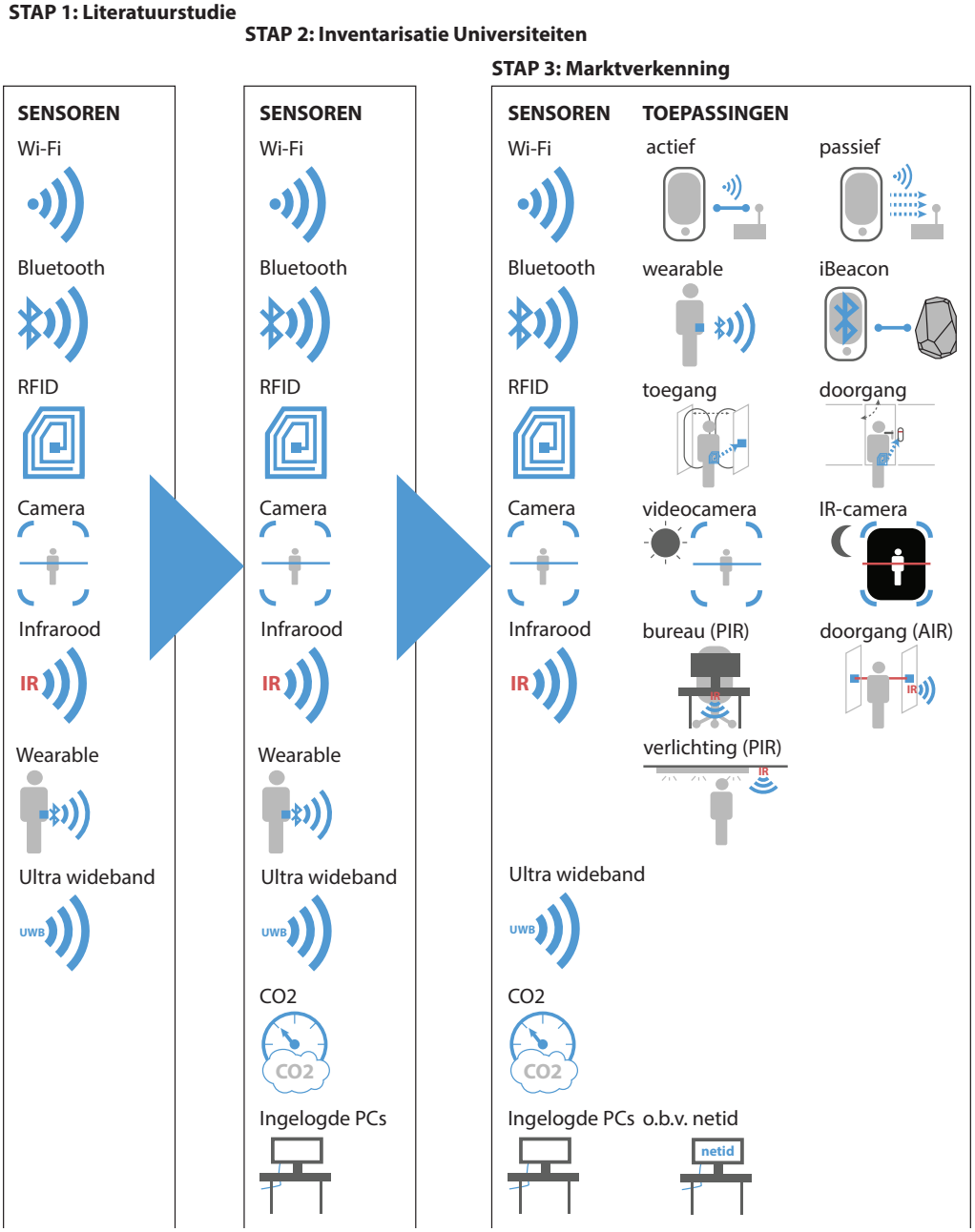
De onderzoeksvragen die in dit hoofdstuk wordt beantwoord, zijn (vanuit de sensoren bekeken):
- Welke smart tools zijn er in de wetenschap?
- Welke smart tools (sensoren) zijn er nu in de markt?



5. Sensoren

5.1. Sensoren

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van alle sensoren die gedurende het onderzoek zijn geïnventariseerd als sensor voor het meten van gegevens over ruimtegebruik. In onderstaand figuur staan alle sensoren die in het hoofdstuk aan bod komen.



Figuur 5.1: Overzicht sensoren, stand per fase van het onderzoek

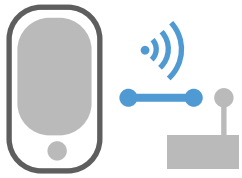
In het overzicht is te zien dat in de loop van het onderzoek er steeds nieuwe sensoren zijn geïnventariseerd, of bestaande sensoren zijn gespecificeerd naar toepassingen.

Wi-Fi

Wi-Fi, is een technologie die het mogelijk maakt om elektronische apparaten aan te sluiten op een draadloos netwerk. Door de komst van de smartphone is tegenwoordig zowel de vraag naar Wi-Fi op de campus (en in andere gebouwen) als de benodigde infrastructuur aan access points enorm toegenomen. Door deze ontwikkeling kan het gebruik van het Wi-Fi netwerk een steeds meer betrouwbare indicatie geven van het ruimtegebruik. Zowel in de wetenschap als in de praktijk wordt hiermee geëxperimenteerd.

Toepassing Wi-Fi: verbindingen (actief)

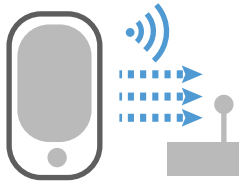
Onder Wi-Fi verbindingen wordt verstaan het meten van het aantal apparaten dat via een draadloos netwerk verbonden is. Het draadloze netwerk bestaat uit een infrastructuur van access points (AP's) waarmee de laptops, iPads en smartphones van gebruikers verbinding mee maken. Elk access point hangt op een vaste locatie in een gebouw. Wanneer de locatie van de AP's bekend is, is het mogelijk om deze data weer te geven als loopstromen of de aanwezigheid van het aantal personen in een gebouw/zone. Bij Eduroam worden verbindingen gemaakt door middel van NetID's: dat betekent dat personen onderscheiden kunnen worden, maar ook dat alleen geregistreerde gebruikers en niet bezoekers worden gemeten.



Data: Per persoon de verbindingen met elk access point, met daarbij het tijdstip waarop de verbinding is aangevangen en de tijdsduur van de verbinding.
Implementaties: WU (Lone Rooftop), Fontys

Toepassing Wi-Fi: pogingen tot verbindingen (passief)

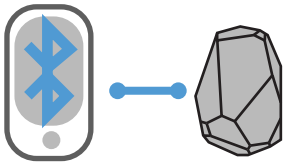
Onder pogingen tot verbinding met Wi-Fi wordt verstaan het meten van het aantal apparaten dat probeert verbinding te maken met het draadloze netwerk. Elke poging tot verbinding met een AP wordt geregistreerd, met daarbij de identiteit van het apparaat (het MAC-adres) en de signaalsterkte. Bij het maken van een verbinding maakt een apparaat contact met meerdere AP's – door met drie signaalsterktes de locatie van het apparaat te trianguleren kan preciezer worden afgeleid wat de locatie is dan wanneer er naar verbindingen wordt gekeken. Het herleiden van de data per apparaat naar een persoon gebeurt meestal op basis van een gemiddeld aantal apparaten per persoon, dat periodiek wordt herijkt.



Data: Per apparaat elke poging tot verbinding met elk access point, met daarbij het tijdstip en de signaalsterkte.
Implementaties: WU (Lone Rooftop), NS

Bluetooth

Bluetooth is een vorm van draadloze verbinding waarmee over korte afstanden data wordt verzonden dan bij Wi-Fi het geval is. Ook is de hoeveelheid data die wordt verzonden kleiner dan bij Wi-Fi. Anders dan bij Wi-Fi het geval is, moet de gebruiker van de telefoon Bluetooth inschakelen voordat hij/zij wordt gedetecteerd. Het inschakelen van Bluetooth kan door het gebruiken van een app worden afgedwongen, mits de gebruiker hier vooraf toestemming voor geeft..



Toepassing Bluetooth: iBeacon

iBeacon is een toepassing die gebruik maakt van Bluetooth en in het vorige hoofdstuk is genoemd. De smartphone verzamelt via de iBeacon heel nauwkeurige informatie over zijn positie en kan – mits de gebruiker hier toestemming voor geeft, via bijvoorbeeld een app – worden gedeeld met de eigenaar.

Data: Per gebruiker (die toestemming heeft verleend) de locaties waarop deze aanwezig is geweest, het tijdstip waarop de verbinding is aangevangen en de tijdsduur van die aanwezigheid.
Implementaties: Avans (Boekit), NS, Touchwonders

Toepassing Bluetooth: wearable

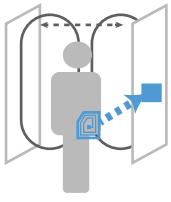
Bluetooth wordt ook toegepast in wearables. Dit zijn sensoren die door de persoon worden gedragen om hun activiteit te meten. De wearable slaat lokaal de informatie op over de activiteit van de persoon en geeft deze via het Bluetooth netwerk door aan bijvoorbeeld de smartphone van de gebruiker.

Data: (bijvoorbeeld) de hartslag, lichaamstemperatuur, etc. van de drager gedurende de tijdstuur van een inspanning
Implementaties: Fontys (Quantified Student, pilot)

Passieve RFID

RFID, ofwel 'Radio Frequency Identification', is een systeem met twee onderdelen: (1) een chip met informatie en een antenne en (2) een leestoestel. Bij Passieve RFID systemen wordt de chip geactiveerd door het leestoestel. Dit systeem wordt bijvoorbeeld gebruikt bij diefstalbestrijding in retail en bibliotheken, maar ook om in magazijnen of ziekenhuizen de locatie van assets te volgen.

Figuur 5.2: Toegangscontrole d.m.v. RFID

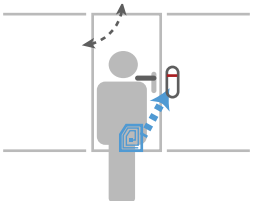


Toepassing passieve RFID: toegangscontrole

Een mogelijke toepassing op de campus is bij toegangscontrole, via poorten bij ingangen van gebouwen of afgesloten gebouwdelen (links). Dit systeem wordt gekenmerkt doordat het per persoon toegang controleert.

Data: Op basis van RFID via toegangscontrole per poort het aantal bewegingen door de poort heen met tijdstip, eventueel met ID.
Implementaties: Shell, NS

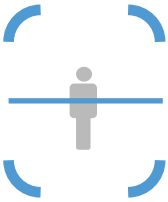
Toepassing passieve RFID: doorgang



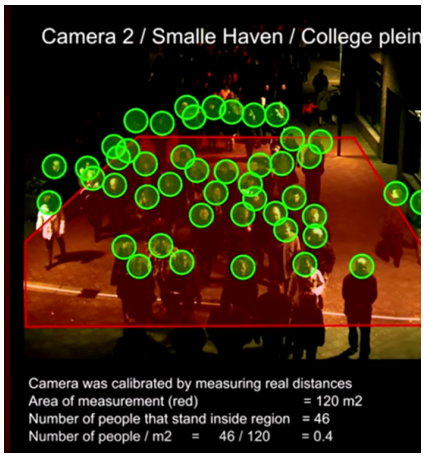
Een ander voorbeeld van RFID dat mogelijk op de campus wordt toegepast is het gebruik van leestoestellen in deuren, die geactiveerd worden via de campuskaart. Het verschil tussen dit systeem en toegangscontrole is dat er geen onderscheid wordt gemaakt in het aantal personen dat de ruimte binnen gaat: één persoon kan een groep mensen naar binnen laten.

Data: Op basis van RFID via toegangscontrole per poort het aantal keer dat de poort wordt geopend per tijdstip.
Implementaties: -

Camera's

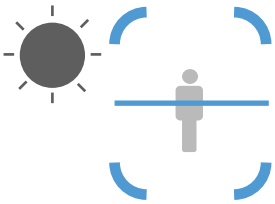


De toepassing van camera's om ruimtegebruik te meten kan op vele manieren, die zeer afhankelijk zijn van de plaatsing van de camera. De beelden van de camera worden doorgaans niet opgeslagen, maar door het gebruik van software real-time geanalyseerd.



Figuur 5.3, 5.4: Voorbeelden van de wijze waarop een camera via software het aantal passanten telt (links) en het aantal gebruikers in een veld (rechts)

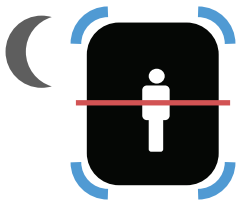
Toepassing camera: videocamera



Videocamera's meten op verschillende manieren het ruimtegebruik. Dit is afhankelijk van de software waarmee de camerabeelden worden geanalyseerd. Voorwaarde is de aanwezigheid van voldoende daglicht.

Data:
Per tijdstip het aantal personen in het bereik van de camera OF
Per tijdstip het aantal personen in een gedefinieerde zone OF
Per tijdstip het aantal in- en uitgaande bezoekers in het bereik van de camera OF
Per tijdstip het aantal personen in het bereik van de camera, met leeftijd en/of geslacht.
Implementaties: RUG, NS

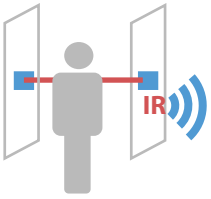
Toepassing camera: infrarood



Infraroodcamera's registeren een beeld op basis van infrarode straling (warmte) van voorwerpen. Door de camera's uit te rusten met software kunnen de camera's geschikt gemaakt worden voor het tellen van personen. Voorbeelden van het gebruik van infraroodcamera's zijn t.b.v. beveiliging in de buitenruimte of om aantallen bezoekers te tellen in luchthavens, winkelcentra, etc.

Data: Per tijdstip het aantal aanwezige personen in het bereik van de camera OF Per tijdstip het aantal in- en uitgaande bezoekers.
Implementaties: -

Figuur 5.5: Voorbeeld van een toepassing waarbij IR camera's worden gebruikt voor beveiliging



Infrarood

De toepassing van een infrarood als sensor om ruimtegebruik te meten kan op meerdere manieren werken. Actieve infraroodsensoren (AIR) werken door een zender en een ontvanger, waarbij het doorbreken van de infrarode lichtstraal wordt geregisteerd. Passieve infraroodstralen (PIR) werken door een energieverschil in de omgeving onder de sensor te detecteren.

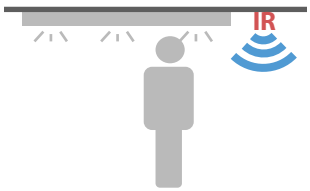
Toepassing AIR: deursensor

Een actieve infraroodsensor kan worden toegepast in de entree van een ruimte. Wanneer een deur met twee stralen wordt uitgerust, kan de sensor onderscheid maken tussen in- en uitgaande personen. Een voorbeeld van een toepassing van infrarood is in de pilot die NS met InstApp heeft gedaan.

Data: Per sensor alle in- en uitgaande bewegingen met tijdstippen.
Implementaties: -

Figuur 5.6 : Infraroodsensor in een deur

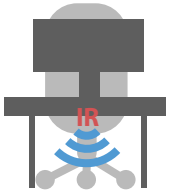
Toepassing PIR: verlichting



Een passieve infraroodsensor wordt al veel toegepast in bestaande verlichtingssystemen. Wanneer PIR sensoren in verlichting worden gebruikt, wordt de verlichting geschakeld op basis van de aanwezigheid van een of meerdere personen in het oppervlak onder de verlichting. De sensor registreert dan een verandering in de temperatuur of de luchtstroom. Het systeem is daardoor wel gevoelig voor fouten: enerzijds wordt iemand die lang stilzit niet geregistreerd, terwijl anderzijds een plotselinge temperatuurverandering of luchtstroom als bezetting kan worden geregistreerd.

Data: Per sensor de tijdstippen waarop de verlichting ingeschakeld is.
Implementaties: -

Toepassing PIR - bureausensor



Een andere toepassing van een PIR sensor is als sensor onder een bureau. Het doel hiervan is om op het niveau van een werkplek te bepalen wanneer deze in gebruik is.

Data: Per sensor de tijdstippen waarop er een persoon achter het bureau zit.
Implementaties: UU (Mapiq)

Ultra-wideband (UWB)

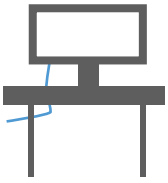
Ultra wideband is net als Bluetooth en Wi-Fi een technologie die het mogelijk maakt om draadloos data tussen apparaten uit te wisselen. Het voordeel van UWB is dat het grote hoeveelheden data over een relatief grote afstand kan transporteren, terwijl dit weinig energie kost. UWB ondervindt ook weinig hinder van obstakels zoals deuren en muren. Anders dan Wi-Fi en Bluetooth wordt het echter nog relatief weinig toegepast.

CO2 meting

Met een CO2-meting wordt de CO2-concentratie in de lucht van een ruimte als indicator gebruikt voor het aantal mensen dat in de ruimte aanwezig is. Deze meetmethode wordt vaak in bestaande gebouwen al gebruikt om de luchtbehandeling aan te sturen.

Data (o.b.v. Wang et al. (1999): per tijdstip de CO2-concentraties van in- en uitgaande lucht, de gemeten CO2-concentratie in de ruimte en de luchtverversingssnelheid van de ruimte.
Implementaties: -

Ingelogde PC's (evt. met netid)

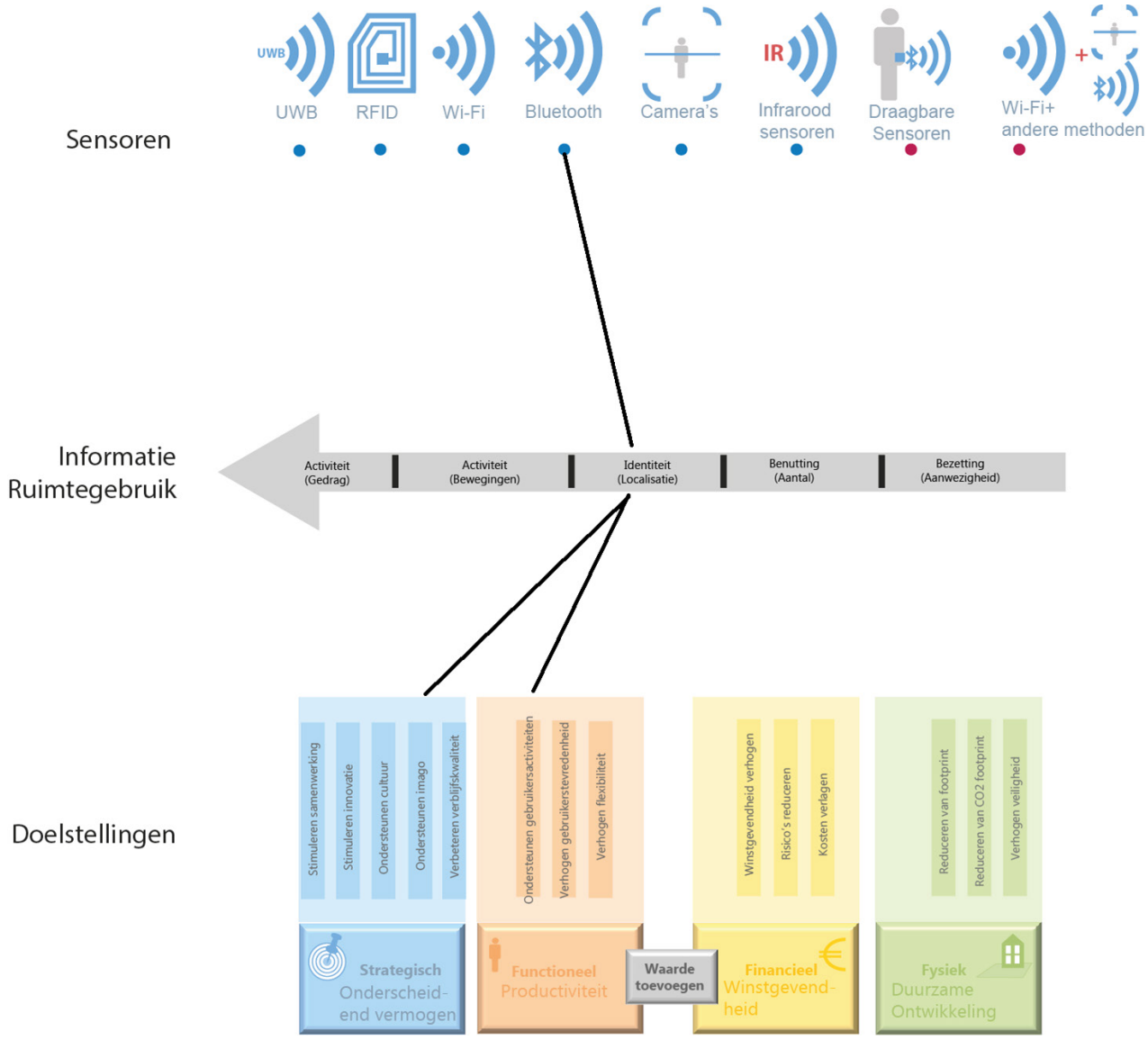


Met behulp van ingelogde PC's die zijn aangesloten op het netwerk van de universiteit (of een andere organisatie) kan bepaald worden of een werkplek met vaste PC in gebruik is of niet. Bij de Nederlandse universiteiten wordt deze methode veelvuldig toegepast door van de PC's die aangesloten zijn op het netwerk, te bepalen of er iemand met zijn/haar NetID heeft ingelogd op de PC.

Data: per tijdstip het aantal PC's in gebruik – per werkplek, ruimte of gebouw.
Implementaties: diverse universiteiten, Shell

5.2. Literatuurstudie

In de literatuurstudie is er onderzocht wat het verband is tussen de sensoren, de informatie over ruimtegebruik en de te behalen doelstelling(en) in de literatuur. Daarvoor is een 'quick scan' gedaan van de wetenschappelijke literatuur: de methodologie is in de bijlage beschreven. Per paper is er gekeken naar de gebruikte sensor(en), de informatie over ruimtegebruik en de te behalen doelstelling(en). Hieronder is voor één paper een voorbeeld weergegeven.

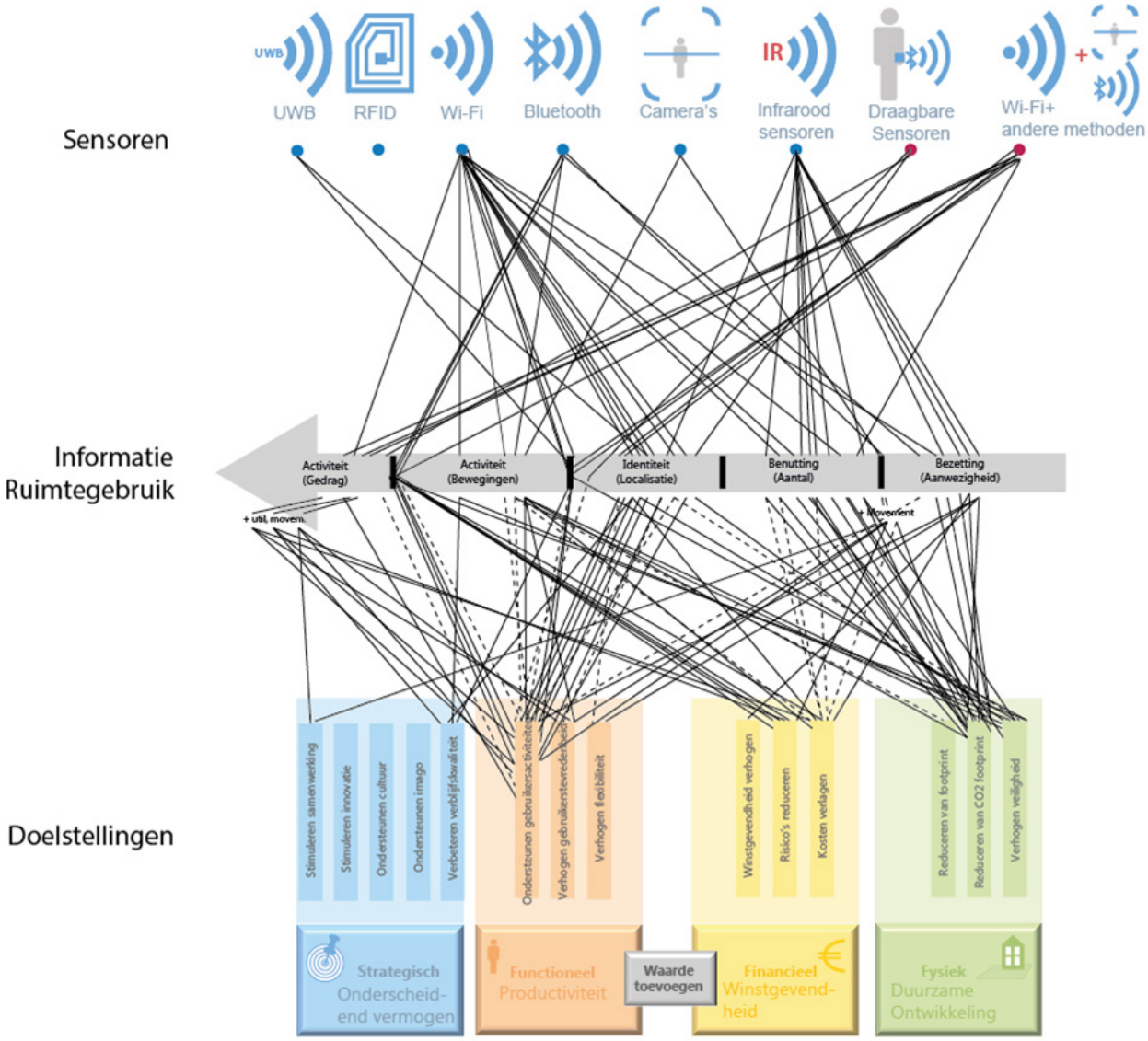


Figuur 5.7 : Voorbeeldweergave schema literatuurstudie smart tools

Op basis van de literatuurstudie zijn er 50 publicaties uit Scopus en 15 publicaties uit Google Scholar geanalyseerd. Hiervan zijn 49 publicaties opgenomen en in figuur 6 geplaatst. Er zijn grofweg vier typen publicaties die in de zoekopdracht naar voren zijn gekomen:

1. Studies waarin getest wordt welke energiebesparingen haalbaar zijn door het meten van bezetting in gebouwen;
2. Studies waarin gebruikers in gebouwen worden gelokaliseerd om met die informatie het facility management en/of de gebruikers te ondersteunen;
3. Studies waarin bij grote (buiten)evenementen het aantal bezoekers en bezoekersstromen worden bestudeerd;
4. Studies waarin ruimtegebruik wordt gemeten om de faciliteiten voor patiënten in de thuiszorg te verbeteren.

De resultaten van de literatuurstudie zijn in figuur 6.6 weergegeven en betreffen alle vier typen publicaties, omdat ze allen voorbeelden zijn van toepassingen waarbij het ruimtegebruik wordt verbeterd. In het figuur geven doorgetrokken lijnen weer wat er in de papers staat, terwijl stippellijnen weergeven wat er in de papers wordt geïmpliceerd.



Figuur 5.8 : Schema smart tools op basis van 50 publicaties

Verband sensor – informatie ruimtegebruik:
• Met elke sensor wordt op meerdere manieren informatie over ruimtegebruik verzameld. Dit suggereert dat er niet een "one-size-fits-all" oplossing is;
• Onderzoek waarin de informatie over ruimtegebruik bezetting en/of benutting is, gaat voornamelijk uit infrarood sensoren (via verlichting);
• Onderzoek waarin de informatie over ruimtegebruik identiteit is, gaat voornamelijk uit van Wi-Fi;
• Onderzoek waarin de informatie over ruimtegebruik activiteit is, gaat voornamelijk uit van een mix aan methoden en sensoren die door gebruikers worden gedragen;

Verband informatie ruimtegebruik – doelstellingen:
• Bij onderzoek waarin de informatie over ruimtegebruik bezetting en benutting is, is energiebesparing de voornaamste doelstelling;
• Bij onderzoek waarin de informatie over ruimtegebruik identiteit is, is het voornaamste doel om gebruikers te ondersteunen;
• Bij onderzoek waarin de informatie over ruimtegebruik activiteit is, wordt een mix van doelstellingen genoemd:
    - wanneer het om bewegingen gaat, zijn de voornaamste doelstellingen kostenreductie, verbeteren van veiligheid en het ondersteunen van gebruikers;
    - wanneer het om gedrag gaat, zijn de voornaamste doelstellingen het ondersteunen van gebruikers en kostenreductie.

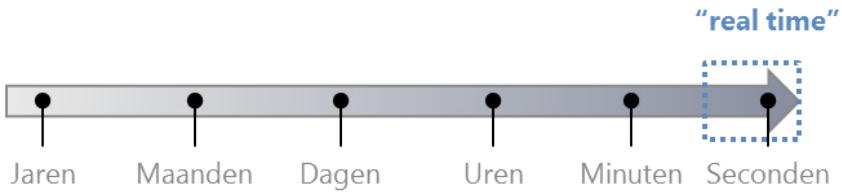
Wat tevens opvalt uit de literatuurstudie, is dat het reduceren van m2 in geen enkele (!) paper als doelstelling wordt genoemd. Dit is al te zien in de vier typen papers die eerder zijn onderscheiden: hierin is al geen type aanwezig waarbij sensoren worden ingezet om het aantal werkplekken en/of vergaderzalen van een organisatie te optimaliseren. Het is zeer opvallend dat deze opgave – het optimaliseren van verhouding tussen de gebruikersaantallen en de voorzieningen in een gebouw(portefeuille) – zo ondervertegenwoordigd is in de gevonden wetenschappelijke literatuur. Dit staat in schril contrast tot de activiteit omtrent dit onderwerp in de praktijk.

5.3. Marktverkenning: technische parameters

Op basis van de literatuurstudie en de inventarisatie bij de universiteiten is er gekozen om een verdiepingsslag te maken op de sensoren, met name om meer informatie te geven bij het kiezen van een sensor. Uit de literatuurstudie (voornamelijk: Christensen et al. 2014) zijn er een viertal eigenschappen van metingen naar ruimtegebruik benoemd, die bij de keuze voor een sensortype van belang zijn. Deze zijn in de marktverkenning getoetst en aangevuld op basis van de gehouden interviews. Met het invullen van deze parameters kan geëvalueerd worden of de prestaties van een sensortype daarbij aansluiten. In principe kan gesteld worden: hoe hoger de gestelde eisen m.b.t. prestaties, hoe hoger de kosten van de sensor c.q. het systeem zullen zijn.

Resolutie van tijd

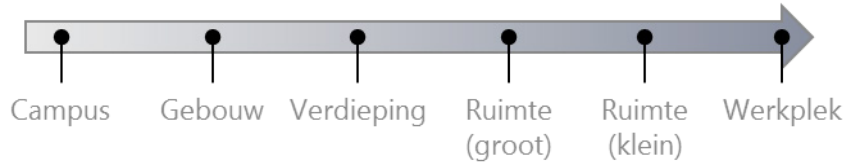
De resolutie van de tijd slaat op het interval voor de verzameling van gegevens, niet op het interval van hun rapportage. Met 'real-time' wordt bedoeld dat de gegevens geschikt zijn om te gebruiken in smart tools waarbij een vrije werkplek, vergaderzaal of andere voorziening wordt gevonden.



Figuur 5.9 : Resolutie van tijd

Resolutie van ruimte

De resolutie van de ruimte slaat op de grootte van de ruimte waarvoor de informatie wordt verzameld. Bij metingen op de resolutie van de werkplek moet men rekening houden met het feit dat werkplekken worden verplaatst, personen op een werkplek bewegen, er personen rondlopen in de ruimte, en personen korte tijd afwezig kunnen zijn terwijl ze de werkplek bezet houden.



Figuur 5.10 : Resolutie van ruimte

Resolutie van bezetting

Hiermee wordt bedoeld: de informatie die wordt verzameld over de populatie in de meetzone. Hierin wordt onderscheiden: bezetting, benutting, identiteit en activiteit. Deze resolutie is reeds in hoofdstuk 2 geïntroduceerd en in de literatuurstudie gebruikt. Identiteit wil zeggen dat de persoon een label krijgt – van een unieke ID per persoon tot algemene labels. Activiteit kan bijvoorbeeld zijn: lopen, zitten, werken, niet werken, vergaderen, etc. De universiteiten hebben aangegeven voornamelijk geïnteresseerd te zijn in het meten van bezetting en benutting en niet hogere resoluties van benutting, mede vanwege privacy issues.

N.B. Wanneer er op werkplekniveau wordt gemeten, en het uitgangspunt is dat op de werkplek maar één persoon aanwezig kan zijn, wordt er met bezetting en benutting hetzelfde gemeten.

Figuur 5.11 : Resolutie van bezetting (zie ook hoofdstuk 2)

Labelen

Wanneer er informatie wordt verzameld over de identiteit van de gemeten populatie, is de volgende vraag: op welk aggregatieniveau moet er gelabeld worden? Uit de interviews komen twee extremen naar voren: een draagbaar label, (bijvoorbeeld een polsband) en labelling op basis van lichaamswarmte, -vorm of andere karakteristieken.

Aan labelen zijn een aantal eigenschappen verbonden:
- Totaal versus gedeeltelijk labelen van de hele populatie, bijv. alle gebruikers of alleen studenten en medewerkers van de universiteit
- Enkelvoudig of veelvoudig labelen van een populatie – bijv. het hebben van meerdere mobiele devices zorgt voor veelvoudig labelen van één persoon
- Unieke of niet-unieke labels – unieke labels zijn bijvoorbeeld IP adressen, terwijl campuskaarten niet per sé uniek hoeven te zijn.
- Koppeling van labels aan identiteit – een label kan gekoppeld worden aan de identiteit van een persoon
- Opt-in labels – het dragen van labels kan medewerking van de populatie vereisen (zie ook: Fontys, Avans)

Impliciet versus expliciet meten

Een expliciete meting is het gebruik maken van sensoren die gespecialiseerd zijn in het meten van hetgeen dat men wil meten: bijvoorbeeld een CO2 meter voor het meten van de CO2 concentratie. Een impliciete meting is het gebruiken van sensoren die voor een ander doeleinde worden ingezet – bijvoorbeeld het gebruik van Wi-Fi om het aantal gebruikers in een ruimte te bepalen.

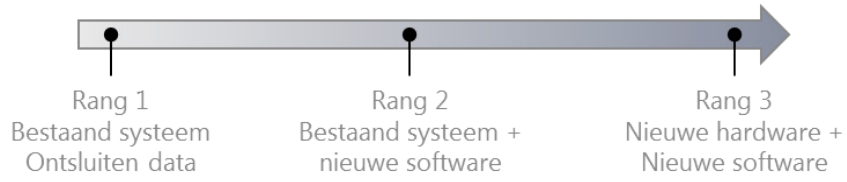
Het gebruiken van bestaande infrastructuur heeft volgens Christensen et al. (2014, p.7) een aantal voordelen: de bijkomende kosten zijn lager, de data wordt al via bestaande IT netwerken ontsloten en het kan aanvullende informatie over de gebruikers leveren, zoals identiteit, activiteit en omgevingsfactoren. Serraview raadt eveneens aan om voornamelijk bestaande infrastructuur toe te passen, en dat in een aantal stappen te doen.

Binnen het doen van impliciete metingen kunnen er rangen worden onderscheiden:

Rang 1: geen wijzigingen aanbrengen in bestaande systemen, behalve het verzamelen van gegevens en het verwerken ervan. Voorbeeld: gebruik van badges voor toegangscontrole.

Rang 2: het toevoegen van software aan het bestaande systeem om gegevens te genereren. Voorbeeld: Het gebruik van Wi-Fi infrastructuur met toevoeging van software om een indicatie van bezetting en/of benutting te geven.

Rang 3: het toevoegen van hard- en software aan het bestaande systeem om nieuwe bronnen van data toe te voegen aan de bestaande systemen. Voorbeeld: het toevoegen van iBeacons om de verkregen meting uit de Wi-Fi infrastructuur een hogere nauwkeurigheid te geven.



Figuur 5.12 : Rangen van impliciet en expliciet meten

5.4. Marktverkenning: Prestaties per sensor

In dit hoofdstuk is voor elke sensor per parameter ingevuld aan welke prestaties (zie hfd. 6.1) voldaan kunnen worden, gegeven dat een redelijke nauwkeurigheid wordt behaald. Het begrip nauwkeurigheid wordt eerst hieronder uitgelegd. Daarna volgt een overzicht per parameter. Dit overzicht is gebaseerd op de gehouden interviews, Mautz (2012) en Serraview (2015).

Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van een sensor wordt bepaald door de mate waarin de meting afwijkt van de werkelijkheid. Er zijn twee soorten nauwkeurigheid: juistheid en precisie. Als de sensor juist is, dan komt het gemiddelde van de metingen (bijna) overeen met de werkelijkheid. De systematische fout van de sensor is klein, de meting is juist, maar de afzonderlijke metingen zijn niet noodzakelijk precies en is er een relatief grote toevallige fout. Dit is het beeld op de rechter schietschijf.

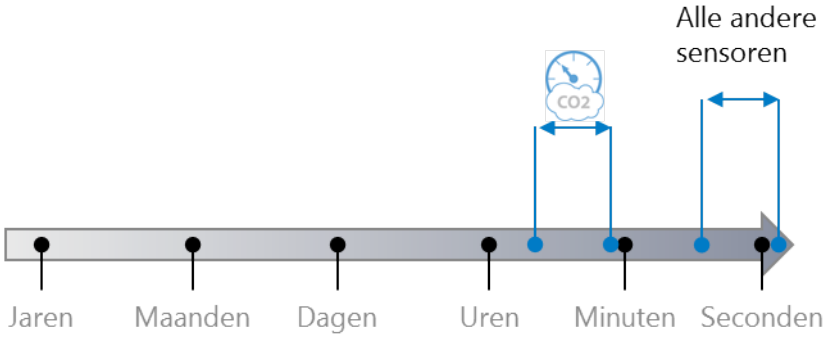
Als de sensor precies is, dan is er een kleine variatie op de metingen. De metingen zijn geclusterd, de toevallig fout is klein, de metingen zijn precies maar niet noodzakelijk juist. De gemeten waarden kunnen consequent afwijken van de werkelijkheid. Dit is het beeld op de linker schietschijf.

Figuur 5.13: Nauwkeurigheid en precisie

Hoe groter de juistheid en precisie van de meting zijn, hoe meer valide de meting is. Om de validiteit van de meting te optimaliseren, worden systemen na installatie gecalibreerd door de metingen te vergelijken met handmatige tellingen. De tests worden doorlopen totdat de systematische fout in de tests vergelijkbaar is met de systematische fout die het systeem volgens de leverancier heeft. Een andere wijze waarmee om wordt gegaan met de systematische fout, is door het combineren van sensorgegevens.

Resolutie van tijd

In principe zijn alle typen sensoren geschikt voor het doen van een real-time meting, behalve CO2 sensoren: Mautz (2012) geeft voor de meeste methodes updatefrequenties aan van minder dan 1 seconde. Bij de meeste sensoren geldt dat de frequentie waarmee data wordt verwerkt tot informatie over beschikbaarheid wordt beperkt vanwege de belasting die een hoge frequentie heeft op bijvoorbeeld het Wi-Fi netwerk.



Figuur 5.14: Sensortoepassingen weergegeven op de temporele resolutie van Christensen

Voor CO2 sensoren geldt dat de meting van het aantal personen in een ruimte wordt bepaald op basis van een verschil van CO2 concentratie tussen in- en uitgaande lucht. Wang (1999) concludeert dat de nauwkeurigheid waarmee benutting kan worden bepaald, afhangt van de luchtverversingssnelheid: als deze laag is, dan duurt het langer voordat de berekening een vergelijkbaar aantal personen laat zien als dat er werkelijk in de ruimte zijn.

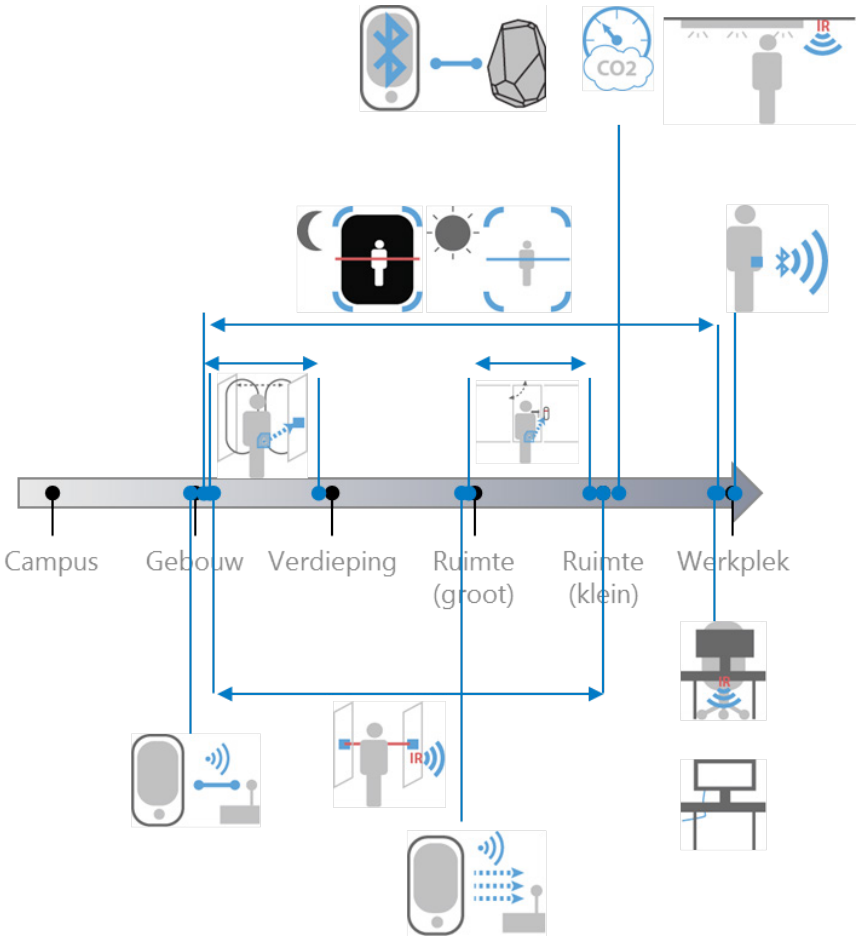
Resolutie van ruimte

De ruimtelijke resolutie van elke sensor hangt in grote mate af van de manier waarop deze geplaatst wordt. Er zijn hierin twee soorten sensoren waar te nemen. Het ene type sensor heeft een vaste resolutie – bijvoorbeeld CO2 sensoren die van een ruimte de CO2 concentratie meten, of Wi-Fi dat op basis van de infrastructuur tot een bepaalde ruimtelijke resolutie kan reiken. Bij het tweede type, namelijk infrarood, deurscanners, toegangscontrole en camera's is de ruimtelijke resolutie afhankelijk van waar de sensoren worden geplaatst: camera's kunnen bijvoorbeeld alleen bij de toegang van een gebouw worden geplaatst, of in een ruimte om per werkplek te bepalen wat de bezetting en benutting is. De kosten van een smart tool met deze sensoren is dus ook zeer afhankelijk van de toepassing.

Hieronder volgt een toelichting van de plaatsing van elke sensor in figuur 5.15.

• Actieve Wi-Fi is de minst nauwkeurige methode op de ruimtelijke resolutie. Omdat een gebruiker op de 1e verdieping verbonden kan zijn met een access point op de 2e of zelfs 3e verdieping van een gebouw, en deze methode kijkt naar verbindingen, is de nauwkeurigheid op verdiepingsniveau al laag.

• De nauwkeurigheid van Passieve RFID en infrarood hangt af van de toepassing. Bij toegangscontrole ligt het aan de locatie van de RFID poort: deze kan toegang tot het gebouw of tot een verdieping geven. Met een deurscanner kan tot op het niveau van een ruimte bepaald worden wat de bezetting/benutting is. Het infraroodsysteem kan in deuren worden geplaatst die toegang geven tot een gebouw, verdieping of ruimte, en daarmee de bezetting/benutting op dat niveau bepalen.



Figuur 5.15: Sensortoepassingen weergegeven op de ruimtelijke resolutie van Christensen

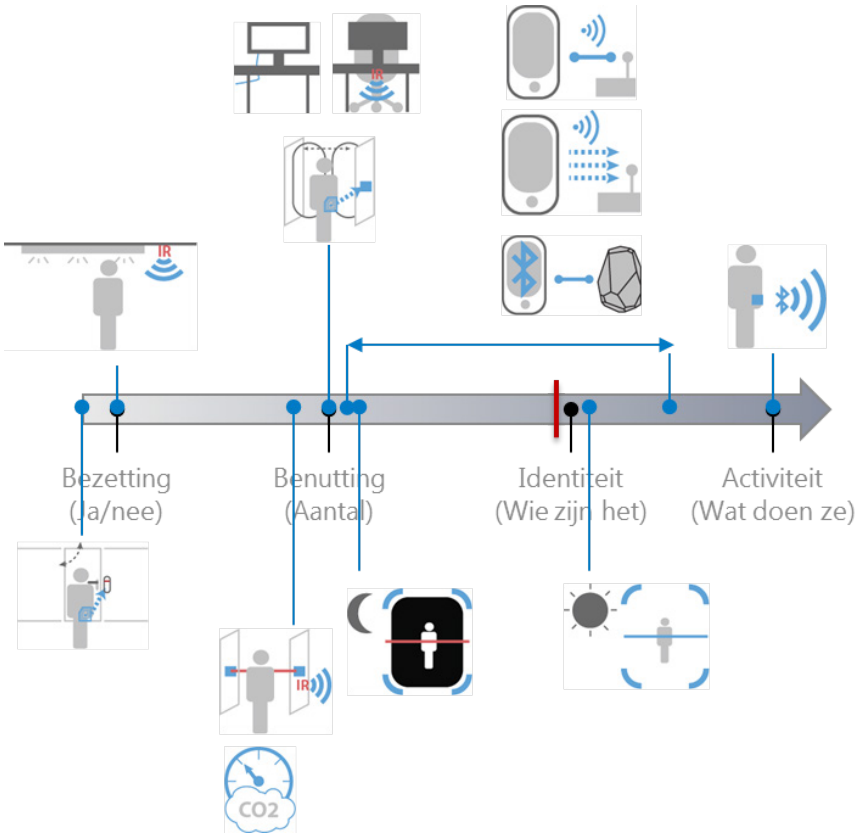
• Passieve Wi-Fi kan gebruikt worden om op het niveau van grote ruimten het aantal bezoekers met een redelijke nauwkeurigheid te bepalen. Bij kleine ruimten neemt de kans toe dat een persoon zich in de daarnaast liggende ruimte begeeft. Bij een grote collegezaal is deze meetfout niet erg (bijv. 298 in plaats van 300 aanwezigen) terwijl bij een vergaderzaal dezelfde meetfout tot een veel groter verschil leidt (bijv. 4 in plaats van 6 aanwezigen)

• De nauwkeurigheid van Bluetooth kan op het niveau van een kleine ruimte worden bepaald, met de aanwezigheid van één sensor per ruimte.

• IR camera's en videocamera's kunnen tot op werkplekniveau de bezetting/benutting bepalen, al vereist dat wel een grote dichtheid van camera's. Voor PIR sensoren (onder bureaus) geldt hetzelfde, waarbij die toepassing ervan uitgaat dat elke werkplek wordt uitgerust met een sensor. Serraview rapporteert dat camera's in open ruimten zoals kantoortuinen en studielandschappen slecht kunnen functioneren.

Resolutie van bezetting

Ook bij de bezettingsresoluties leveren de sensoren zeer verschillende prestaties. Deze zijn weergegeven in figuur 5.16. Onder het schema volgt een toelichting van de plaatsing van elke sensor in het schema.



Figuur 5.16: Sensortoepassingen weergegeven op de bezettingsresolutie van Christensen

• De gegevens van passieve RFID deurscanners zijn niet bruikbaar, omdat mensen elkaar toelaten tot een ruimte, tegelijkertijd weggaan, etc. waardoor er grote afwijkingen kunnen ontstaan in zowel de bezetting als de benutting.

• De PIR sensor in verlichting kan informatie leveren over de aanwezigheid van een of meerdere personen in een ruimte, maar geen informatie over het aantal mensen in de ruimte.

• De infraroodpoorten kunnen goed bezetting inschatten. Bij benutting ontstaan er afwijkingen wanneer er twee personen tegelijkertijd door één deur lopen.

• CO2-metingen kunnen gebruikt worden om de benutting te bepalen, maar hebben wel een nauwkeurigheid die afhangt van de snelheid waarmee de lucht wordt ververst. Ze kunnen niet gebruikt worden om de bezetting nauwkeurig te bepalen in de tijd.

• De toepassing van RFID als toegangscontrole voor een gebouw en verdieping levert nauwkeurige informatie over de bezetting en benutting op wanneer het systeem toegang geeft per persoon (zoals bijvoorbeeld de OV-poorten van de NS)

• De PIR sensor onder een bureau levert van elke werkplek de bezetting, en kan dus op alle hogere niveaus ook de benutting aangeven van de werk- of leeromgeving.

• Een IR camera is in staat om de bezetting en benutting te bepalen - afhankelijk van de plaatsing van de camera op werkplek-, ruimte-, verdiepings- of gebouwniveau. Identiteit wordt niet geregistreerd, alhoewel camera's wel als indringend kunnen worden ervaren.

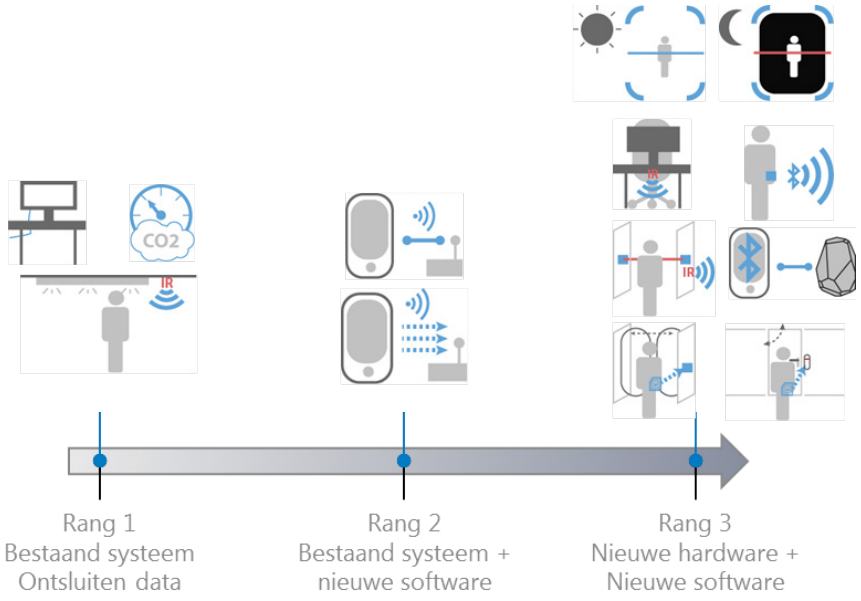
• Wi-Fi en Bluetooth kunnen gebruikt worden om de bezetting en benutting te bepalen, alsmede de identiteit van de persoon en activiteit (gerelateerd aan de locatie van de persoon of bewegingen in de ruimte). In de implementatie van deze methoden moet om die redenen goed worden vastgelegd hoe de privacy van personen wordt gewaarborgd.

• Videocamera's kunnen gebruikt worden om bezetting, benutting en ook bepaalde kenmerken van identiteit te bepalen. De beelden worden in principe niet opgeslagen, dus daarmee is de privacy van personen gewaarborgd, hoewel de toepassing van camera's als indringend kan worden ervaren.

Impliciet/expliciet meten

Het vraagstuk bij impliciet/expliciet meten is of de sensor al wordt ingezet voor een ander doeleinde en kan worden gebruikt voor het meten van bezetting / benutting, of dat het een heel nieuw sensortype vereist dat specifiek wordt ingezet voor bezettings- en benuttingsmetingen.

De sensoren staan in figuur 5.17 gepositioneerd. Dit schema kan niet worden ingevuld voor alle universiteiten gezamenlijk, en ook binnen de universiteiten zal er verschil zijn in de systemen die per gebouw zijn geïmplementeerd.



Figuur 5.17: Sensortoepassingen weergegeven op de rangen van impliciet en expliciet meten, van Christensen

• PIR sensoren waarmee de verlichting wordt aangestuurd, zijn zeer waarschijnlijk aanwezig bij de universiteiten. Deze kunnen worden gebruikt voor het meten van bezetting (in uren) wanneer de data wordt ontsloten.

• CO2 sensoren waarmee de luchtbehandeling wordt aangestuurd, zijn aanwezig bij de universiteiten. Deze kunnen gebruikt worden voor het meten van benutting (in stoelen) wanneer de data wordt ontsloten.

In het voorgaande is de beperkte nauwkeurigheid van deze bronnen (PIR sensoren in de verlichting en CO2 sensoren) besproken. Wellicht is met een combinatie van gegevens uit beide bronnen de bezetting en benutting nauwkeurig te bepalen – hier zijn helaas nog geen voorbeelden van gevonden.

• Wi-Fi (passief/actief) is reeds aanwezig op de campus en kan worden ingezet, mits de juiste software beschikbaar is om de grote hoeveelheden data om te zetten in beschikbaarheidsinformatie.

• Passieve RFID is wellicht in enige vorm aanwezig op de campus als toegangscontrole en/of als deurscanner. Bij toegangscontrole kunnen de gegevens in rang 1 worden geplaatst. Bij deurscanners is het afhankelijk van het type: bijvoorbeeld de TU Delft heeft een systeem voor de toegang tot deuren waarbij de toegangscontrole in de sensor wordt geregeld en waarbij de sensor niet communiceert met andere sensoren of een centraal netwerk. Dat betekent dat nieuwe infrastructuur nodig zou zijn voor het ontsluiten van de data.

• De overige sensoren zijn sensoren die niet aanwezig zijn, en zowel nieuwe hardware als software vereisen.

5.5. Toepassing sensoren in de universitaire context

Op basis van de in hoofdstuk 3 en 4 geformuleerde vragen is er per sensor gekeken of, op basis van de voorgaande hoofdstukken, de sensoren geschikt zijn voor een bepaalde tool. Voor sommige tools is een sensor benodigd, voor anderen kan de sensor ter aanvulling dienen op bijvoorbeeld een boekingssysteem.
In het schema is de geschiktheid van een sensor beoordeeld met +, +/-, - of geen waarde. De beoordeling betekenen het volgende:

Geen waarde	: de sensor is niet in te zetten voor dit doeleinde
-	: de sensor kan niet zowel bezetting (in uren) als benutting (in stoelen) meten. Combineren met andere sensor.
+/-	: de sensor is bruikbaar op de resolutie van ruimte, maar niet op de resolutie van werkplek.
+	: de sensor is geschikt voor dit doeleinde

Het overzicht laat zien dat Bluetooth als sensor voor de meeste gevraagde functionaliteiten geschikt is. Ook Wi-Fi (passief), PIR sensoren onder bureaus, videocamera's en IR camera's zijn voor veel toepassingen geschikt. Het nadeel van deze sensoren, op Wi-Fi (passief) na, is dat het de toevoeging van nieuwe infrastructuur vereist (zie hfd. 5.4).

Tools – functionaliteiten	Sensor benodigd	actief	passief	iBeacons	toegangs controle	deurscanner	Videocamera	IR camera	deurscanner	verlichting	bureausensor	CO2	
1 Tools voor campus management													
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	optioneel		+	+			+	+	+	-	+	-	
→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	ja		+	+			+	+	+	-	+		
→ **Nieuw:** meenemen zaalvoorzieningen in monitoring	nee												
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren	optioneel		+/-	+		-	+	+		-	+	-	+
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte	ja		+	+			+						
Nieuw: Real-time bezetting en benutting per gebouw	ja	+	+	+	+		+	+			+		
2 Tools voor studenten													
Beschikbare PC werkplekken	ja		+/-	+/-			+	+			+		+
Beschikbare studieplekken zonder PC	ja		+/-	+/-			+	+			+		
Zelfboekingssysteem projectruimten	optioneel		-	+									
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	optioneel		-	+			+	+	+		+		
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen	nee												
3 Tools voor medewerkers													
Beschikbaarheid vergaderzalen	ja		-	+			+	+			+		
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen	optioneel						+	+			+		+
4 Tools voor studenten en medewerkers													
Indoor navigatie	optioneel		+	+									
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties	ja		+	+									
5 Tools voor het verduurzamen van de campus													
Koppeling roostersysteem - GBS	nee												
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten													
Boeken van vergaderzalen door derden	nee												

Figuur 5.18: Overzicht geschiktheid sensor per functionaliteit

Om die reden is een ander voordeel van Wi-Fi (passief) dat het flexibeler is na implementatie, en in veel gevallen dan ook zonder veel extra moeite en kosten kan worden ingezet wanneer een andere functionaliteit wordt gevraagd. De andere sensoren zullen, afhankelijk van de functionaliteit die in eerste instantie wordt gevraagd, ook qua plaatsing daarop worden afgestemd. Bijvoorbeeld als de gevraagde functionaliteit is om de bezetting en benutting van een onderwijszaal te meten, kan er gekozen worden om op iedere zitplek een PIR sensor onder de tafel te hangen, of om videocamera's bij de ingangen te hangen die in- en uitgaande studenten tellen. Wanneer er later een andere functionaliteit uit het schema gevraagd wordt, bijvoorbeeld de real-time bezetting en benutting per gebouw, dan zal in veel gevallen de bestaande oplossing niet voldoen.

Per functionaliteit kan hoofdstuk 5.3 en 5.4 gebruikt worden om nader te bepalen welk van de geschikte sensoren het meest gewenst is. Hieronder enkele voorbeelden:

• Bij een bezettingsmeting voor onderwijszalen zijn diverse methoden geschikt. Bij een PIR sensor onder bureaus dient elke werkplek uitgerust te worden, hetgeen leidt tot zeer hoge kosten. Het gebruik van video- of IR camera betekent dat deze sensor in elke onderwijszaal moet worden geplaatst, hetgeen ook tot zeer hoge kosten leidt. Bij Infrarood en Bluetooth geldt dit ook, maar is de sensor goedkoper. PIR sensoren in verlichting en CO2 sensoren zijn het goedkoopst, maar moeten met andere sensoren gecombineerd worden om betrouwbare data te leveren.

• Bij beschikbare studieplekken zonder PC zijn diverse methoden geschikt. Wanneer er op het niveau van de werkplek informatie nodig is, dan zijn PIR sensoren per bureau, videocamera's of IR camera's nodig: dit leidt echter tot (zeer) hoge kosten. Wanneer er informatie nodig is van de benutting (in stoelen) op ruimteniveau, dan kan de plaatsing van Bluetoothsensoren of het gebruik van Wi-Fi een goedkoper alternatief bieden. Het plaatsen van videocamera's of IR-camera's wordt dan echter ook goedkoper, omdat dit dan op ruimteniveau kan.

• Bovenstaande voorbeelden illustreren dat het toevoegen van een kostenvergelijking op dit abstractieniveau niet mogelijk is, omdat de grote variatie binnen sensoren in met name de ruimtelijke resolutie ertoe leiden dat de kosten voor Bluetoothsensoren, camera's of passieve RFID oplossingen enorm variëren. De rangen in impliciet en expliciet meten geven wel een indicatie: de sensoren in rang 3 zullen doorgaans het duurst zijn. Het overzicht uit dit hoofdstuk kan verder uitgewerkt worden per functionaliteit, waarbij de ruimtelijke resolutie moet worden vastgezet om een betrouwbare indicatie te kunnen geven van de kosten.

5.6. Conclusies

Input voor dashboard smart tools

De geïnventariseerde sensoren zijn: Wi-Fi (actief en passief), Bluetooth (iBeacon en wearables), Passieve RFID (toegangscontrole en deurscanner), Camera's (video en IR), Infrarood (deurscanner, verlichtingssensor en bureausensor) sensor, Ultra-wideband, CO2 en ingelogde PC's.

Bijna alle sensoren kunnen gebruikt worden voor real-time toepassingen, maar met name in de ruimtelijke resolutie zit grote variatie in het schaalniveau waarop de sensoren betrouwbare informatie kunnen geven. Bij de toepassing van enkele methoden hangt het schaalniveau af van dichtheid en/of plaatsing van de sensor, hetgeen ook een behoorlijke impact op de kosten heeft..

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn als volgt (per onderzoeksvraag):

Welke smart tools (sensoren) zijn er nu in de wetenschap?

In de wetenschap worden vier typen toepassingen onderscheiden:
• Studies waarin getest wordt welke energiebesparingen haalbaar zijn door het meten van bezetting in gebouwen;
• Studies waarin gebruikers in gebouwen worden gelokaliseerd om met die informatie het facility management en/of de gebruikers te ondersteunen;
• Studies waarin bij grote (buiten)evenementen het aantal bezoekers en bezoekersstromen worden bestudeerd;
• Studies waarin ruimtegebruik wordt gemeten om de faciliteiten voor patiënten in de thuiszorg te verbeteren.

In deze toepassingen zijn duidelijke verbindingen zichtbaar. Inzicht in bezetting en benutting is sterk verbonden met het reduceren van CO2 emissies en het gebruik van bezettingssensoren. Inzicht in locatie (en daarmee eveneens bezetting en benutting) is verbonden met Wi-Fi als sensor en doelstellingen m.b.t. gebruikers en duurzaamheid. Inzicht in activiteit is verbonden met sensoren op personen en het gebruik van meerdere sensoren, en met doelstellingen op verschillende niveaus.

Opvallend is dat er geen enkele publicatie is gevonden waarin het reduceren van m2 als doelstelling is genoemd. Dit staat in schril contrast tot de activiteit omtrent dit onderwerp in de praktijk.

Welke smart tools (sensoren) zijn er nu in de markt?

Op basis van de vergelijking tussen de geïnventariseerde sensoren is er een overzicht gemaakt voor welke functionaliteiten een bepaald type sensor geschikt is: zie figuur 5.19. Wi-Fi lijkt als sensor op dit moment zeer geschikt te zijn voor toepassing in de universitaire context, om een aantal redenen:

• Wi-Fi is toepasbaar voor veel van de verschillende (gewenste) functionaliteiten, alhoewel het minder precies is dan een aantal andere methoden;

• Doordat er gebruik wordt gemaakt van de bestaande infrastructuur, zijn de kosten relatief laag in vergelijking met methoden waarvoor nieuwe infrastructuur moet worden aangeschaft.

• Het gebruik van Wi-Fi voor smart tools is flexibeler dan veel andere sensoren; wanneer een nieuwe of andere functionaliteit gewenst is, kan daar relatief gemakkelijk in voorzien worden.

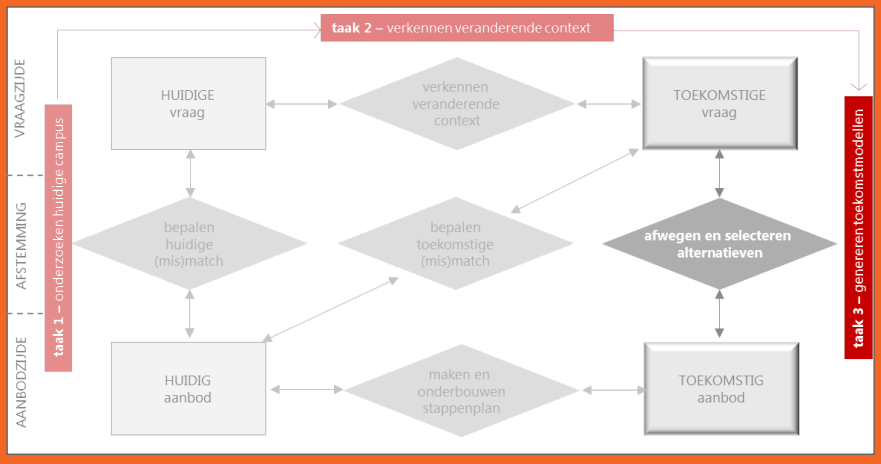
Tools – functionaliteiten	Sensor benodigd	actief	passief	iBeacons	toegangs controle	deurscanner	Videocamera	IR camera	deurscanner	verlichting	bureausensor		
1 Tools voor campus management													
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	optioneel		+	+			+	+	+	-	+	-	
↳ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	ja		+	+			+	+	+	-	+		
↳ **Nieuw:** meenemen zaalvoorzieningen in monitoring	nee												
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren	optioneel		+/-	+		-	+	+		-	+	-	+
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte	ja		+	+			+						
Nieuw: Real-time bezetting en benutting per gebouw	ja	+	+	+	+		+	+			+		
2 Tools voor studenten													
Beschikbare PC werkplekken	ja		+/-	+/-			+	+			+		+
Beschikbare studieplekken zonder PC	ja		+/-	+/-			+	+			+		
Zelfboekingssysteem projectruimten	optioneel		-	+									
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	optioneel		-	+			+	+	+		+		
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen	nee												
3 Tools voor medewerkers													
Beschikbaarheid vergaderzalen	ja		-	+			+	+			+		
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen	optioneel						+	+			+		+
4 Tools voor studenten en medewerkers													
Indoor navigatie	optioneel		+	+									
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties	ja		+	+									
5 Tools voor het verduurzamen van de campus													
Koppeling roostersysteem - GBS	nee												
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten													
Boeken van vergaderzalen door derden	nee												

Figuur 5.19: Overzicht geschiktheid sensor per functionaliteit

Hoofdstuk 6
Smart tools in de markt

In dit hoofdstuk wordt een verslag gegeven van verschillende verkenningen op het gebied van smart tools. Bij stap 3 van campus management, namelijk het genereren van toekomstmodellen, is het hebben van een referentiekader aan aanwezige tools in de markt behulpzaam. In dit hoofdstuk worden een aantal implementaties en de ervaringen van andere eindgebruikers onderzocht. Er zijn interviews gehouden met Fontys Hogeschool, Avans Hogeschool, SlimLabs, Nationale Spoorwegen, Schiphol Real Estate en Shell.

De onderzoeksvragen die in dit hoofdstuk wordt beantwoord, zijn:
• Welke smart tools zijn er nu in de markt?
• Welke toekomstige ontwikkelingen zijn er te verwachten op het gebied van smart tools?



6. Smart tools in de markt

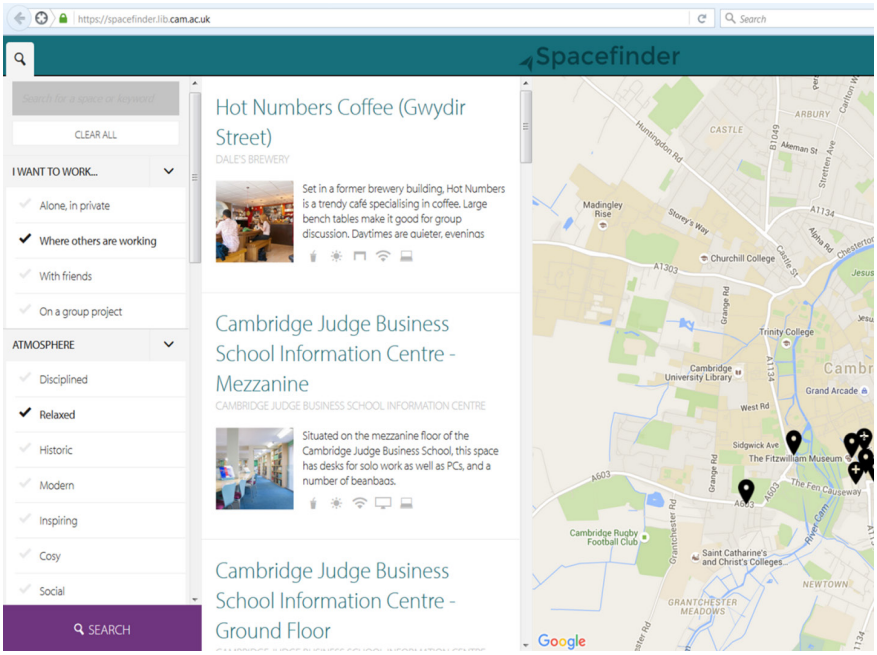
6.1. Desk research

In dit hoofdstuk worden een aantal relevante voorbeelden van smart tools gegeven die in de loop van het onderzoek zijn gevonden, maar waarvoor geen aanvullende informatie via interviews is verkregen. De bronnen zijn bij de diverse tools vermeld. Opvallend is dat er bij buitenlandse universiteiten nog weinig smart tools op openbare websites worden gevonden die vergelijkbaar zijn met de gebruikerstools die de Nederlandse universiteiten hebben (ontwikkeld).

Spacefinder – Ontwikkeling bij Cambridge University

Spacefinder is een tool die door de bibliotheek van de universiteit is ontwikkeld in het kader van een project om betere dienstverlening aan studenten te leveren. Het idee voor Spacefinder is gestart omdat bleek dat studenten vaak niet een studieplek konden vinden die aan hun eisen voldeed.

De functionaliteit die Spacefinder aanbiedt om hen daarin te helpen, is dat alle studieplekken van de universiteit zijn gelabeld op een aantal kenmerken – wat voor type studieplek is het, welke voorzieningen zitten er dicht bij, welke sfeer heeft de plek, wat voor soort verlichting is het, etc. De student kan aangeven welke kenmerken zijn studieplek dient te hebben en op de plattegrond (google maps) worden de plekken weergegeven die daaraan voldoen.



Figuur 6.1: Voorbeeldweergave Spacefinder

Begin juni zijn er een aantal updates aan Spacefinder toegevoegd, waaronder verschillende studieruimtes binnen gebouwen en het aantal studieplekken in die studieruimtes. Ook zijn er van een aantal gebouwen 'indoor maps' – plattegronden - beschikbaar. Dat geeft aan dat de tool in ontwikkeling is, en dat er verder wordt gewerkt aan de functionaliteiten van de tool.

Wat in Spacefinder nog niet staat, is:
 Waar in de gebouwen zitten de studieplekken
 Welke studieplekken (binnen een gebouw) voldoen aan de criteria waarop de student zoekt
 Zijn de studieplekken beschikbaar?

In vergelijking met de Nederlandse universiteiten biedt Spacefinder dus een heel ander soort informatie dan de precieze locatie en/of beschikbaarheid van studieplekken. Spacefinder gebruikt ook geen sensoren om de beschikbaarheid van studieplekken te monitoren. De bestaande tools van de universiteiten kunnen wellicht aangevuld worden met de manier waarop de studieplekken zijn gecategoriseerd en hoe de interface is vormgegeven.

Het is niet bekend of de universiteitsbibliotheek van Cambridge via Spacefinder gegevens over het gebruik verzamelt, en dat is op basis van de zichtbare functionaliteiten ook niet mogelijk. Wat wel mogelijk is, is dat de zoekopdrachten van de bezoekers worden geanalyseerd – en dat Cambridge op die manier goed inzicht krijgt in de gewenste voorzieningen van de studieplekken op de campus.

Touchwonders – Implementatie bij Heijmans, Hooghiemstra

Touchwonders is een bedrijf dat apps bouwt voor diverse bedrijven. Een aantal van de door hen ontwikkelde toepassingen heeft een koppeling met ruimtegebruik, en die zijn in het kader van dit onderzoek interessant. Touchwonders maakt gebruik van iBeacons bij hun toepassingen. Het nadeel van iBeacons is dat gebruikers vooraf toestemming moeten geven en apps moeten installeren. Het gebruik van iBeacons lijkt dus niet geschikt voor het monitoren van ruimtegebruik, maar mogelijk wel voor apps richting de gebruiker.

De app die voor Heijmans is ontwikkeld, bevat meerdere functionaliteiten voor de gebruiker. Zo kan de gebruiker van de app het klimaat en de verlichting in de ruimte waar hij/zij zich bevindt aanpassen naar de gewenste instellingen. De app is gekoppeld aan een thermostaat, en weet waar de gebruiker zich bevindt door de iBeacons. Een andere functionaliteit is het doorgeven van storingsmeldingen via de app. De gebruiker kan voor de ruimte waarin hij/zij zich bevindt eenvoudig een storingsmelding doorgeven.

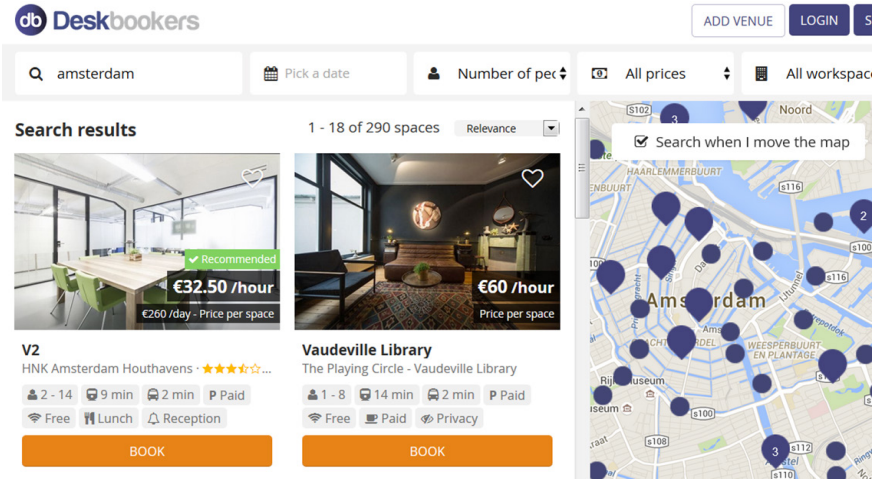
Figuur 6.2: Touchwonders app, bij Heijmans

Een ander voorbeeld is de app bij het business centrum Hooghiemstra. De app, genaamd 'Elevate', stimuleert gebruikers om zoveel mogelijk de trap te nemen. Het sneller nemen van de trap zorgt ervoor dat je meer punten scoort, terwijl het nemen van de lift minpunten betekent.

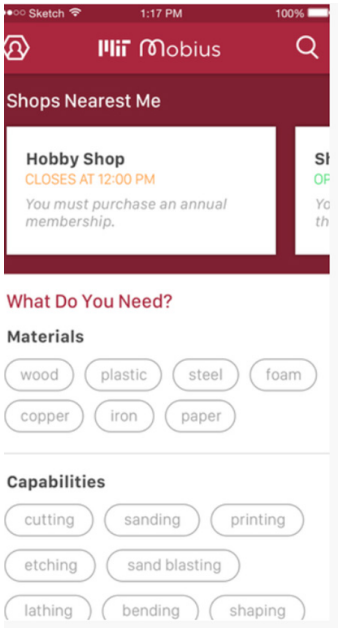
Deskbookers / Sharedesk - Online Platform

Deskbookers en Sharedesk zijn twee voorbeelden van online platforms waarbij gebruikers een werkplek of vergaderzaal kunnen boeken. Sharedesk is de internationale variant, terwijl Deskbookers door Nederlanders is opgericht en dus al meer gebruikers in Nederland heeft. Deskbookers biedt ook meerdere soorten ruimten aan. Het principe is eenvoudig: de ruimten die de universiteit wil verhuren, worden op het platform gezet. Het is zelfs mogelijk om kalenders te synchroniseren, waardoor de beschikbaarheid real-time is en gebruikers niet boeken op tijden dat de zaal gereserveerd is voor intern gebruik. De prijs van de ruimte bepaalt de verhuurder, en een deel van de huuropbrengst (15-20 procent) valt ten deel aan het platform.

Ook hier geldt dat de tool geschikt voornamelijk geschikt is om gebruikers te ondersteunen en (nu) niet om inzicht in het ruimtegebruik te krijgen. Ook hier geldt dat aan de achterkant de makers van de app inzicht kunnen krijgen in de behoefte van gebruikers. Het percentage no-shows zal zeer laag zijn, omdat de huurder van de ruimte betaalt voor het gebruik van de zaal.



Figuur 6.3 Voorbeeldweergave Deskbookers



Figuur 6.4: Mobius App, MIT

Möbius - Implementatie bij MIT

Möbius is een applicatie die door MIT is ontwikkeld om studenten te helpen bij het gebruik van de werkplaatsen op de campus. Studenten kunnen in de app zoeken op de spullen die ze nodig hebben en welke winkels de spullen verkopen. Vervolgens kunnen ze op de campus zoeken waar ze de materialen het beste kunnen bewerken, op basis van de mogelijkheden van de verschillende machines op de campus.

Voor Möbius geldt hetzelfde als Spacefinder – het helpt studenten om de geschikte voorzieningen op de campus te vinden, en aan de achterkant kunnen de makers van de app inzicht krijgen in de behoefte naar materialen en benodigdheden van de werkplaatsen op de campus.

OVG (The Edge) – Implementatie Philips / Mapiq

Een veelgenoemd voorbeeld in het kader van smart buildings en smart tools is het gebouw 'The Edge,' een gebouw dat door OVG is ontwikkeld en hoofdzakelijk door Deloitte wordt gehuurd. In het gebouw zijn diverse technologieën geïmplementeerd. Deze zijn door het bedrijf HC RT geïntegreerd in één systeemarchitectuur en samengebracht in Mapiq. Voorbeelden zijn een koffieapparaat dat de keuze van medewerkers onthoudt, verlichting en klimaat die door de gebruiker kunnen worden aangestuurd en schoonmaakrobots.

Het meten van bezetting gebeurt via de verlichtingspanelen in het gebouw. Elk verlichtingspaneel, van Philips, bestaat uit een lichtbron (LED) en vier sensoren, die via daglicht, beweging, temperatuur en infrarood meten wat de bezetting en benutting is. Als er niemand onder de lamp zit, kan de verlichting verlaagd worden en verhoogd. Daardoor is het mogelijk om aan te geven welke delen van het gebouw druk en rustig zijn – beheerders krijgen daarmee een dashboard waarmee ze real-time kunnen zien wat de bezetting en het energieverbruik in het gebouw is – op werkplekniveau, verdiepingsniveau en gebouwniveau.

Figuur 6.5: Voorbeeldweergave Mapiq voor Deloitte
(hier weergegeven: vind-je-collega)

De verlichtingspanelen zijn, samen met de verwarming, koeling en luchtbehandeling, gekoppeld aan deze sensoren. Wanneer er geen beweging onder de sensor is, worden deze installaties uitgeschakeld. Via hun telefoon kunnen gebruikers daarnaast voor de eigen werkplek de verlichting en temperatuur instellen. Ook is het via Mapiq mogelijk om collega's in het gebouw te vinden.

Volgens de case study van OVG worden de kosten van de duurzaamheidsmaatregelen, waaronder de verlichtingspanelen, terugverdiend binnen tien jaar door energiebesparingen en de gehanteerde huurprijzen.

Als volgende stap in de ontwikkeling die in The Edge is ingezet, noemt Mapiq 'machine learning'. Momenteel wordt er veel data verzameld over het gebruik van het gebouw, die vervolgens wordt geanalyseerd. Met machine learning zou het gebouw de analyse zelf doen, waarbij het gebouw leert van de gebruikers en andersom. Bijvoorbeeld: als een medewerker van huis vertrekt, dat het gebouw een voorspelling kan geven waar er een parkeerplek is bij aankomst. OVG geeft ter aanvulling aan dat The Edge nog steeds wordt gezien als benchmark voor een smart building, terwijl er inmiddels al twee jaar gewerkt wordt aan gebouwen die slimmer en duurzamer worden dan The Edge.

Irisys – diverse implementaties

Irisys is een bedrijf dat infrarood sensoren gebruikt voor drie verschillende doelen: het meten van gebruikersstromen, het meten van wachtrijen en 'smart buildings' – ofwel het besparen van vierkante meters, geld en energie. De werking van de sensoren is in hoofdstuk 5 omschreven. Irisys zet hun technologie al in bij een brede reeks bedrijven, waaronder diverse supermarktketens, Dubai Airport, Network Rail (de Britse equivalent van Prorail) en de North American Communications Company.

Calzedonia – Experienced footfall (implementatie)

Voor Calzedonia, een Italiaans modebedrijf, is er in winkels een smart tool ontwikkeld die werkt op basis van passieve infraroodcamera's. Calzedonia heeft in 2012 op basis van een grondige studie een keuze gemaakt voor een systeem voor het meten van bezoekersaantallen in zijn winkels. Eerst werden 3 winkels uitgerust met het systeem, daarna 34, en in een derde fase de 540 winkels in heel Italië. De metingen werden vergeleken met de systemen die Calzedonia in gebruik had. Daarna is besloten om alle winkels wereldwijd – 2500 in Europa – met het systeem uit te rusten.

In de tool wordt real-time de conversiefactor berekend: de omzet in verhouding tot het aantal bezoekers. De meetsystemen laten ook toe het succes van advertentiecampagnes te meten, gedragspatronen van klanten te identificeren, de verschillen tussen regio's en filialen te ontdekken.

Deze informatie wordt in real time ter beschikking gesteld aan de bedrijfsleider van de winkel en elke avond aan het hoofdkantoor doorgezonden. Voor Calzedonia is gedetailleerde kennis van het profiel en het gedrag van zijn bezoekers en klanten essentieel.

Figuur 6.6: Werkwijze experienced footfall (Irisys)

Amerikaanse supermarkt (n.b.) – Queue management (implementatie)

Deze supermarktketen – waarvan de case study de naam niet vermeldt – wenste te zich te differentiëren in de markt en de klanttevredenheid te verhogen door de wachttijden aan de kassa's te verminderen. Daartoe werd het systeem voor het beheer van wachtrijen van Irisys geselecteerd. De opdracht was de wachttijden van klanten te verminderen zonder bijkomende investeringen in arbeidstijd. Beoogd werd dat terwijl 1 klant bediend werd, er nog 1 klant wachtte, en dat gedurende 85% van de tijd.

De meetsystemen van Irisys, die werken op basis van de infrarode beeldvorming, werden op twee manieren ingezet. De sensoren die aan het plafond boven de kassa's worden gehangen meten de wachttijden van de klanten en de lengte van de wachtrijen op een objectieve manier. Deze gegevens werden in real time geanalyseerd en vooraf ingestelde drempelwaarden worden bewaakt. Het personeel wordt automatisch aangestuurd om kassa's te openen en te sluiten. Wanneer een drempel wordt overschreden, wordt de bedrijfsleider hiervan geïnformeerd, zodat die actie kan ondernemen.

Network Rail – People counting (implementatie)

Network Rail is de non-profit eigenaar van een groot deel van de Britse spoorweginfrastructuur, zoals sporen, signalisatie, tunnels, bruggen, viaducten, overwegen en stations. De grootste stations worden ook de Network Rail uitgebaat.

Stations trekken niet alleen reizigers aan en Network Rail nam zich voor om dit te kapitaliseren. De inkomsten uit de stations zijn belangrijk voor Network Rail. Daarom werden meters geïnstalleerd om bezoekers te tellen en de bewegingen van bezoekers

in de stations te analyseren. Hierdoor kon Network Rail nieuwe kansen voor de retail creëren. Het kon aantonen dat zijn stations tot de meest lucratieve retail locaties van het land behoren.

De gegevens hebben Network Rail en de retailers in de stations inzicht gegeven in de bezoekersvoorkeuren, waarop zij hun exploitatie hebben aangepast. Het resultaat is een sterke stijging van de omzet in de stations van het bedrijf.

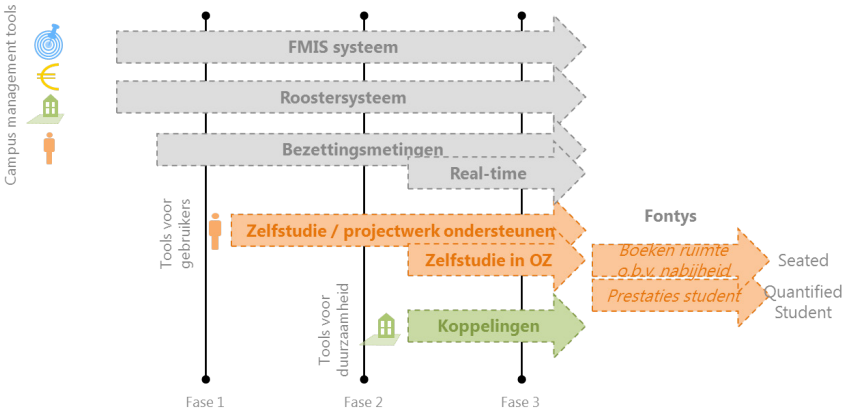
In totaal werden meer dan 1700 thermische sensoren geplaatst in de stations van Network Rail. Eén van de merkwaardige resultaten van de metingen is dat de stations jaarlijks door tientallen miljoenen personen worden bezocht die niet met de trein reizen, maar die naar het station komen om er te winkelen en te eten. De sensoren hebben de zones van intensief verkeer in kaart gebracht, tonen hoe mensen op een natuurlijke wijze het station gebruiken, en van welke vervoersvoorzieningen in en rond het station zijn gebruik maken.

In Waterloo Station in Londen, bijvoorbeeld, werd in 2013 op basis van de metingen, een winkelzone ingericht die wat buiten het drukke verkeer ligt waardoor er een rustiger klimaat ontstaat en bezoekers meer geneigd zijn om de tijd nemen om te winkelen.

6.2. Interviews

Fontys Hogeschool – Diverse tools in ontwikkeling

Bij Fontys Hogeschool worden diverse tools gemaakt en ontwikkeld op basis van data uit het Wi-Fi netwerk. Dit wordt al een aantal jaren op projectbasis in het onderwijs gedaan, waarbij studenten zelf apps ontwikkelen die gebruik maken van Wi-Fi data.
De geïnterviewde gelooft dat de volgende ontwikkelingsfase niet richt op het inzicht geven in het ruimtegebruik op de campus, maar om gebruikers inzicht te geven in hun gedrag en hun gebruik van het gebouw. 'Smart tools' worden in die context tools die interacteren met de gebruiker. Dit is een vierde stap in de ontwikkeling van smart tools. Daaruit kan informatie over bezetting voortkomen voor de vastgoedafdeling, maar dat is geen prioriteit.



Figuur 6.7: Positie Fontys in ontwikkeling smart tools

Figuur 6.8a: Seated app

Figuur 6.8b: Quantified student: sensor

Hieronder zijn twee voorbeelden van deze vierde stap gegeven. Deze tools worden momenteel ontwikkeld in samenwerking met bedrijven.

Seated (in ontwikkeling)

Seated is voortgekomen uit de opvatting dat het roostersysteem (of ander boekingssysteem) niet werkt omdat het een schijnwerkelijkheid is. Om binnen een bestaand boekingssysteem het proces interactiever te maken, zijn allerlei ingewikkelde business rules nodig. Met Seated wordt daar helemaal vanaf gestapt. Seated is een toepassing waarmee studenten en medewerkers op basis van Wi-Fi een ruimte kunnen reserveren als ze dichtbij een ruimte zijn: nabijheid is dus een voorwaarde om de ruimte te boeken. Als de gebruiker na het maken van de boeking te ver weg gaat van de ruimte, wordt deze na enige tijd ook weer vrijgegeven.

Seated wordt ontwikkeld door Fontys samen met een bedrijf. Het is een middleware – software die werkt op basis van andere software waarmee via Wi-Fi de bezetting van ruimten in kaart wordt gebracht.

Voorwaarden:
- Gebruik van Wi-Fi data
- Hoge dichtheid van Access Points
- Eenvoudige toegang tot vergaderzalen

Quantified Student (in ontwikkeling)

In 2018 wil Fontys een app ontwikkeld hebben waarmee elke student kan zien hoe goed hij/zij presteert. Er is al financiering om hiermee aan de slag te gaan. De student mag zelf kiezen om hieraan mee te doen, en betaalt daar ook voor. Voor bijvoorbeeld hardlopen is het gangbaar om via apps bij te houden welke tijden en afstanden je rent, wat je eet enz., om zo een betere hardloper te worden. Quantified Student streeft na om studenten voor hun studie hetzelfde te bieden.

Er wordt gekeken naar biometrische gegevens (via wearables), zoals uren slaap, stressniveau, concentratieniveau. Ook worden er gegevens over ruimtegebruik aangeleverd, zoals het aantal uren dat de student op Fontys aanwezig is ten opzichte van medestudenten.

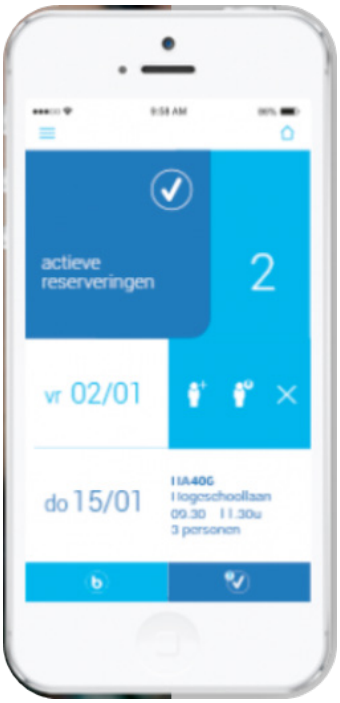
Avans Hogeschool – Boekit (pilotfase)

Avans is een project gestart om hetzelfde probleem op te lossen dat in dit onderzoek aan de orde wordt gesteld met behulp van een smart tool. Boekit is als partij geselecteerd om deze tool te gaan ontwikkelen. De doelstelling van de tool is drievoudig:

- Het verkrijgen van betere informatie voor vastgoedbeslissingen;
- Het organisatieproces van de roostering te verbeteren;
- Het serviceniveau naar de gebruiker toe te verhogen.

Het verbeteren van het organisatieproces in roostering heeft te maken met het monitoren wat er tijdens het roosterproces gebeurt. In het roosterproces wordt de plan-do-check-act cyclus niet goed gemaakt. Avans wil met Boekit gaan monitoren hoe goed elke roosteractie is en daarop bijsturen in de volgende roostercyclus. De kwaliteit van een roosteractie wordt op vijf aspecten gemonitord: studentengroep, docenten, omvang van de zaal, locatie en tijdstip. Avans wil hiermee toe naar een roosterbezetting van 80 procent en een benutting (in stoelen) van 80 procent.

Het systeem dat hiervoor gebruikt gaat worden, maakt gebruik van iBeacons. In elke ruimte worden deze sensoren geplaatst, en telefoons en laptops maken verbinding met de iBeacons. iBeacons werken op basis van low-energy bluetooth in samenwerking met een app. Normaal gesproken werkt dat op basis van een opt-in principe: gebruikers moeten hun telefoon en bluetooth aanzetten en de app geïnstalleerd hebben. Om de prestaties van de sensor te maximaliseren, heeft Boekit wat aanpassingen gedaan aan de sensoren. Daarnaast is er met Boekit een app ontwikkeld die de student veel meer informatie biedt dan alleen bezettingsinformatie: ook informatie met betrekking tot hun studie.

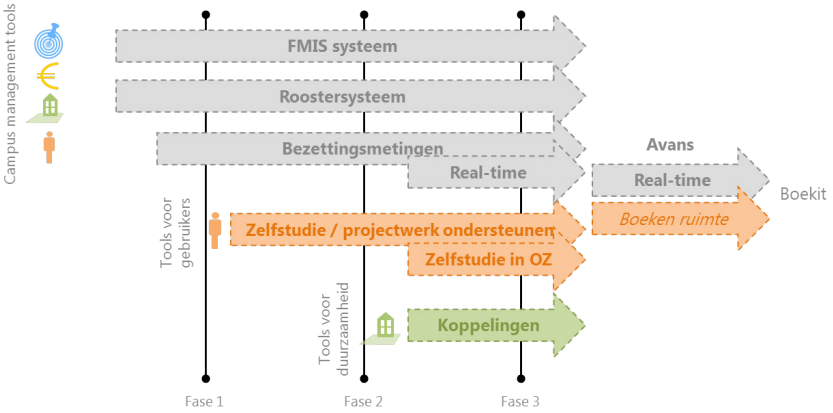


Figuur 6.9: Boekit app

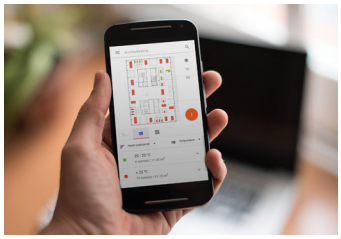
In de app kunnen studenten/medewerkers zien of een ruimte bezet is en ongeveer door hoeveel mensen. Voor onderwijszalen, een aantal vergaderzalen en sommige studieplekken is ook zichtbaar of deze gereserveerd kan worden. Voor de meeste studieplekken wordt aangegeven of er in de ruimte een studieplek vrij is of niet. De vergaderzalen die in het systeem zitten, zijn de vergaderzalen in de frontoffice waartoe studenten toegang hebben. De vergaderzalen in de backoffice doen niet mee in het systeem.

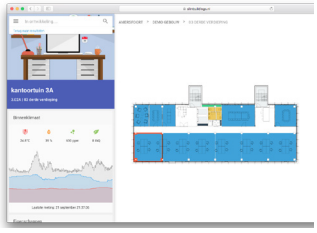
De beheerder krijgt op basis van de iBeacons van elke zaal informatie over de bezetting en benutting, maar ook: wie er in de zaal is. Daarmee wordt het zichtbaar of studenten die voor een bepaald college zijn ingeschreven, ook naar dat college gaan. Daarnaast wordt van elke persoon elke 2-3 minuten bepaald waar in een gebouw hij/zij zich bevindt. Die data wordt ook bewaard. Bij elkaar resulteert dat in een enorme dataset waarbij de beheerder d.m.v. verschillende filters de gewenste informatie eruit kan halen. Een vervolgstap wordt om dit systeem ook voor de kantoorruimte in te zetten. Bij Avans zijn de kantoorruimten volgens het concept van de kantoortuin geïmplementeerd. Niemand heeft een vaste werkplek en hoewel diensten en academies hun eigen gebied hebben, kun je overal gaan zitten als medewerker. Boekit is daarnaast bezig om functionaliteiten verder uit te breiden, bijvoorbeeld om de toegang tot de zaal en printen via dezelfde app te ontsluiten.

Bij het installeren van de app moet de gebruiker akkoord gaan met de voorwaarden. Daar staat o.a. in dat hij/zij wordt gemonitord: niet als student, maar als deel van een populatie. Daarnaast dat Avans de beschikking niet heeft over NAW nummers en andere persoonsgegevens. Alleen in geval van nood mag het College van Bestuur besluiten om die gegevens om te koppelen. Bij de keuze voor deze oplossing geeft Avans aan dat er bewust is gekozen voor een oplossing die niet ver gaat qua privacy.



Figuur 6.10: Positie Avans in ontwikkeling smart tools





Figuur 6.11b, c, d:
Voorbeeldweergaven SlimBuildings

SlimBuildings – pilots bij: Rijksvastgoedbedrijf, HvA, VUMC

SlimBuildings is een product van een bedrijf genaamd SlimLabs, een bedrijf gespecialiseerd in innovatieve software voor facility management / asset management met BIM.

Het systeem SlimBuildings wordt bij het Rijksvastgoedbedrijf ook wel het vastgoedportaal genoemd. SlimLabs is bezig te toetsen of alle gebouwen van het Rijksvastgoedbedrijf geautomatiseerd omgezet kunnen worden in BIM-light modellen, gebaseerd op hun 2d CAD plattegronden. Daarvoor moeten de plattegronden wel voldoen aan een aantal voorwaarden: ze moeten gestandaardiseerd zijn, voldoen aan een aantal normen, etc. SlimBuildings heeft voor dat gedeelte overigens ook apps gebouwd, waarmee de BIM modellen te controleren zijn.

Figuur 6.11a: Voorbeeldweergave SlimBuildings

Er zijn twee typen BIM modellen volgens SlimLabs – een volwaardig BIM model op een hoog detailniveau, en een "BIM light", een BIM model dat voldoende detailniveau biedt om in een 3D omgeving de belangrijkste informatie te weergeven. SlimLabs kan op basis van goede plattegronden snel BIM light modellen genereren, tegen relatief lage kosten.

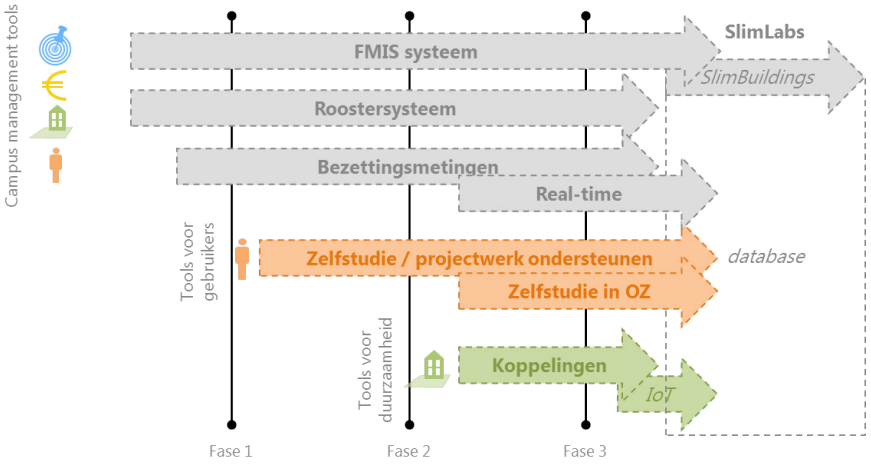
In het BIM model van de UvA/HvA is zichtbaar hoe de applicatie werkt. De gebruiker kan eenvoudig wisselen tussen een 3D-weergave van het gebouw en 2D-plattegronden van de verschillende verdiepingen. In beide weergaven kan de gebruiker de informatie inladen die hij/zij wil: van de brandwerendheid van bepaalde gebouwdelen, tot aan ruimtefuncties, tot aan informatie over ruimtegebruik. Er kan ook geswitcht worden in verschillende weergaven, van portefeuilleniveau tot aan ruimteniveau.

De bedoeling is om de informatie vanaf twee kanten aanpasbaar te maken. Als data uit andere systemen wordt gehaald; bijvoorbeeld dat de beheerder in het vastgoedplatform de verhuurbare eenheid kan aanpassen en dat deze naar Planon wordt aangepast, of andersom.

De informatie die te zien is (in verschillende modellen van SlimLabs) bevat onder andere:
• Data over de elementen in een gebouw, zoals de fabrikant van een deur of de leverancier van de W-installatie
• Data over onderhoudsinspecties per onderdeel en het wel/niet uitvoeren daarvan
• Data over CO2, luchtkwaliteit en temperatuur (via een sensorbox)
• Data over ruimtegebruik (via werkpleksensoren)
• Data over verhuurbare eenheden
• Data over voldoen aan wet- en regelgeving

De informatie verschilt per casus en is afhankelijk van de informatiebehoefte van de klant. Deze informatie wordt uit verschillende databases en systemen gehaald en in SlimBuildings gekoppeld.

De gebruiker kan in het vastgoedplatform eenvoudig de informatiebronnen naast elkaar leggen en vergelijken – dat is ook de insteek van SlimLabs, die daar zelf ook mee experimenteert. SlimLabs heeft de ambitie dat gebouwen in de toekomst zelf kunnen aangeven wanneer een renovatie nodig is, of wanneer ze functioneel niet meer voldoen. In het platform zelf worden vervolgens apps ontwikkeld – door SlimLabs zelf of door andere bedrijven – waarmee de informatie verder geoperationaliseerd wordt. Een voorbeeld is een app voor brandveiligheid. Op basis van data over compartimentering, brandwerendheid en vluchtroutes kan op ruimteniveau worden aangegeven welke mensen in bepaalde ruimten er bij brand moeten vluchten en welke mensen gered moeten worden.



Figuur 6.12: Positie SlimBuildings / SlimLabs in ontwikkeling smart tools

Het platform is via het internet beschikbaar en heeft een rechtenstructuur voor verschillende gebruikers. Het concept is dat het platform voor zowel gebruikers, beheerders als vastgoedmanagers hetzelfde is, met verschillende informatieniveaus en gebruikersinterfaces voor iedere groep. Daarmee kan de tool in onderstaand schema als een vierde stap worden gezien, waarin verschillende bronnen aan elkaar worden gekoppeld.

De koppeling met andere systemen is in sommige gevallen lastig. Het uitlezen van veel sensoren is eenvoudiger – die communiceren via een systeem zoals BACnet met het gebouwbeheersysteem en zijn eenvoudig uit te lezen voor SlimLabs.

Voor de sensoren werkt SlimLabs samen met QwikSense, die sensorboxes levert. In de sensorbox zitten verschillende sensoren, voor werkplekgebruik, CO2, temperatuur en luchtvochtigheid. Het prijsmodel van de softwarelicentie van SlimLabs kan via een rekenmodule op de website (Slimbuildings.nl) worden ingevuld - de prijs is per vierkante meter per jaar. Daarnaast kosten de afzonderlijke apps geld, maar die kosten zijn niet groot.

Schiphol Real Estate

Schiphol Real Estate is een vastgoedbelegger die de grondposities van Schiphol beheert, de kantoorlocaties rondom de luchthaven en een groot deel van de loodsen voor vrachtverkeer. Al het operationele vastgoed wordt door de luchthaven zelf gedaan.

Bij Schiphol Real Estate wordt momenteel gekeken naar de 'passenger journey': hoe kan de luchthaven zo goed mogelijk de passagier ondersteunen, vanaf het moment dat hij de luchthaven binnenkomt tot aan het moment dat hij het vliegtuig in stapt. Bij Schiphol worden de volgende onderzoeken gedaan:

- Marktonderzoeken: wat vindt de reiziger van de verschillende aspecten van de luchthaven en welke aspecten moeten er verbeterd worden (bijv. schoonmaak van verschillende onderdelen of voorzieningen bij de gates)
- Monitoren van retail locaties: er wordt geteld hoeveel mensen er gedurende een tijdsperiode in de verschillende winkels zijn, en aangevuld met informatie over de omzet van de winkels komt daaruit een beeld over de prestaties van elke locatie.
- Loopstromen in verschillende delen van de luchthaven worden gemonitord
- In de eigen kantoren wordt periodiek de bezetting van werkplekken en vergaderzalen gemeten.

Al deze onderzoeken vinden plaats door handmatige tellingen.
Er zijn ideeën om een dienst met pushberichten te gaan aanbieden. Gebruikers installeren een app die ze wijst op de locatie van hun gate of bepaalde delen van de retail, op basis van hun locatie en opgegeven voorkeuren. Het is niet bekend hoe concreet die ontwikkeling is.

Shell: Bezetting en benutting voor kantoorlocaties

Shell heeft zelf in Sharepoint een dashboard ontwikkeld waarin de prestaties van verschillende kantoorlocaties met elkaar worden vergeleken. Dit wordt gedaan op basis van vier databronnen:

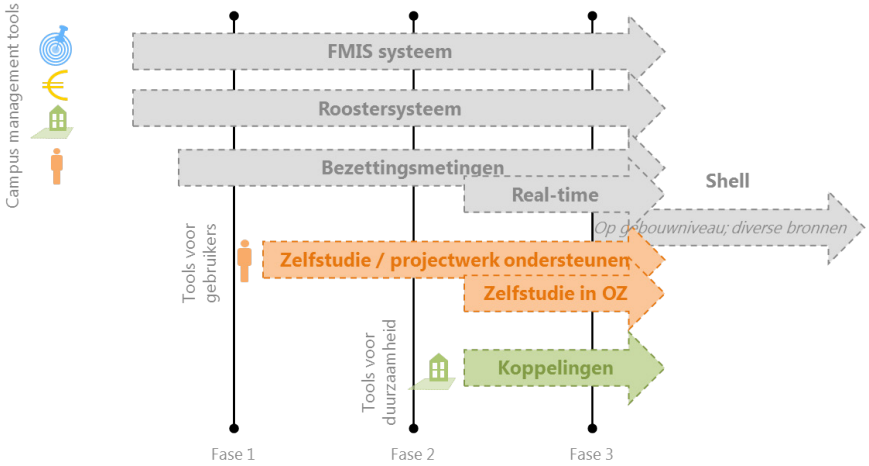
1. Gegevens uit het HR systeem, over het aantal gebruikers per pand
Deze informatie geeft een eerste beeld van de community per locatie. Wanneer de informatie op zichzelf staat, zegt het nog weinig over het ruimtegebruik – contractors kunnen voor 100 procent vanaf hun eigen kantoor werken, en mensen binnen de organisatie kunnen de meerderheid van hun tijd op een andere Shell locatie werken. In combinatie met de andere databronnen krijgt het meer betekenis.

2. Toegangscontrole.
Alle personen die de gebouwen bij Shell in en uit gaan, moeten gebruik maken van een toegangspas. Ook voor verplaatsingen tussen naast elkaar gelegen gebouwen is de toegangspas nodig. Omdat de passen gekoppeld zijn aan de identiteit van een persoon, is het mogelijk om te zien of de gebruikers van een bepaald gebouw ook echt de mensen zijn die aan dat gebouw zijn toegewezen

3. Ingelogde laptops per locatie.
De derde databron is de data van de ingelogde PC's van Shell. Elke werknemer heeft een laptop met een paslezer – door de medewerkerspas in de paslezer te doen, wordt de laptop ingelogd. Die gegevens worden door de ICT afdeling beschikbaar gesteld, waardoor het zichtbaar is welke gebruikers er op kantoor werken, en welke gebruikers er op andere locaties werken. Gecombineerd met de data van de toegangscontrole levert dit goede informatie over het ruimtegebruik per locatie.
4. Handmatige tellingen op een aantal locaties.
Handmatige tellingen laten andere informatie zien dan uit de andere databronnen komt – dat komt doordat mensen die rondlopen of net niet op hun plek aanwezig zijn, niet worden geteld. Daarnaast zijn de tellingen kostbaar.

Momenteel wordt overwogen om daar ook het gebruik van het Wi-Fi netwerk als bron aan toe te voegen.

In het dashboard zelf worden de vier databronnen over ruimtegebruik op gebouwniveau



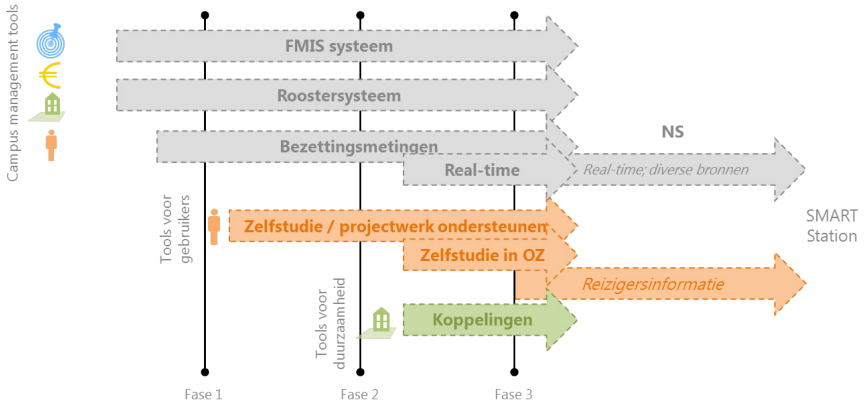
Figuur 6.13: Positie Shell in ontwikkeling smart tools

weergegeven. Deze wordt vergeleken met het aantal werk- en vergaderplekken (uit Planon) van een locatie, wat een beeld geeft over het ruimtegebruik per locatie. Deze wordt gelegd naast een streefwaarde (80% van de werkplekken in gebruik). Het verschil tussen de streefwaarde en de gemeten waarde, gecombineerd met de kosten per werkplek geeft aan wat het besparingspotentieel van elke locatie is. Het is in het dashboard mogelijk om meerdere scenario's te laden – bijvoorbeeld 70% als streefwaarde in plaats van 80% en de keuze voor een andere norm voor het aantal werkplekken per gebruiker.

Nederlandse Spoorwegen: SMART Station, diverse tools

Bij de NS is het vraagstuk waarmee men zich in het programma SMART Station mee bezig houdt: hoeveel treinreizigers passen er in een station? Een station is te zien als een veelvoud van onderdelen die met elkaar interacteren – een opstopping kan op één punt worden veroorzaakt door een actie van een persoon, maar betekent dat dat een station vol is? Het is net als in een file: een file hoeft niet te worden veroorzaakt doordat er direct teveel auto's op de snelweg zijn – het kan ook komen doordat er een auto niet goed invoegt, ineens hard op de rem gaat staan o.i.d. De kans op files neemt natuurlijk wel toe als het aantal auto's op een wegvak groter wordt.

Het probleem van de stations is om een balans te vinden tussen de frequentie waarop treinen rijden, de capaciteit van de treinen, de grootte van de perrons en het aantal perrons waar de treinen aankomen en vertrekken, en de verbinding tussen de perrons en de stationshal, gegeven de passagiersdrukte. Hiervoor is de NS gestart met een programma genaamd SMART Station. Voorafgaand aan de ontwikkeling van het concept is er geen business case gemaakt, omdat het niet mogelijk bleek om vooraf de baten in te schatten. Bovendien waren de kosten overzichtelijk ten opzichte van de jaarlijkse investeringen in vastgoed.
Er wordt een drietal bronnen gebruikt om data te verzamelen over de loopstromen van gebruikers:



Figuur 6.14: Positie NS in ontwikkeling smart tools

- WiFi / bluetooth-sensoren, met een vrij hoge dichtheid van sensoren; daarmee kan bepaald worden hoe reizigersstromen zich door het station bewegen, hoe lang groepen reizigers in het station zijn, en per reizigersstroom van welke diensten (bijv. kaartverkoopautomaten, reisinformatie en stationsretail) gebruik wordt gemaakt.
- OV-poorten, waarmee het aantal in- en uitgaande reizigers kan worden geteld;
- Telsensoren, waarmee het aantal in- en uitgaande reizigers kan worden geteld, en waarmee op kritieke punten het aantal reizigers in kaart kan worden gebruikt.

Voor de OV-poorten hoefden weinig extra kosten gemaakt te worden, omdat dit reeds bestaande voorzieningen waren. Wel is voor de dataverwerking maatwerksoftware ontwikkeld. De WiFi/Bluetooth-sensoren en telsensoren zijn wel vrij kostbaar. De methode van dataverwerking voor treinstations is in samenwerking met de leveranciers ontwikkeld.

Veiligheidsmaatregelen

Het plaatsen van camera's op strategische plekken is een van de manieren waarop NS inzicht krijgt in de piekbelasting van de stations. Als voorbeeld wordt station Schiphol Airport gebruikt. Op perron 1/2 van Schiphol zijn er twee roltrappen en twee rolbanden. Een van de roltrappen geldt als een enorme bottleneck: het aantal verplaatsingen over deze ene roltrap is gelijk aan de nummers 15 tot 20 van de drukste stations van Nederland. Het perron is echter zeer smal en bij teveel in- of uitstappende reizigers ontstaan veiligheidsrisico's en neemt de kans op vertragingen toe.

Met de meting van meerdere sensoren bij de zone om de roltrap heen om het perron

wordt real-time bepaald of de drukte in verschillende velden de veiligheidsnorm overschrijdt. Wanneer dit het geval is, kan er direct actie worden ondernomen, bijvoorbeeld door de roltrap uit te schakelen of om passagiers naar een andere plek op het perron te geleiden. Wanneer het perron weer in gebruik wordt genomen, zal dit het eerste perron worden in Nederland waarvoor geldt dat bij te hoge drukte in een reguliere situatie (excl. evenementen) het perron kan worden afgesloten.

Het meten van loopstromen

De data uit bovenstaande sensoren heeft NS informatie opgeleverd over de drukte op verschillende stations, op verschillende momenten van de dag. Hieruit zijn een aantal interessante resultaten gekomen:

- De drukte op Koningsdag op Station Utrecht Centraal is niet hoger dan tijdens een drukke werkdag in het najaar, in tegenstelling tot de verwachting van de NS; wel werd het personeel niet optimaal ingezet, omdat de drukte op Koningsdag ook tijdens de nacht optreedt, terwijl dit op normale werkdagen niet het geval is.

Figuur 6.15a: NS, iNStApp (bron: Nederlandse Spoorwegen)

Figuur 6.15b: NS, LED scherm op perrons (bron: Nederlandse Spoorwegen)

 Op verschillende stations zijn op basis van Wi-Fi en Bluetooth data analyses gemaakt van het gebruik van roltrappen versus normale trappen. Daaruit bleek dat aanvankelijk roltrappen bij voorkeur worden gebruikt, maar dat bij toenemende drukte de reizigers zich gelijk gaan verdelen over trap en roltrap.
 Op vrijdagnacht was het aantal overstappers op Station Schiphol Airport veel hoger dan gedacht, terwijl er maar één nachttrein rijdt. De oorzaak bleek de Burger King op Schiphol te zijn! Op basis daarvan zijn de openingstijden van de Burger King op Amsterdam Centraal iets aangepast.

Reizigersinformatie – iNStApp en nieuw project

De NS gaat binnenkort starten met het aanbieden van informatie aan de reiziger via LED schermen. Deze zijn in het kader van de pilot met de iNStApp al op Den Bosch geplaatst en worden nu op een aantal andere stations geïnstalleerd. De reiziger krijgt hiermee meer informatie dan voorheen het geval was – de LED borden laten precies zien waar de eerste- en tweedeklas coupés stoppen, waar de coupés voor fietsen stoppen, waar de WC's zitten, etc. Naast de verbetering van de service aan de reiziger leidt dit ook tot vermindering van de in- en uitstaptijd van reizigers, en daarmee tot een vermindering aan vertragingen in de gehele ketenplanning van de NS.

Een aantal jaar geleden is een pilot met iNStApp gedaan. Om inzicht te krijgen in het aantal reizigers in de trein, zijn infrarood systemen opgehangen in de deuren. Daarnaast is er middels een app aanvullende informatie aangeboden: oriëntatie van de trein, instapkant, route, vertraging. In de pilot zijn 270 IR sensoren geplaatst in 11 treinen (~25 sensoren per trein), de grootste kostenpost van het project. Het bleek dat voor een implementatie in heel Nederland het installeren van extra sensoren in treinstellen vanwege de prijs niet opwoog tegen de te behalen baten. Met name de installatie van de apparatuur in treinen bleek enorm kostbaar. In vergelijking met het project wat nu loopt, zijn de baten voor de operatie van de NS zelf ook minder grijpbaar.

6.3. "Lessons learned"

Op basis van de tools die in hoofdstuk 5.1 aan de orde zijn gekomen en de gehouden interviews met diverse partijen zijn er een aantal inzichten naar voren gekomen. Een aantal hiervan zijn ook reeds door de universiteiten benoemd in hoofdstuk 4.4.

De aanbieder van de smart tool

Anders dan bij de universiteiten geldt dat uit de interviews eerder een voorkeur blijkt voor het (deels) zelf ontwikkelen van tools of het kiezen voor een kleinere partij. De sensoren worden dan door een partij geleverd, maar de combinatie en interpretatie van data doet men zelf. De NS, Shell en Fontys ontwikkelen voor een groot deel zelf hun oplossingen. Voor de voorbeelden van Cambridge en MIT geldt hetzelfde. Avans heeft met Boekit ook voor een relatief jong bedrijf gekozen voor de implementatie van hun smart tool.

Keuze voor sensoren

In de interviews geven veel eindgebruikers aan dat het beperken van de kosten, en het zoveel mogelijk gebruik maken van bestaande infrastructuur belangrijke drivers zijn in de keuze voor sensoren. Het gebruik van bestaande infrastructuur lijkt ook interessanter te worden als er meerdere sensoren / databronnen gecombineerd kunnen worden. De NS en Shell zijn voorbeelden waarbij meerdere sensoren worden gebruikt.

Privacy
Privacy is ook bij de eindgebruikers een belangrijk thema en komt in verschillende interviews aan bod. Bij Shell, Fontys en Avans is er gesproken over de manier waarop de data wordt geanonimiseerd of de manier waarop gebruikers hun goedkeuring verlenen aan het gebruik van de data.

Precisie van de verzamelde informatie
De gewenste nauwkeurigheid van de informatie is doorgaans hoog – met name de NS formuleert heel strenge nauwkeurigheidseisen voor hun sensoren, al is dat ook omdat deze worden ingezet om de veiligheid van reizigers te waarborgen. Ook Avans stelt hoge nauwkeurigheidseisen aan hun sensoren, waardoor ze zijn uitgekomen bij het gebruik van iBeacons als oplossing. Beide oplossingen zijn voorbeelden van implementaties in een relatief kleine ruimte – wanneer er oplossingen worden gezocht op bijvoorbeeld gebouwniveau, dan nemen de nauwkeurigheidseisen enigszins af.

Kosten en baten
Ook bij andere bedrijven is de afweging tussen kosten en baten belangrijk bij het maken van keuzes in dit vraagstuk. Bij Shell is bijvoorbeeld het streven om de kosten zo laag mogelijk te houden door bestaande infrastructuur te gebruiken, terwijl de baten komen door het beter gebruiken of afstoten van bestaande locaties. Bij Avans worden de kosten afgezet tegen het beter gebruiken van de bestaande ruimten en het bieden van een service aan de student. Bij de NS is er van tevoren geen business case gemaakt, al is wel vooraf duidelijk gesteld dat beter inzicht in het gebruik van stations leidt tot betere beslissingen over de investeringen in stations.

Benodigde informatie voor de gebruiker
De voorbeelden van NS en Spacefinder laten zien dat er alternatieve soorten informatie zijn dan real-time informatie over de beschikbaarheid, waarmee gebruikers kunnen worden ondersteund. De NS levert in hun nieuwe project informatie over de precieze locatie waar de trein stopt en waar reizigers in de trein voorzieningen kunnen vinden, waar ze voorheen een pilot gedaan hebben met informatie over de drukte per treinstel. Cambridge heeft in Spacefinder recent informatie toegevoegd over de locatie van studieplekken binnen gebouwen. Ook de implementatie van Boekit bij Avans en de ontwikkeling van Seated bij Fontys zijn in dit kader interessant.

De komende periode zal het interessant zijn om te volgen:
- Welke informatie heeft de student/reiziger/medewerker nodig om beter de bestaande ruimte te gebruiken
- Welke informatie leidt tot een verhoogde tevredenheid van de gebruikers
- Zijn hieruit nog andere baten te behalen voor de organisatie, bijv. reductie in m2 of betere afstemming aanbod op de kwalitatieve vraag

Hoeveelheid data
Shell en NS geven allebei aan dat een van de grote uitdagingen bij hun implementaties is om de grote hoeveelheden data te beheren, en ook om uit die data de relevante informatie te halen.

Prestaties zijn contextafhankelijk
De prestaties van een sensor of smart tool is afhankelijk van de context waarin deze wordt toegepast. Het voorbeeld van de NS illustreert dat een specifieke context ertoe kan leiden dat een sensor niet de gespecificeerde prestaties behaalt.

6.4. Conclusies

Input voor dashboard smart tools

In de marktverkenning zijn een aantal nieuwe tools geïnventariseerd, die op dezelfde functionaliteiten als de tools van de universiteiten kunnen worden geordend.

In dit hoofdstuk is er een antwoord gezocht op twee onderzoeksvragen:

Welke smart tools zijn er nu in de markt?

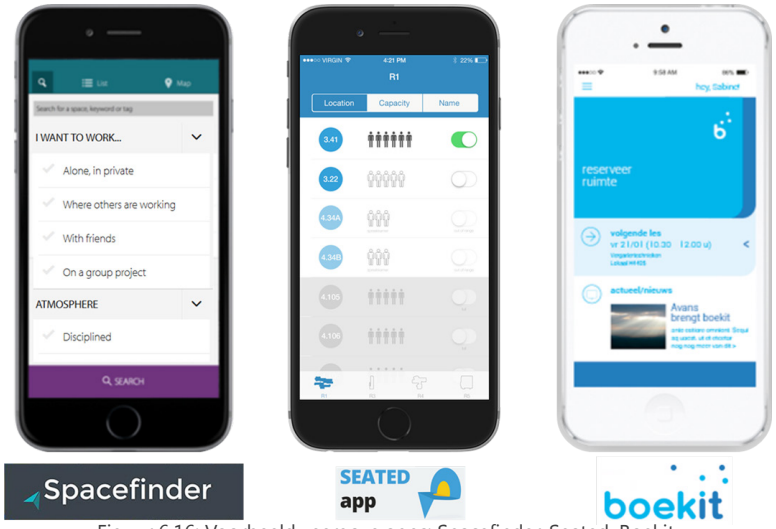
Uit de interviews in de marktverkenning blijkt dat zowel de hogescholen als de partijen in andere sectoren smart tools geïmplementeerd hebben, of aan het ontwikkelen zijn. Slechts in één van de interviews zijn er geen smart tools aan bod gekomen. Net zoals bij de Nederlandse universiteiten hebben de smart tools bij andere marktpartijen verschillende functionaliteiten.

Welke toekomstige ontwikkelingen zijn er te verwachten op het gebied van smart tools?

De huidige smart tools bij de hogescholen zijn qua functionaliteiten en doelstellingen vergelijkbaar met de smart tools bij Nederlandse universiteiten. De tools zijn voornamelijk gericht op het effectiever gebruiken van ruimte op de campus. In beide gevallen zijn de geïnventariseerde tools echter nog niet geïmplementeerd.

Hoewel de geïnventariseerde tools vergelijkbaar zijn qua functionaliteiten en doelstellingen, hebben deze tools ook eigenschappen die bij de universiteiten niet voorkomen. Daarmee kunnen ze de universiteiten richting geven bij de volgende stap in de ontwikkeling van smart tools, door als referentie te dienen:

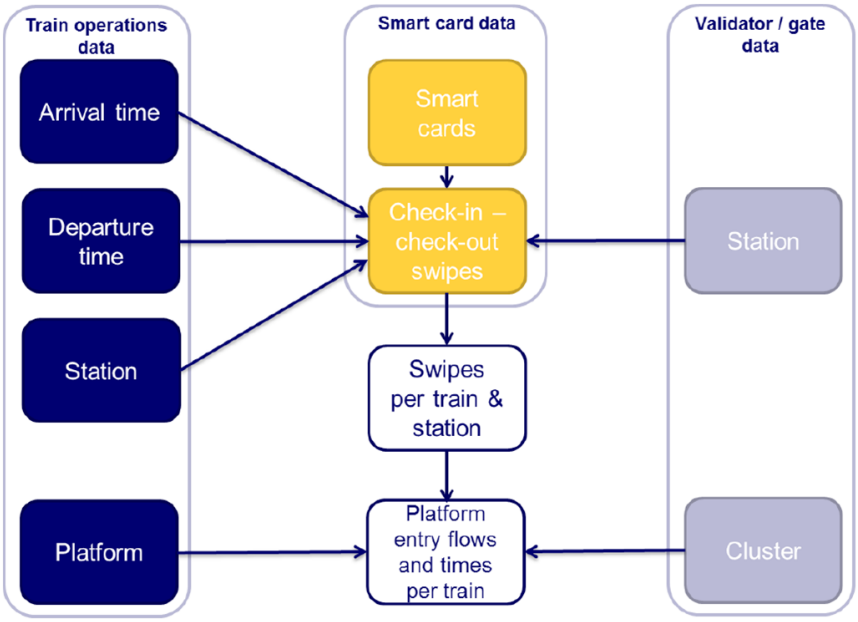
- De implementatie van Boekit (Avans) zal zowel de vraag naar gebruikerstools (effectiever gebruiken van ruimte) als de vraag naar bezettings- en benuttingsgegevens (efficiënter gebruiken van ruimte) gaan combineren. Dit komt bij de universiteiten nog niet voor.
- De ontwikkeling van Seated (Fontys) is een voorbeeld van een interactief boekingssysteem: het aanmaken van een boeking of het verwijderen van een boeking geschiedt mede op basis van de locatie van de gebruiker i.r.t. de te boeken ruimte.
- De implementatie van Spacefinder (Cambridge) laat een alternatief zien voor het aanbieden van informatie over de beschikbaarheid van plekken – in plaats daarvan wordt informatie over de locatie van studieplekken aangeboden, gecombineerd met informatie over de eigenschappen van de studieplek.



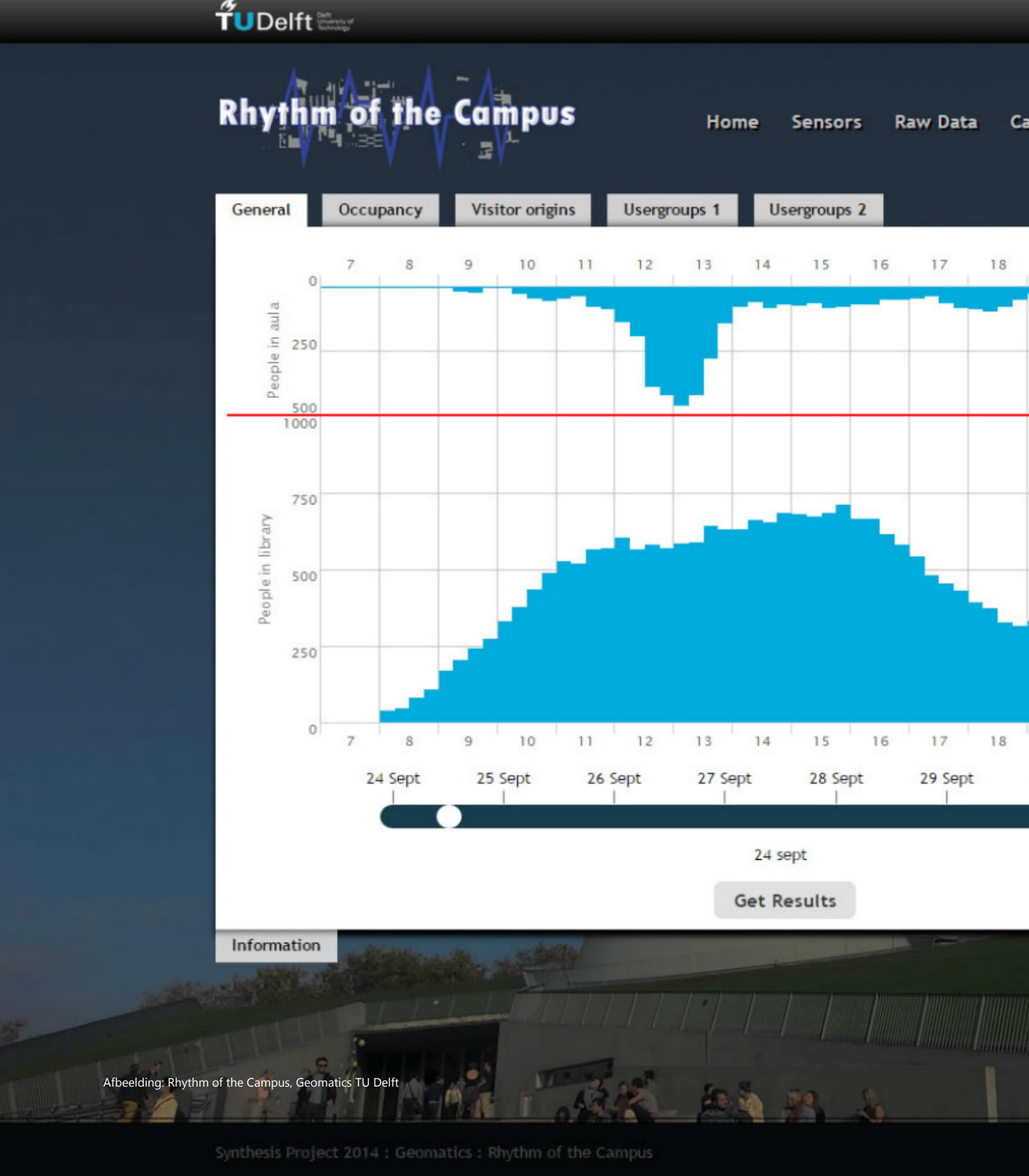
Figuur 6.16: Voorbeeldweergave apps: Spacefinder, Seated, Boekit.

De huidige smart tools bij marktpartijen in andere sectoren zijn veel meer dan bij de universiteiten gericht op het efficiënter gebruiken van ruimte. Bij Shell wordt de zelf ontwikkelde smart tool ingezet om te bepalen welke locaties hoge en lage bezettingsgraden hebben, zodat er beslissingen kunnen worden genomen over het afstoten van vastgoed. Bij de NS wordt de smart tool ingezet om te bepalen welke punten in de stations het drukst belast worden. Deze informatie wordt niet alleen gebruikt voor het (her)ontwerp van stationsgebieden en het aanpassen van de dienstregeling, maar ook om de veiligheid in de stations te waarborgen.

Bij zowel Shell als de NS worden meerdere databronnen gebruikt. Hieruit kunnen lessen geleerd worden over hoe de data uit verschillende bronnen te combineren. De implementeerbaarheid van deze oplossingen is echter beperkt, omdat beide systemen voor een groot deel uitgaan van toegangscontrole als sensor. Het gebruik van toegangscontrole staat in contrast met de grotendeels openbaar toegankelijke gebouwen van de universiteiten.



Figuur 6.17: Schema met de door NS gebruikte data in het SMART station.
(bron: Nederlandse Spoorwegen)



Afbeelding: Rhythm of the Campus, Geomatics TU Delft

C. Conclusie

C

Hoofdstuk 7
Synthese

7. Synthese

7.1. Onderzoeksresultaten

Het Smart tools on campus onderzoek is een jaar geleden van start gegaan met de doelstelling om meer inzicht te krijgen in de middelen die kunnen worden ingezet om de ruimten op de campus effectiever en efficiënter te gebruiken. Deze middelen zijn 'smart tools': tools waarmee enerzijds het ruimtegebruik op de huidige campus verbeterd kan worden en anderzijds tools die de besluitvorming over de toekomstige campus ondersteunen. Hiervoor wordt er gekeken naar de aanwezige smart tools bij de universiteiten, in de markt en in de wetenschap.

De hoofdvraag van het onderzoek is:
Aan welke smart tools hebben de universiteiten behoefte en welke zijn er beschikbaar?

Door middel van de conclusies wordt er een antwoord gegeven op deze onderzoeksvraag.

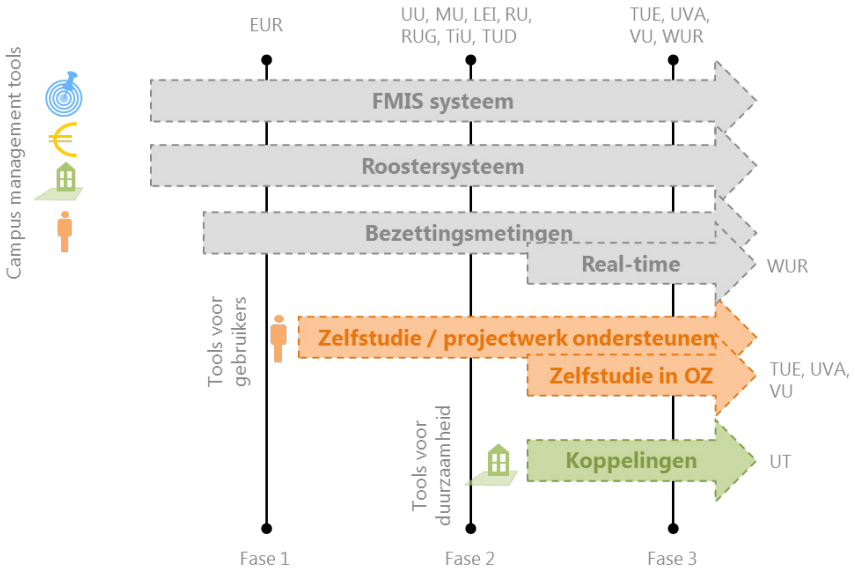
Conclusie 1: De Nederlandse universiteiten hebben in de huidige situatie al 26 verschillende smart tools; deze zijn voornamelijk gericht op het effectiever gebruiken van de ruimte op de campus.

Doelstellingen: Het faciliteren van de student – in zelfstudie en samenwerking met medestudenten is de grootste driver geweest voor de implementatie van huidige tools. Deze ondersteunen voornamelijk functionele doelen (52 keer) en strategische doelen (27 keer), en zijn dus vooral gericht op het effectiever gebruiken van de ruimte op de campus. In vele gevallen is het reduceren van m2 of van kosten niet een doelstelling bij de bestaande tools. (zie figuur 3.8)

Informatie ruimtegebruik: In alle smart tools waarin informatie over ruimtegebruik wordt verzameld, gebeurt dit op de resolutie van bezetting en/of benutting. Er wordt geen informatie op het niveau van identiteit of activiteit verzameld. De werkelijke bezetting wordt in een groot aantal tools vastgesteld op basis van een boekingssysteem waarin het mogelijk is om op korte termijn boekingen te maken. . Hoe korter de tijd tussen het moment waarop de boeking wordt gemaakt en de boeking zelf, hoe beter het boekingssysteem de werkelijkheid weergeeft.

Sensoren: de vaakst gebruikte bronnen om informatie over het werkelijke ruimtegebruik te weergeven, zijn zelfboekingssystemen en ingelogde PC's. Daarnaast komen in enkele gevallen andere sensoren voor om real-time bezetting en/of benutting te bepalen: Wi-Fi, camera's en infraroodsensoren.

De ontwikkeling in tools is op de volgende pagina weergegeven.



Figuur 7.1: Overzicht ontwikkeling smart tools

Tools – huidige en gewenste functionaliteit	Huidig	Gewenst
Doelstellingen		
1 Tools voor campus management		
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	13	0
→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	1	3
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren		1
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte		3
2 Tools voor studenten		
Beschikbare PC werkplekken	9	
Beschikbare studieplekken zonder PC	1	
Zelfboekingssysteem projectruimten	6	
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	3	
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen		1
3 Tools voor medewerkers		
Beschikbaarheid vergaderzalen	2	
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen	1	
4 Tools voor studenten en medewerkers		
Indoor navigatie	2	
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties		1
5 Tools voor het verduurzamen van de campus		
Koppeling roostersysteem - GBS	2	
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten		
Boeken van vergaderzalen door derden		2

Figuur 7.2: Overzicht functionaliteiten, universiteiten en tools. Met "Huidig" is aangegeven per functionaliteit hoeveel universiteiten tools hebben geïmplementeerd. Met "Gewenst" is aangegeven per functionaliteit hoeveel universiteiten hebben aangegeven interesse in tools te hebben.

Conclusie 2: Het huidige aanbod sluit goed aan bij de huidige vraag – de aanvullende vraag is voornamelijk naar tools om ruimte efficiënter te gebruiken.

De huidige smart tools hebben vijftien verschillende functionaliteiten. Deze functionaliteiten zijn specifieker dan de generieke doelen die zij ondersteunen. Figuur M.7 geeft per functionaliteit weer hoeveel tools er zijn geïmplementeerd. De tools waar de universiteiten het meeste behoefte aan hebben, zijn bezettingsmetingen – voor onderwijszalen, kantoren en als gebruikersstromen. De WU heeft met Lone Rooftop momenteel al een tool waarmee real-time de bezetting en benutting van onderwijszalen gemeten wordt. Andere universiteiten kunnen de ervaring van de WU benutten. De andere functionaliteiten worden slechts in een enkel geval gewenst.

Zie hiervoor het overzicht weergegeven in figuur 7.2.

Conclusie 3: De trends die in het Campus NL onderzoek zijn geïdentificeerd, kunnen leiden tot een toename in de vraag naar smart tools

Op basis van een achttal trends uit het Campus NL onderzoek en een drietal onderdelen van de campusstrategieën is er gekeken hoe dit de vraag naar smart tools kan beïnvloeden. Deze veranderende vraag betekent in de meeste gevallen een toename naar smart tools, maar wel naar verschillende soorten smart tools: zie figuur 7.3.

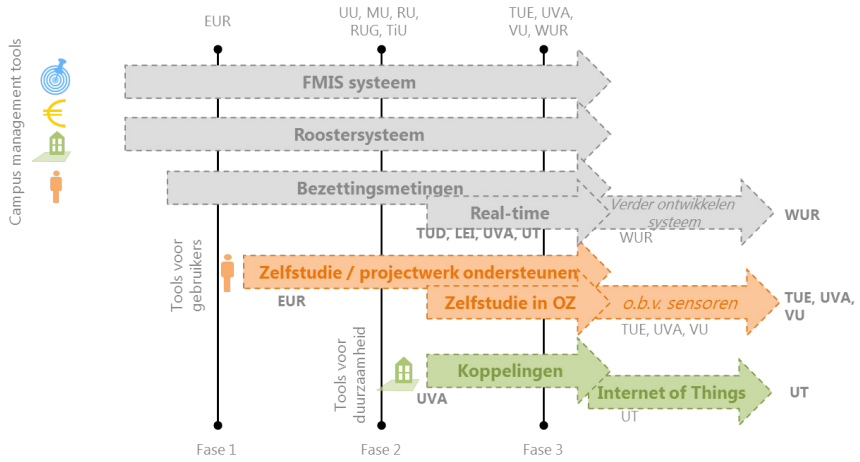
Figuur 7.3: Verkennen van de veranderende vraag. Met "+" en "-" is aangegeven op welke punten een trend tot een grotere of kleinere vraag naar smart tools kan leiden.

Doelstellingen	Tools – functionaliteiten	Blijvende druk op roosterproces	Differentiatie in zaaltypen	Toename gebruikerseisen	Toename veiligheidsmaatregelen	Toename voorzieningen derden op de campus
	1 Tools voor campus management					
	Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	+				
	→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting	+				
	→ **Nieuw:** meenemen zaalvoorzieningen in monitoring		+		+	
	Bezettings- en benuttingsmeting kantoren					
	Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte				+	
	Nieuw: Real-time bezetting en benutting per gebouw				+	
	2 Tools voor studenten					
	Beschikbare PC werkplekken					
	Beschikbare studieplekken zonder PC			+		
	Zelfboekingssysteem projectruimten			+		
	Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen		+	+		
	Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen			+		
	3 Tools voor medewerkers					
	Beschikbaarheid vergaderzalen			+		
	Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen			+		
	4 Tools voor studenten en medewerkers					
	Indoor navigatie					
	Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties				+	
	5 Tools voor het verduurzamen van de campus					
	Koppeling roostersysteem - GBS					
	6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten					
	Boeken van vergaderzalen door derden				-	+

Conclusie 4: Het aanbod aan smart tools bij de Nederlandse universiteiten is volop in beweging

Naast de 26 verschillende smart tools in de huidige situatie is ongeveer de helft van de universiteiten bezig hun set aan smart tools verder te ontwikkelen. Dit wordt op verschillende wijzen gedaan: door het verder ontwikkelen van bestaande tools, het starten van pilotprojecten met marktpartijen of het zelf ontwikkelen van nieuwe tools.

Deze ontwikkeling is in figuur 7.4 weergegeven. Met een normaal lettertype is aangegeven waar de universiteiten zich met de huidige tools bevinden en met een dikgedrukt lettertype is aangegeven waar de universiteiten werken aan het verder ontwikkelen van tools.



Figuur 7.4: Overzicht ontwikkeling smart tools. De huidige implementatie is in een normaal lettertype weergegeven, de lopende projecten zijn dikgedrukt aangegeven.

Conclusie 5: Zowel bij de hogescholen als bij marktpartijen in andere sectoren worden smart tools gevonden.

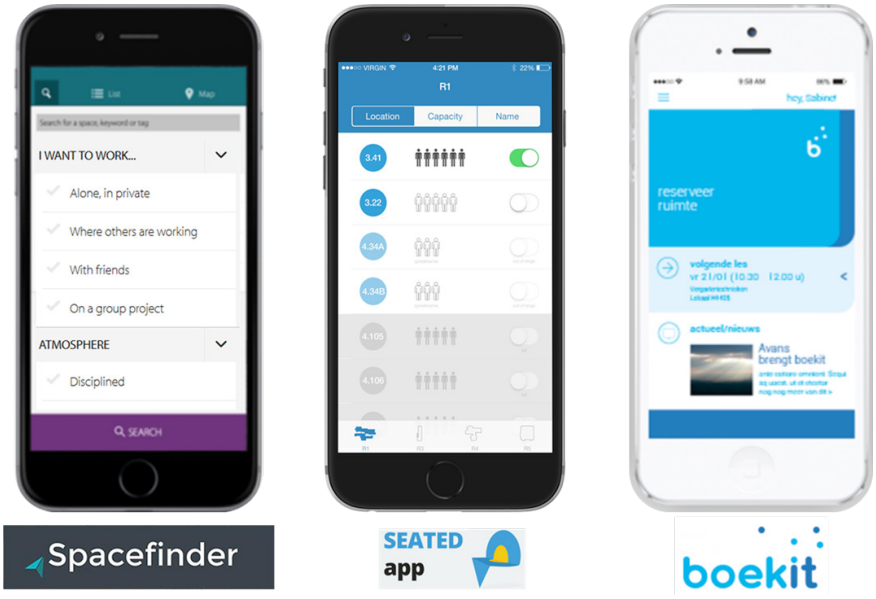
Uit de marktverkenning blijkt dat zowel de hogescholen als de partijen in andere sectoren smart tools geïmplementeerd hebben, of aan het ontwikkelen zijn. Slechts in één van de interviews zijn er geen smart tools aan bod gekomen. Net zoals bij de Nederlandse universiteiten hebben de smart tools bij andere marktpartijen verschillende functionaliteiten. Voor een aantal functionaliteiten zijn in de marktverkenning geen smart tools gevonden.

Conclusie 5a: De tools bij de hogescholen zijn vergelijkbaar met de implementaties bij de Nederlandse universiteiten, en kunnen richting geven aan de volgende stap in de ontwikkeling van smart tools voor gebruikers.

De huidige smart tools bij de hogescholen zijn qua functionaliteiten en doelstellingen vergelijkbaar met de smart tools bij Nederlandse universiteiten. De tools zijn voornamelijk gericht op het effectiever gebruiken van ruimte op de campus. In beide gevallen zijn de geïnventariseerde tools echter nog niet geïmplementeerd.

Hoewel de geïnventariseerde tools vergelijkbaar zijn qua functionaliteiten en doelstellingen, hebben deze tools ook eigenschappen die bij de universiteiten niet voorkomen. Daarmee kunnen ze de universiteiten richting geven bij de volgende stap in de ontwikkeling van smart tools, door als referentie te dienen:

• De implementatie van Boekit (Avans) combineert zowel de vraag naar gebruikerstools (effectiever gebruiken van ruimte) als de vraag naar bezettings- en benuttingsgegevens (efficiënter gebruiken van ruimte).
• De ontwikkeling van Seated (Fontys) is een voorbeeld van een interactief boekingssysteem: het aanmaken van een boeking of het verwijderen van een boeking geschiedt mede op basis van de locatie van de gebruiker i.r.t. de te boeken ruimte.
• De implementatie van Spacefinder (Cambridge) laat een alternatief zien voor het aanbieden van informatie over de beschikbaarheid van plekken – in plaats daarvan wordt informatie over de locatie van studieplekken aangeboden, gecombineerd met informatie over de eigenschappen van de studieplek.



Figuur 7.5: Voorbeeldweergaven van geïnventariseerde tools: Spacefinder (Cambridge), Seated (Fontys) en Boekit (Avans)

Conclusie 5b: De smart tools in andere sectoren zijn meer op efficiëntie dan op effectiviteit gericht. Uit deze tools kunnen lessen worden over het gebruik van meerdere databronnen, hoewel de implementeerbaarheid van tools zelf beperkt is.

De huidige smart tools bij marktpartijen in andere sectoren zijn veel meer dan bij de universiteiten gericht op het efficiënter gebruiken van ruimte. Bij Shell wordt de zelf ontwikkelde smart tool ingezet om te bepalen welke locaties hoge en lage bezettingsgraden hebben, zodat er beslissingen kunnen worden genomen over het afstoten van vastgoed. Bij de NS wordt de smart tool ingezet om te bepalen welke punten in de stations het drukst belast worden. Deze informatie wordt niet alleen gebruikt voor het (her)ontwerp van stationsgebieden en het aanpassen van de dienstregeling, maar ook om de veiligheid in de stations te waarborgen. De geïnterviewde marktpartijen leggen het accent bij hun smart tools dus op andere doelstellingen.

Bij zowel Shell als de NS worden meerdere databronnen gebruikt. Hieruit kunnen lessen geleerd worden over hoe de data uit verschillende bronnen te combineren. De implementeerbaarheid van deze oplossingen is echter beperkt, omdat beide systemen voor een groot deel uitgaan van toegangscontrole als sensor. Het gebruik van toegangscontrole staat in contrast met de grotendeels openbaar toegankelijke gebouwen van de universiteiten.

Conclusie 6: Wi-Fi lijkt als sensor op dit moment het meest geschikt voor toepassing in de universitaire context.

Tevens is in de marktverkenning een verdieping gezocht op de verschillende soorten sensoren en hun prestaties. Bijna alle sensoren kunnen gebruikt worden voor real-time toepassingen, maar met name in de ruimtelijke resolutie zit grote variatie in het schaalniveau waarop de sensoren betrouwbare informatie kunnen geven. Bij de toepassing van enkele methoden hangt het schaalniveau af van dichtheid en/of plaatsing van de sensor, hetgeen ook een behoorlijke impact op de kosten heeft.

Op basis van deze vergelijking is er een overzicht gemaakt voor welke functionaliteiten een bepaald type sensor geschikt is. Wi-Fi lijkt als sensor op dit moment zeer geschikt te zijn voor toepassing in de universitaire context, om een aantal redenen:

• Wi-Fi is toepasbaar voor veel van de verschillende (gewenste) functionaliteiten, alhoewel het minder precies is dan een aantal andere methoden;
• Doordat er gebruik wordt gemaakt van de bestaande infrastructuur, zijn de kosten relatief laag in vergelijking met methoden waarvoor nieuwe infrastructuur moet worden aangeschaft.
• Het gebruik van Wi-Fi voor smart tools is flexibeler dan veel andere sensoren; wanneer een nieuwe of andere functionaliteit gewenst is, kan daar relatief gemakkelijk in voorzien worden.

7.2. Inzichten met betrekking tot smart tools

Toetsing van de hypothese

In hoofdstuk 1 is de volgende hypothese opgesteld:

"Smart tools kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het oplossen van inefficiënt en ineffectief ruimtegebruik. De smart tools dienen enerzijds de gebruikers, en stellen hen in staat om ruimten effectiever en efficiënter te gebruiken, en anderzijds de managers, die worden ondersteund om goede beslissingen te nemen over toekomstige investeringen."

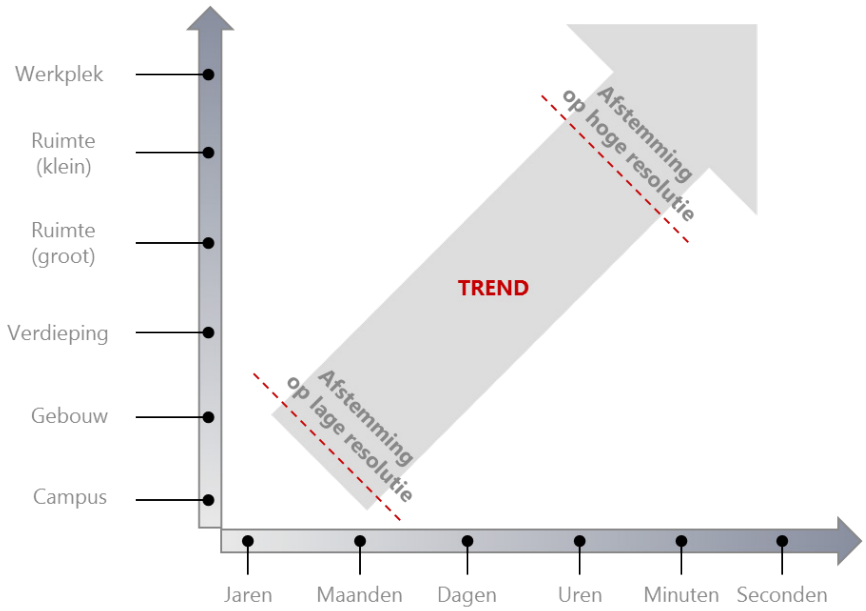
De hypothese kan deels bevestigd worden op basis van het onderzoek:

Aan de ene kant toont de inventarisatie bij de Nederlandse universiteiten aan dat er veel tools zijn in de huidige situatie, en dat bijna alle universiteiten bezig zijn met het ontwikkelen van tools of wensen hebben geformuleerd. Met name het ondersteunen van de gebruiker om beter de huidige ruimte te gebruiken is erg belangrijk in zowel de huidige als de toekomstige tools. Over de bestaande tools geven universiteiten over het algemeen aan tevreden te zijn met de implementatie. Ook in de markt zijn er veel partijen die tools hebben geïmplementeerd.

Aan de andere kant zijn er een aantal tools pas kort geleden geïmplementeerd, waarbij de te behalen baten van de tool zijn om door het efficiënter en effectiever gebruik van ruimte en betere (real-time) informatie over dat ruimtegebruik ertoe moet leiden dat er geen extra vastgoed hoeft te worden bijgebouwd. Vooralsnog zijn de universiteiten tevreden met deze tools, maar of deze baten echt behaald worden kan pas over een langere termijn worden getoetst.

Trend: afstemming tussen vraag en aanbod in vastgoed vindt op een hogere resolutie plaats

Over de lange termijn beschouwd is er bij de campus managers van de Nederlandse Universiteiten een trend waar te nemen om de resolutie waarop de afstemming tussen vraag en aanbod plaatsvindt stelselmatig verhogen. Enkele decennia geleden stelden de universiteiten zich tevreden met het toewijzen van een gebouw aan een faculteit. Om de drie tot vijf jaar werd nagegaan of de gebouwen nog aansloten op de behoeften. Met de intrede van de FMIS systemen aan het einde van de jaren 90 werd het mogelijk om ruimtegebruik te monitoren op schaal van gebouwzones, en deze gegevens jaarlijks of per kwartaal te actualiseren. Rond die tijd werd het ook gebruikelijk om in gebouwen sensoren aan te brengen om de aanwezigheid van personen te meten en op basis daarvan de licht- en verwarmingsinstallaties te sturen zodat energie bespaard kon worden bespaard. Anno 2016 stellen de universiteiten zich de vraag of het mogelijk is om in real time te meten welke ruimten en werkplekken in gebruik zijn. Men beoogt vraag en aanbod af te stemmen op een hogere ruimtelijk-fysieke resolutie en de hoogst mogelijke temporele resolutie (real time).

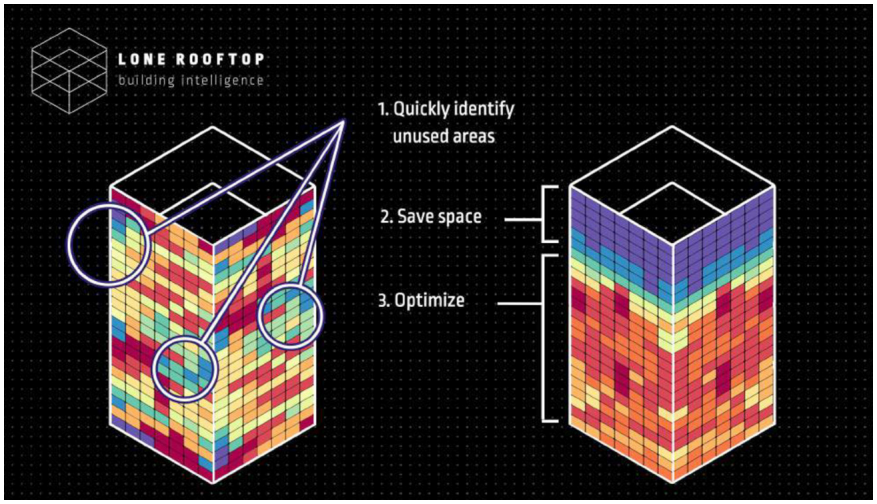


Figuur 7.6: resolutieafstemming vraag en aanbod van ruimten

Deze trend is niet alleen merkbaar bij de Nederlandse Universiteiten. Alle vastgoedsectoren zien voordelen van het verhogen van de resolutie waarop de afstemming plaatsvindt. De beoogde baten zijn onder meer:

 verder verlagen van het energieverbruik;
 terugdringen van leegstand;
 verhogen van de gebruikersveiligheid (security & safety);
 verhogen van het comfort van de gebruikers;
 betere allocatie van het onderhouds- en servicepersoneel;
 intensiveren van het ruimtegebruik;
 verhogen van de omzet.

In de markt wordt deze trend ook volop herkend. Dit wordt door diverse marktpartijen (Lone Rooftop, JLL en SlimLabs) weergegeven in afbeeldingen zoals hieronder. Het gebouw wordt voorgesteld als een grid met daarin goed en slecht gebruikte ruimten – de applicatie van de marktpartij zorgt er dan voor dat de goed en slecht gebruikte ruimten aaneen worden gesloten. Deze evolutie wordt mogelijk gemaakt door de ontwikkeling en prijsdaling van slimme meetsystemen en bijhorende beheersoftware.



Figuur 7.7: resolutieafstemming vraag en aanbod van ruimten (weergave Lone Rooftop)

Het ontwikkelen van een kader waarin vraag en aanbod naar smart tools gematcht kunnen worden

Uit het onderzoek is gebleken dat het matchen van vraag en aanbod in de smart tools sector een complexe opgave is, om de volgende redenen:

• De vraag van de universiteiten kenmerkt zich door een groot aantal gewenste functionaliteiten, voor veel verschillende ruimtetypen en ruimtegebruiken
• De relatie tussen ruimtetype en ruimtegebruik vervaagt: bijvoorbeeld onderwijsruimten worden voor zelfstudie ingezet, vergaderzalen voor overleg tussen studenten.
• Het aanbod kenmerkt zich door op maat gemaakte oplossingen: zowel binnen de universiteiten als in andere sectoren worden verschillende sensoren ingezet. Daarnaast ontwikkelen sommige marktpartijen ook verschillende oplossingen voor verschillende bedrijven (Irisys)
• De sensortechnologie ontwikkelt zich snel in prijs en kwaliteit
• De oplossingen worden ontwikkeld door zowel startups als gevestigde partijen die allemaal uit verschillende niches komen (FMIS, roostering, 3d maps voor gebruikers, indoor positionering experts, etc.)

In de literatuurstudie is gestart met de ontwikkeling van een kader waarin smart tools op hun verschillende onderdelen (sensor-meetdoel-doelstelling) met elkaar konden worden vergeleken. Het doel hiervan was om te onderzoeken welke verbanden er zijn tussen de gekozen sensoren, het meetdoel en de doelstellingen van de smart tool, om inzicht te krijgen in welke sensor het beste kon worden ingezet voor een bepaalde doelstelling.

Bij het in kaart brengen van de huidige match (hoofdstuk 3) is echter gebleken dat het beantwoorden van die vraag veel lastiger is. Wanneer het schema per functionaliteit wordt gemaakt, ontstaat een veel eenduidiger beeld van de relatie tussen de verschillende onderdelen. Dat wijst erop dat de keuze van een functionaliteit voor een groot deel bepaalt welke sensor wordt ingezet. Om die reden is in de conclusie vraag en aanbod gematcht per functionaliteit.

7.3. Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek zijn de aanbevelingen – naar het inzicht van de auteurs – als volgt:

1 Toepassen smart tools voor onderwijszalen kan snel tot efficiënter gebruik van middelen leiden

• Zet in op tools waarmee de 25-30 procent aanvangsleegstand in onderwijszalen wordt gereduceerd. Door de complexiteit van roosterprocessen en –systemen en het veelvoud aan beperkingen in het rooster, blijkt in de praktijk dat een roosterbezetting van 70-75 procent optimaal is. Een roosterbezetting van hoger dan 75 procent is zeer lastig te bereiken en gaat ten koste van de flexibiliteit gedurende de onderwijsperiode. Het gebruik van de leegstaande 25-30 procent door deze op korte termijn boekbaar te maken voor studenten en/of medewerkers is een slimme toepassing.

• Monitor de voortgang van Lone Rooftop (WU) en Boekit (Avans) voor het terugdringen van no-shows: studenten die zich wel inschrijven, maar niet deelnemen (aan bepaalde activiteiten van het onderwijs). Het terugdringen van de no-shows in onderwijszalen is een toepassing die zeer veel effect kan hebben, omdat het niet alleen zorgt voor minder no-shows, maar ook voor minder overvraag naar ruimte (en zelfs tot kostenbesparing op personeel).

• Neem de ingeroosterde benutting mee in bestaande smart tools en bezettingsmetingen. Door een vergelijking van de daadwerkelijke benutting met de ingeroosterde benutting is het mogelijk om te bepalen wat de oorzaak is van een lage benutting – of het ingeroosterde vak een lage opkomst heeft of dat er een kleine groep in een grote zaal is ingeroosterd.

2 Betere gebruiksinformatie over studieplekken heeft hoge prioriteit voor studententevredenheid

Voor studieplekken is het grootste vraagstuk om inzicht te krijgen in het gebruik van studieplekken zonder PC – zowel voor gebruikers als beheerders. De belangrijkste vraag die hierbij beantwoord moet worden, is op welke resoluties dit zou moeten: in tijd, ruimte en detailniveau. Idealiter zou dit op het niveau van de werkplek zijn – naast de hoge kosten wordt dit echter bemoeilijkt doordat studenten op verschillende plekken en in verschillende ruimten studeren. Een oplossing waarbij op het niveau van de verdieping of vleugel een nauwkeurige indicatie kan worden gegeven van het aantal aanwezige personen, tezamen met de informatie over welke ruimten er zijn in dat gebied en hoe die normaliter worden gebruikt, zou al een toegevoegde waarde hebben.

De toepassingen bij Cambridge en NS laten ook zien dat er alternatieve soorten informatie zijn, die voor de gebruiker een toegevoegde waarde hebben.

3 Het effectiever inzetten van bestaande systemen en sensoren heeft een goede kosten/baten-verhouding

Het gebruik van bestaande systemen en sensoren is niet alleen wenselijk in verband met de lagere kosten, het geeft ook meer ruimte om in een later stadium andere functionaliteiten toe te voegen. De meeste andere opties voor sensoren vereisen per functionaliteit een specifieke plaatsing, waardoor het toevoegen van andere functionaliteiten in een later stadium zeer moeilijk wordt.

7.4. Smart tools dashboard

Bij aanvang van het onderzoek is de ambitie geuit om universiteiten te adviseren over de best passende smart tools bij hun specifieke doelstellingen. Gezien de veelheid aan doelstellingen en typen smart tools is het vinden van een "individueel advies" (per universiteit) in een onderzoeksrapport een uitdaging. De match tussen vraag en aanbod in smart tools hangt af van een veelvoud van met elkaar verbonden factoren: de functionaliteit(en) van de smart tool, de ruimtetypen waarvoor deze wordt ingezet, maar bijvoorbeeld ook de aanbieder van de smart tool en de privacygevoeligheid van de gebruikte sensor.

Om een weg te vinden in deze complexiteit is ter aanvulling op de rapportage een smart tool dashboard gemaakt. Dit dashboard geeft elke universiteit de mogelijkheid om eenvoudig filters toe te passen om tot de gewenste weergave en een maatwerk-advies te komen. Het dashboard geeft een andere toegang tot alle informatie die is verzameld voor dit onderzoek en biedt individuele universiteiten de gelegenheid om hun eigen weg te vinden in het informatieaanbod.

In figuur 7.8 (volgende pagina) is het dashboard van de tool te zien. Deze bestaat uit een tabel waarin de geïnventariseerde smart tools zijn opgenomen en waarin per smart tool de functionaliteiten zijn weergegeven. In hoofdstuk 3-6 zijn in de conclusies kaders weergegeven die als input hebben gediend. Aan de hand van deze kaders wordt het dashboard verder toegelicht.

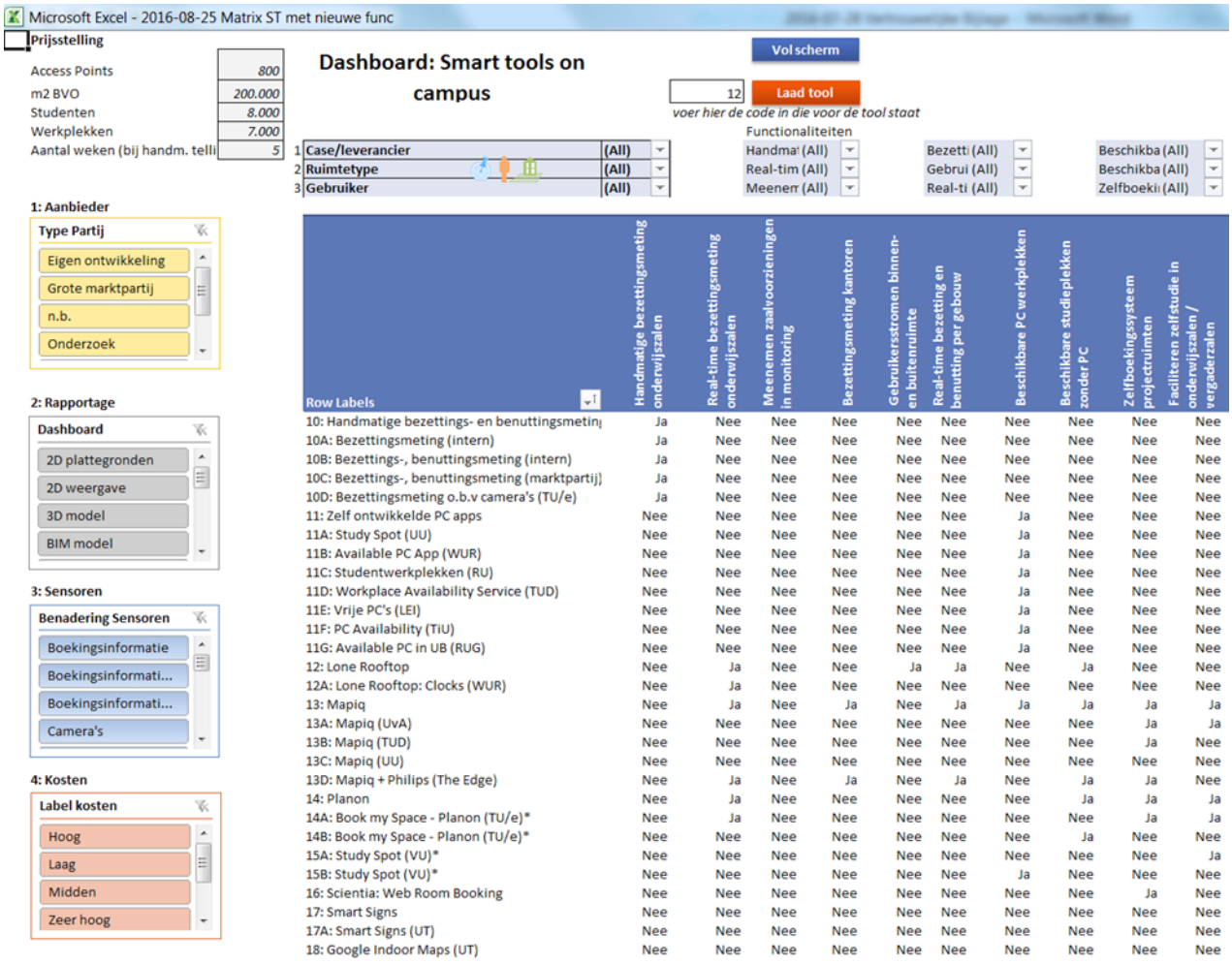
Hoofdstuk 3
Per smart tool is in het dashboard aangegeven voor welke functionaliteiten de smart tool kan worden ingezet. In figuur 7.9 is een uitsnede van het dashboard weergegeven, waarin dit zichtbaar is. De 26 smart tools die in hoofdstuk 3 zijn gevonden, zijn toegevoegd in dit overzicht. De filters boven de tabel kunnen gebruikt worden om op basis van een combinatie van functionaliteiten de smart tools te vinden die aan deze functionaliteiten kunnen voldoen: zie figuur 7.10.

• Het filter op case/leverancier – het dashboard laat alleen voorbeelden van implementaties zien (bijvoorbeeld bij hogescholen) of welke tools een leverancier kan leveren

• Het filter op ruimtetype – hiermee kan het overzicht aan smart tools worden gefilterd op basis van het ruimtetype waarvoor men een smart tool zoekt (bijvoorbeeld collegezalen of academische werkplekken)

Input voor dashboard smart tools: Hoofdstuk 3

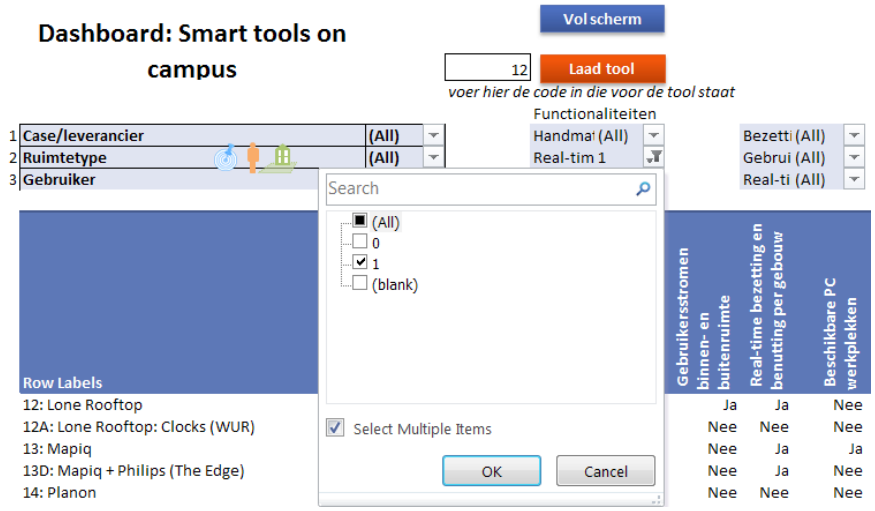
In hoofdstuk 2 zijn als onderdelen van een smart tool onderscheiden: de gebruikte sensor(en), het detailniveau waarop bezetting wordt gemeten en de doelstellingen die met de smart tool worden bereikt. In de loop van de inventarisatie is gebleken dat de relatie tussen deze onderdelen eenduidiger wordt door de smart tools per functionaliteit te ordenen, zoals in figuur 3.10. In dit figuur zijn tevens de onderscheiden functionaliteiten te zien.



Figuur 7.8: Dashboard van de Excel tool

• Het filter op gebruiker – hiermee kan het overzicht worden gefilterd op basis van de gebruiker waarvoor de tool is bedoeld – bijvoorbeeld student, medewerker of beheerder.
• De filters per functionaliteit – hiermee kan het overzicht worden gefilterd op de gewenste functionaliteit(en)

Figuur 7.9: Uitsnede van het dashboard. Verschillende filters op basis van hoofdstuk 3.



Figuur 7.10 Uitsnede van het dashboard. Filteren van de lijst aan tools op basis van de functionaliteiten.

Hoofdstuk 4

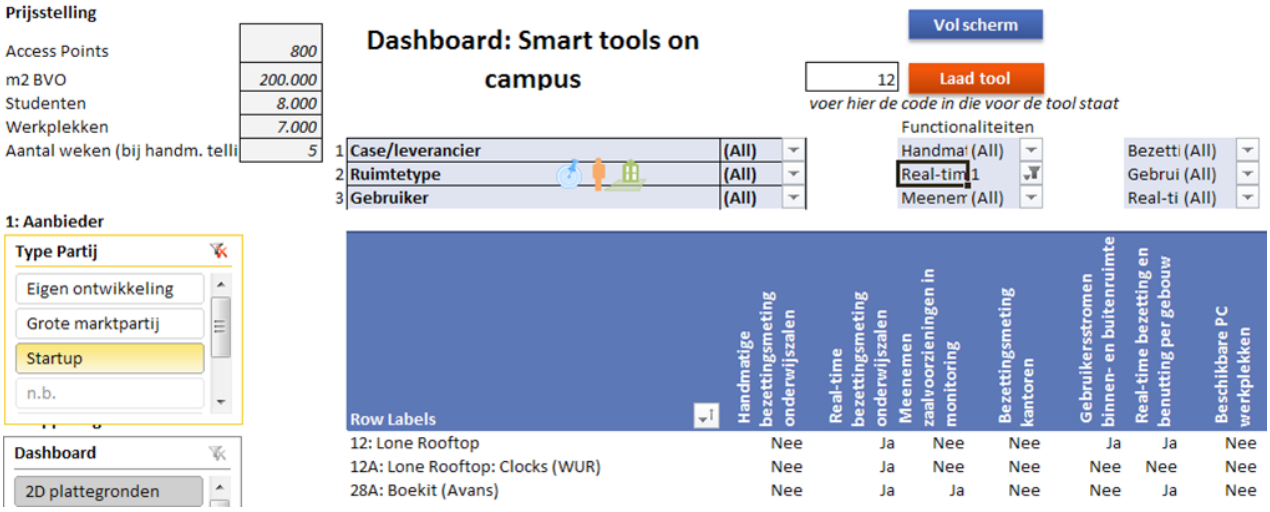
Naast de functionaliteiten spelen er een aantal andere eigenschappen van de smart tool een rol bij de keuze voor een smart tool. Links van de tabel zijn een viertal eigenschappen opgenomen waarop eveneens een doorsnede gemaakt kan worden van de lijst van smart tools. In figuur 7.11 is ter illustratie een doorsnede gemaakt van de smart tools met de keuze voor een startup als aanbieder.

Aan de tabel zijn de nieuwe functionaliteiten en tools in ontwikkeling eveneens toegevoegd.

Input voor dashboard smart tools Hoofdstuk 4

In de inventarisatie zijn een aantal overwegingen aangedragen die een rol spelen bij de keuze voor (toekomstige) smart tools, namelijk: de aanbieder van de smart tool, de keuze voor een sensor, privacy, precisie van de verzamelde informatie en kosten en baten.

Tevens zijn er een tweetal functionaliteiten toegevoegd aan het reeds bestaande overzicht uit hoofdstuk 3. Zie ook: figuur 4.2, 4.3 en 4.4.



Figuur 7.11 Uitsnede van het dashboard. Filteren van de lijst aan tools op basis van de eigenschappen van de smart tool.

Input voor dashboard smart tools Hoofdstuk 5

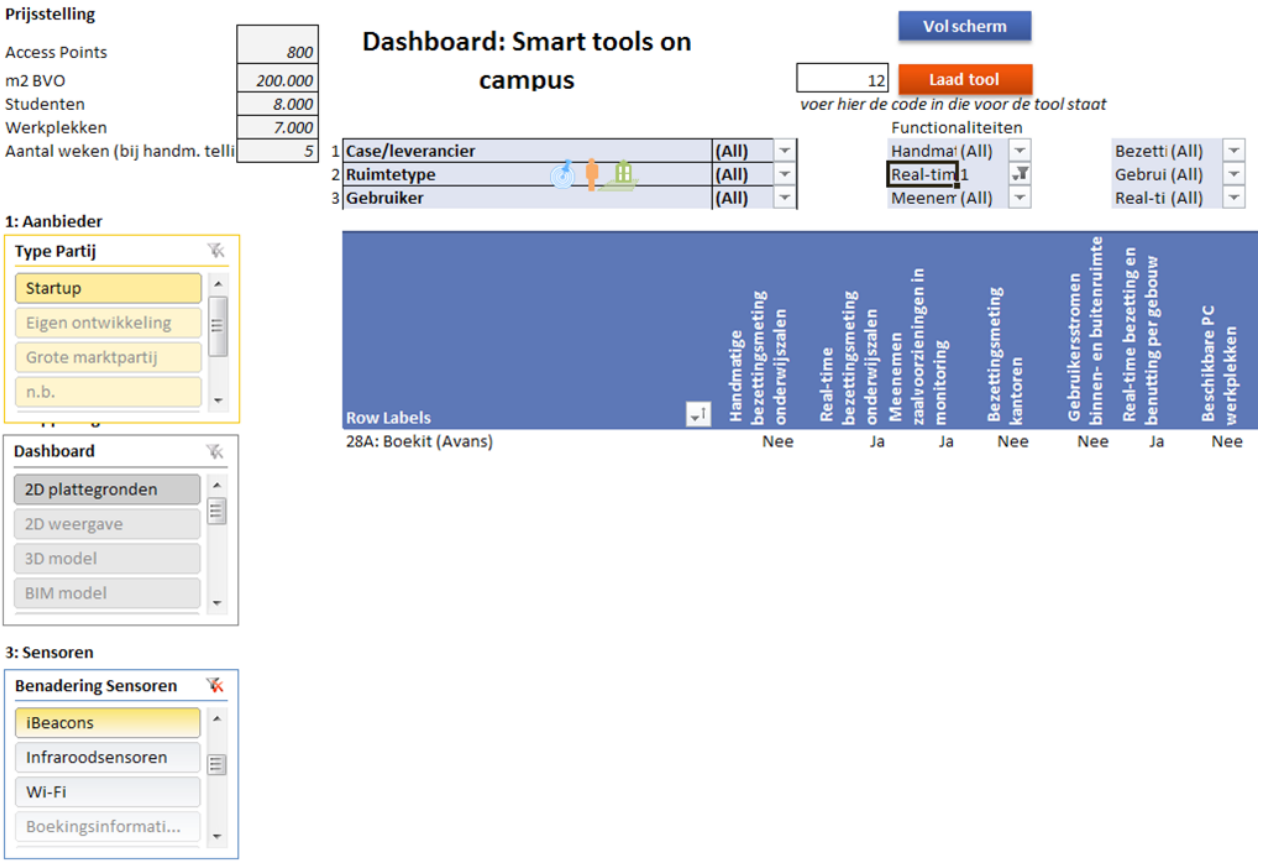
De geïnventariseerde sensoren zijn: Wi-Fi (actief en passief), Bluetooth (iBeacon en wearables), Passieve RFID (toegangscontrole en deurscanner), Camera's (video en IR), Infrarood (deurscanner, verlichtingssensor en bureausensor) sensor, Ultra-wideband, CO2 en ingelogde PC's.

Bijna alle sensoren kunnen gebruikt worden voor real-time toepassingen, maar met name in de ruimtelijke resolutie zit grote variatie in het schaalniveau waarop de sensoren betrouwbare informatie kunnen geven. Bij de toepassing van enkele methoden hangt het schaalniveau af van dichtheid en/of plaatsing van de sensor, hetgeen ook een behoorlijke impact op de kosten heeft..

Hoofdstuk 5

De tabel kan eveneens gefilterd worden op de sensoren die gebruikt zijn in de diverse smart tools: zie figuur 7.12.

Op basis van de gebruikte filters kan de gebruiker een tool selecteren en het nummer van de tool invoeren om wat meer informatie over de tool te laden (figuur 7.12: voer het nummer 28A in links naast de knop "laad tool" en druk op de knop).

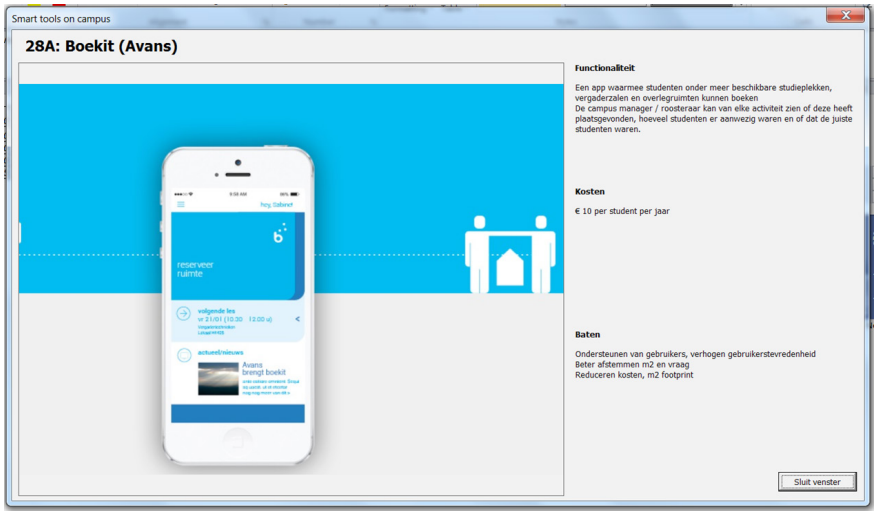


Figuur 7.12 Uitsnede van het dashboard. Filteren van de lijst aan tools op basis van de gebruikte sensoren in de smart tool.

De tools die in de marktverkenning zijn gevonden, zijn toegevoegd aan de tabel. Op basis hiervan is gekozen om onderscheid te maken in cases en leveranciers: de implementaties van smart tools bij eindgebruikers bevatten vaak maar een deel van de functionaliteiten die volgens de leverancier mogelijk zijn.

Input voor dashboard smart tools Hoofdstuk 6

In de marktverkenning zijn een aantal nieuwe tools geïnventariseerd, die op dezelfde functionaliteiten als de tools van de universiteiten kunnen worden geordend.



Figuur 7.13: Uitsnede van het dashboard: pop-upvenster met extra informatie over de gekozen smart tool.

Ten slotte kan de gebruiker de prijsstelling van de tools aanpassen op de eigen situatie. In de tabel worden, voor zover bekend, de kosten van de verschillende tools weergegeven. Door de gegevens van de eigen portefeuille linksboven in het dashboard in te vullen, worden deze kosten aangepast op de eigen situatie wanneer de draaitabel wordt ververst.

Verantwoording Bronnen

Referentielijst

Buckman, A. H., Mayfield, M., & Beck, S. B. M. (2014). What is a smart building? Smart and sustainable built environment, 3(2), 92-109.

Christensen, K., Melfi, R., Nordman, B., Rosenblum, B., & Viera, R. (2014). Using existing network infrastructure to estimate building occupancy and control plugged-in devices in user workspaces. International Journal of Communication Networks and Distributed Systems, 12(1), 4-29. doi:10.1504/IJCNDS.2014.057985

De Jonge, H., Arkesteijn, M. H., Den Heijer, A. C., Vande Putte, H. J. M., De Vries, J. C., & Van der Zwart, J. (2009). Designing an accomodation strategy (DAS Frame). Delft: TU Delft Faculty of Architecture.

Den Heijer, A. (2011). Managing the university campus. Delft: Eburon Academic Publishers.
Den Heijer, A., & Tzovlas, G. (2014). The European Campus - Heritage and Challenges. Delft.

Mautz, R. (2012). Indoor Positioning Technologies. (Habilitation Thesis), ETH Zurich, Zurich

Serraview. (2015). Managing Workplace Utilization. IoT & Other Technologies for Tracking Workplace Utilization. Retrieved from http://info.serraview.com/workplace-utilization-free-guide

Space Management Group. (2006). Space utilisation: practice, performance and guidelines.

Wang, S., Burnett, J., & Chong, H. (1999). Experimental Validation of CO2-Based Occupancy Detection for Demand-Controlled Ventilation. Indoor Built Environment, 1999(8), 377-391.

Literatuurstudie

Abedi, N., Bhaskar, A., & Chung, E. (2013). Bluetooth and Wi-Fi MAC address based crowd data collection and monitoring : benefits, challenges and enhancement. Paper presented at the 36th Australasian Transport Research Forum (ATRF), Brisbane.

Abedi, N., Bhaskar, A., & Chung, E. (2014). Tracking spatio-temporal movement of human in terms of space utilization using Media-Access-Control address data. Applied Geography, 51(2014), 72-81.

Castro, P., Chiu, P., Kremenek, T., & Muntz, R. (2001). A Probabilistic Room Location Service for Wireless Networked Environments. Paper presented at the Ubicomp, Atlanta.

Chang, S., Wolf, M., & Burdick, J. W. (2010). Human Detection and Tracking via Ultra-Wideband (UWB) Radar. Paper presented at the 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Anchorage.

Chapre, Y., Mohapatra, P., Jha, S., & Seneviratne, A. (2013). Received signal strength indicator and its analysis in a typical WLAN system (short paper). Paper presented at the Proceedings - Conference on Local Computer Networks, LCN.

Chen, J., & Ahn, C. (2014). Assessing occupants' energy-load variation in commercial and educational buildings: Occupancy detecting approach based on existing wireless network infrastructure. Paper presented at the Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network - Proceedings of the 2014 Construction Research Congress.

Chen, Y., Lymberopoulos, D., Liu, J., & Priyantha, B. (2012). FM-based indoor localization. Paper presented at the MobiSys'12 - Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services.

Christensen, K., Melfi, R., Nordman, B., Rosenblum, B., & Viera, R. (2014). Using existing network infrastructure to estimate building occupancy and control plugged-in devices in user workspaces. International Journal of Communication Networks and Distributed Systems, 12(1), 4-29. doi:10.1504/IJCNDS.2014.057985

Chuah, J. W., Li, C., Jha, N. K., & Raghunathan, A. (2013). Localized heating for building energy efficiency. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on VLSI Design.

Chung, T. M., & Burnett, J. (2001). On the prediction of lighting energy savings achieved by occupancy sensors. Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering, 98(4), 6-23. doi:10.1092/6H6F-YLH1-NKHE-YFAL

D'Souza, M., Wark, T., Karunanithi, M., & Ros, M. (2013). Evaluation of realtime people tracking for indoor environments using ubiquitous motion sensors and limited wireless network infrastructure. Pervasive and Mobile Computing, 9(4), 498-515. doi:10.1016/j.pmcj.2012.03.007

Deak, G., Curran, K., & Condell, J. (2010) Evaluation of smoothing algorithms for a RSSI-based device-free passive localisation. Vol. 84. Advances in Intelligent and Soft Computing (pp. 469-476).

Dodier, R. H., Henze, G. P., Tiller, D. K., & Guo, X. (2006). Building occupancy detection through sensor belief networks. Energy and Buildings, 38(9), 1033-1043. doi:10.1016/j.enbuild.2005.12.001

Duarte, C., Van den Wymelenberg, K., & Rieger, C. (2013). Revealing occupancy patterns in an office building through the use of occupancy sensor data. Energy and Buildings, 67(December 2013), 587–595.

Felisberto, F., Costa, N., Fdez-Riverola, F., & Pereira, A. (2012). Unobstructive body area networks (BAN) for efficient movement monitoring. Sensors (Switzerland), 12(9), 12473-12488. doi:10.3390/s120912473

Furey, E., Curran, K., & McKevitt, P. (2012). HABITS: A Bayesian filter approach to indoor tracking and location. International Journal of Bio-Inspired Computation, 4(2), 79-88. doi:10.1504/IJBIC.2012.047178

Garg, V., & Bansal, N. K. (2000). Smart occupancy sensors to reduce energy consumption. Energy and Buildings, 32(1), 81-87. doi:10.1016/S0378-7788(99)00040-7

Glanzer, G., Bernoulli, T., Wießflecker, T., Schütz, R., & Walder, U. (2008). Architectures of hybrid indoor positioning systems for emergency situations. Paper presented at the ENC-GNSS 2008 - European Navigation Conference.

Guo, W., & Zhou, M. (2009). An emerging technology for improved building automation control. Paper presented at the Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics.

Haeberlen, A., Flannery, E., Ladd, A. M., Rudys, A., Wallach, D. S., & Kavraki, L. E. (2004). Practical Robust Localization over Large-Scale 802.11 Wireless Networks. Paper presented at the MobiCom'04 Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Haq, M. A. U., Hassan, M. Y., Abdullah, H., Rahman, H. A., Abdullah, M. P., Hussin, F., & Said, D. M. (2014). A review on lighting control technologies in commercial buildings, their performance and affecting factors. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 33, 268-279. doi:10.1016/j.rser.2014.01.090

Heiple, S., & Sailor, D. J. (2008). Using building energy simulation and geospatial modeling techniques to determine high resolution building sector energy consumption profiles. Energy and Buildings, 40(8), 1426-1436. doi:10.1016/j.enbuild.2008.01.005

Jiang, Y., Pan, X., Li, K., Lv, Q., Dick, R. P., Hannigan, M., & Shang, L. (2012). ARIEL: Automatic Wi-Fi based room fingerprinting for indoor localization. Paper presented at the UbiComp'12 - Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing.

Kaghyan, S., Sarukhanyan, H., & Akopian, D. (2013). Human movement activity classification approaches that use wearable sensors and mobile devices. Paper presented at the Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering.

Karedal, J., Johansson, A. J., Tufvesson, F., & Molisch, A. F. (2008). A measurement-based fading model for wireless personal area networks. IEEE Transactions on Wireless Communications, 7(11), 4575-4585. doi:10.1109/T-WC.2008.070500

Kilic, Y., Wymeersch, H., Meijerink, A., Bentum, M. J., & Scanlon, W. G. (2014). Device-free person detection and ranging in UWB networks. IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing, 8(1), 43-54. doi:10.1109/JSTSP.2013.2281780

Kjaergaard, M. B., Wirz, M., Roggen, D., & Troster, G. (2012). Mobile sensing of pedestrian flocks in indoor environments using WiFi signals. Paper presented at the 2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2012.

Kosba, A. E., Saeed, A., & Youssef, M. (2012). Robust WLAN device-free passive motion detection. Paper presented at the IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC.

Landau, R., & Werner, S. (2012). Ethical aspects of using GPS for tracking people with dementia: Recommendations for practice. International Psychogeriatrics, 24(3), 358-366. doi:10.1017/S1041610211001888

Liebig, T., Andrienko, G., & Andrienko, N. (2014). Methods for Analysis of Spatio-Temporal Bluetooth Tracking Data. Journal of Urban Technology, 21(2), 27-37. doi:10.1080/10630732.2014.888215

Liebig, T., & Wagoum, A. U. K. (2012). Modelling microscopic pedestrian mobility using bluetooth. Paper presented at the ICAART 2012 - Proceedings of the 4th International Conference on Agents and Artificial Intelligence.

Liebig, T., Xu, Z., & May, M. (2013) Incorporating mobility patterns in pedestrian quantity estimation and sensor placement. Vol. 7685 LNAI. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (pp. 67-80).

Lim, C. H., Ng, B. P., & Da, D. (2008). Robust methods for AOA geo-location in a real-time indoor WiFi system. Journal of Location Based Services, 2(2), 112-121. doi:10.1080/17489720802415189

Liu, X., Makino, H., Kobayashi, S., & Maeda, Y. (2008). Research of practical indoor guidance platform using fluorescent light communication. IEICE Transactions on Communications, E91-B(11), 3507-3515. doi:10.1093/ietcom/e91-b.11.3507

Martani, C., Lee, D., Robinson, P., Britter, R., & Ratti, C. (2012). ENERNET: Studying the dynamic relationship between building occupancy and energy consumption. Energy and Buildings, 47, 584-591. doi:10.1016/j.enbuild.2011.12.037

Nyarko, K., & Wright-Brown, C. (2013). Cloud based passive building occupancy characterization for attack and disaster response. Paper presented at the 2013 IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security, HST 2013.

Orozco-Ochoa, S., Vila-Sobrino, X. A., Rodríguez-Damián, M., & Rodríguez-Liñares, L. (2011) Bluetooth-based system for tracking people localization at home. Vol. 91. Advances in Intelligent and Soft Computing (pp. 345-352).

Rachuri, K. K., Efstratiou, C., Leontiadis, I., Mascolo, C., & Rentfrow, P. J. (2014). Smartphone sensing offloading for efficiently supporting social sensing applications. Pervasive and Mobile Computing, 10(PART A), 3-21. doi:10.1016/j.pmcj.2013.10.005

Rodríguez-Martín, D., Pérez-López, C., Samà, A., Cabestany, J., & Català, A. (2013). A wearable inertial measurement unit for long-term monitoring in the dependency care area. Sensors (Switzerland), 13(10), 14079-14104. doi:10.3390/s131014079

Ruiz-Ruiz, A. J., Blunck, H., Prentow, T. S., Stisen, A., & Kjaergaard, M. B. (2014). Analysis methods for extracting knowledge from large-scale WiFi monitoring to inform building facility planning. Paper presented at the 2014 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2014.

Sedlmayr, M., Prokosch, H. U., & Münch, U. (2011). Towards smart environments using smart objects. Paper presented at the Studies in Health Technology and Informatics.

Shrestha, S., Talvitie, J., & Lohan, E. S. (2013). On the fingerprints dynamics in WLAN indoor localization. Paper presented at the 2013 13th International Conference on ITS Telecommunications, ITST 2013.

Stange, H., Liebig, T., Hecker, D., Andrienko, G., & Andrienko, N. (2011). Analytical workflow of monitoring human mobility in big event settings using bluetooth. Paper presented at the Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness, ISA'11.

Talvitie, J., Renfors, M., & Lohan, E. S. (2015). Distance-based interpolation and extrapolation methods for RSS-based localization with indoor wireless signals. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 64(4), 1340-1353. doi:10.1109/TVT.2015.2397598

Tomastik, R., Lin, Y., & Banaszuk, A. (2008). Video-Based Estimation of Building Occupancy During Emergency Egress. Paper presented at the 2008 American Control Conference, Seattle, Washington, USA.

Vathsangam, H., Tulsyan, A., & Sukhatme, G. S. (2011). A data-driven movement model for single cellphone-based indoor positioning. Paper presented at the Proceedings - 2011 International Conference on Body Sensor Networks, BSN 2011.

Versichele, M., Neutens, T., Delafontaine, M., & Van de Weghe, N. (2012). The use of Bluetooth for analysing spatiotemporal dynamics of human movement at mass events: A case study of the Ghent Festivities. Applied Geography, 32(2), 208-220. doi:10.1016/j.apgeog.2011.05.011

Villarrubia, G., Bajo, J., De Paz, J. F., & Corchado, J. M. (2014). Monitoring and detection platform to prevent anomalous situations in home care. Sensors (Switzerland), 14(6), 9900-9921. doi:10.3390/s140609900

Vu, L., Nahrstedt, K., Retika, S., & Gupta, I. (2010). Joint bluetooth/wifi scanning framework for characterizing and leveraging people movement in university campus. Paper presented at the MSWiM'10 - Proceedings of the 13th ACM International Conference on Modeling, Analysis, and Simulation of Wireless and Mobile Systems.

Zhang, X., Izato, T., Munenoto, J., Matsushita, D., & Yoshida, T. (2010). Relationship between office workers' staying and workstation attributes in a non-territorial office using ultra wide band sensor network. Fronties of Architecture and Civil Engineering in China, 4(4).

Productinformatie en Case studies

- Avans – Boekit
  www.boekit.nl
- Fontys – Quantified Student
  https://www.parantion.com/parantion-start-experiment-quantified-student-met-fontys-en-nog-meer/
  https://quantifiedstudent.nl/
- Fontys – Seated
  http://sunnyfeijen.nl/work.php?id=2
- Irisys
  www.irisys.net
- Mobius
  https://project-manus.mit.edu/mobius
  https://campustechnology.com/articles/2016/03/21/mit-launches-app-to-bolster-campus-maker-community.aspx?admgarea=topic.software
- NS - iNStApp
  https://www.computable.nl/artikel/praktijkcases/mobility/4702766/1508217/instapp-van-ns-vergemakkelijkt-instappen.html
- NS – Verbeteren reizigersinformatie
  http://www.stby.eu/2013/06/13/working-with-ns-and-prorail-to-improve-services-for-traintravellers
- The Edge
  http://bouwenuitvoering.nl/gebouwautomatisering/the-edge-kijkt-over-de-rand-naar-de-toekomst/
  https://www.werktrends.nl/welkom-in-het-slimme-gebouw
  http://www.slideshare.net/OVGredevelopers/the-edge-breeam-41208707

- SlimLabs
  https://www.slimbuildings.nl
- Spacefinder
  http://www.lib.cam.ac.uk/news/spacefinder-helping-cambridge-university-students-find-study-spaces-which-match-their-needs
- Touchwonders
  http://www.touchwonders.com/work/heijmans
  http://www.touchwonders.com/work/elevate

Webpagina's Smart tools

Hieronder staan URL's van smart tools die via het web voor iedereen toegankelijk zijn.

- Deskbookers
  https://www.deskbookers.com/
- Radboud Universiteit Nijmegen – Studentwerkplekken
  http://www.ru.nl/studenten/naast-studie/voorzieningen/actuele-bezetting/

- Rijksuniversiteit Groningen – Beschikbaarheid PC's
  http://www.rug.nl/bibliotheek/services/bibzernike/diensten/availability-workstations

- SlimLabs
  https://www.flatt.io/demo/
- Sharedesk
  https://www.sharedesk.net/
- Spacefinder
  https://spacefinder.lib.cam.ac.uk/
- Tilburg University – PC Availability
  https://webap001.campus.uvt.nl/PCAvailDashSilver/WS2.html
- TU Delft – Mapiq
  https://tudelftlibrary.mapiq.net/library#/places&floor=E
- TU Delft – WAS
  https://was.tudelft.nl/parkeergarageui/
- Universiteit van Amsterdam – Mapiq
  https://uva.mapiq.net/
- Universiteit Leiden – Vrije PC's
  http://bibliotheek.leidenuniv.nl/vrijecomputers/
- Universiteit Twente – Google Indoor Maps
  http://maps.google.nl
- Universiteit Utrecht – Study Spot
  http://studyspot.uu.nl/

Verantwoording Figuren

In deze figurenlijst worden de bronnen van de in het rapport gehanteerde figuren verantwoord, voor zover deze niet eigendom zijn van de auteurs.

De foto's (zonder figuurnummer) zijn op de pagina zelf verantwoord of afkomstig uit de beeldbanken van de Nederlandse universiteiten. De figuren uit de managementsamenvatting en conclusies (hfd. 7.1) zijn in alle gevallen elders in hoofdstuk 1-6 al opgenomen.

Hoofdstuk 1	
Figuur 1.1	Eigen afbeelding, met logo's van de universiteiten.
Figuur 1.2	http://www.gettyimages.nl/detail/foto/lounge-chair-next-to-pool-with-reserved-towel-royalty-free-beeld/184953757
Figuur 1.4	Space Management Group – Space Utilization: Practice, Performance and Guidelines (2006).
Hoofdstuk 2	
Figuur 2.1	Buckman et al. (2014)
Tabel 2.1	Buckman et al. (2014), vertaald door auteur
Figuur 2.3	Christensen et al. (2014)
Hoofdstuk 3	
Figuur 3.3	Tilburg University
Figuur 3.4	Mapiq
Figuur 3.5	Evoko
Hoofdstuk 5	
Figuur 5.2	www.geenfc.com
Figuur 5.3	Acic Tech, via: http://www.acic-tech.be/fr/produits/acic-people-counting.html
Figuur 5.4	Vinotion, via: https://www.youtube.com/watch?v=NQ26F0xKmhg
Figuur 5.5	Kinotion, via: https://kintronics.com/ip-camera-lens-and-illuminator-for-long-range-surveillance/
Figuur 5.6	www.peoplecounter.cn
Figuur 5.9-5.12	Afgeleid van Christensen et al. (2014)
Figuur 5.13	Wikipedia, via: https://en.wikipedia.org/wiki/Accuracy_and_precision
Figuur 5.14-5.17	Afgeleid van Christensen et al. (2014)
Hoofdstuk 6	
Figuur 6.1	Cambridge University
Figuur 6.2	Touchwonders
Figuur 6.3	Deskbookers
Figuur 6.4	Massachusetts Institute of Technology
Figuur 6.5	Blinq Systems
Figuur 6.6	Irisys
Figuur 6.8a	http://sunnyfeijen.nl/work.php?id=2
Figuur 6.8b	Parantion
Figuur 6.9	Boekit
Figuur 6.11	SlimLabs
Figuur 6.15a	Nederlandse Spoorwegen https://www.computable.nl/artikel/praktijkcases/mobility/4702766/1508217/instapp-van-ns-vergemakkelijkt-instappen.html
Figuur 6.15b	Nederlandse Spoorwegen http://www.stby.eu/2013/06/13/working-with-ns-and-prorail-to-improve-services-for-traintravellers
Figuur 6.16	http://sunnyfeijen.nl/work.php?id=2 ; Boekit ; Cambridge University
Figuur 6.17	Nederlandse Spoorwegen
Hoofdstuk 7	
Figuur 7.7	Lone Rooftop

Bijlagen

Bijlagen

Bijlage 1 Begrippenlijst

Atelier	Een ruimte die gedurende een onderwijsperiode wordt toegewezen aan een projectgroep, waar zij aan een onderwijsproject te werken. Hier wordt ook begeleiding door docenten gegeven. Zie ook onderwijsruimte.
Benutting	Het gebruik van een ruimte in relatie tot de capaciteit van die ruimte. Een ruimte wordt benut door een x aantal personen.
Benuttingsgraad	De formule voor de benuttingsraad is: aantal personen in de ruimte / maximale capaciteit van de ruimte * 100%
Bezettingsresolutie	Het detailniveau waarop een meting naar ruimtegebruik wordt gedaan. Niveaus zijn bezetting (aanwezig ja/nee), benutting (aantal), identiteit (wie) en activiteit (wat).
Bezetting	Het gebruik van een ruimte in relatie tot de beschikbaarheid van die ruimte. Een ruimte is bezet als zich een of meerdere mensen in deze ruimte bevinden.
Bezettingsgraad	De formule voor de bezettingsgraad is: tijdsduur bezet / tijdsduur beschikbaar * 100%.
Bezettingsmeting	Algemene term voor een meting naar ruimtegebruik. In een bezettingsmeting kan zowel bezetting, benutting, identiteit als activiteit worden gemeten.
BSA	Bindend studieadvies
BVO	Bruto vloeroppervlak, gerelateerd aan NEN2580.
Campus management	Het afstemmen van de universiteitscampus (vastgoed en diensten) op de veranderende context en diverse stakeholderperspectieven, waarmee waarde wordt toegevoegd aan de prestaties van de universiteit.
Daadwerkelijk ruimtegebruik	De bezetting en benutting van een ruimte op het moment van een meting.
Data	Gegevens: getallen, woorden, symbolen, etc.
Doelstelling	Hetgeen men met de smart tool bereikt moet worden. De doelstellingen worden vanuit het campus management model van Den Heijer beschreven.
Effectiviteit	De mate waarin met de gebruikte de middelen het doel wordt behaald (kwalitatief)
Efficiëntie	De mate waarin middelen worden gebruikt (kwantitatief)
EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
Functionaliteit	Wat een smart tool kan of moet kunnen. Smart tools kunnen per functionaliteit gegroepeerd worden.
FTE	Fulltime equivalent, een eenheid waarin de omvang van een personeelsbestand kan worden uitgedrukt.
Informatie	Data die in een bepaalde context is omgezet.
Informatie ruimtegebruik	Hetgeen met een meetmethode moet worden gemeten, namelijk ruimtegebruik. Dit kan op vier verschillende detailniveaus / resoluties. Zie ook bezettingsresolutie.
Ingeroosterd ruimtegebruik	De bezetting en benutting van een ruimte zoals dat in een onderwijsrooster of een boekingssysteem van een vergaderzaal wordt weergegeven.

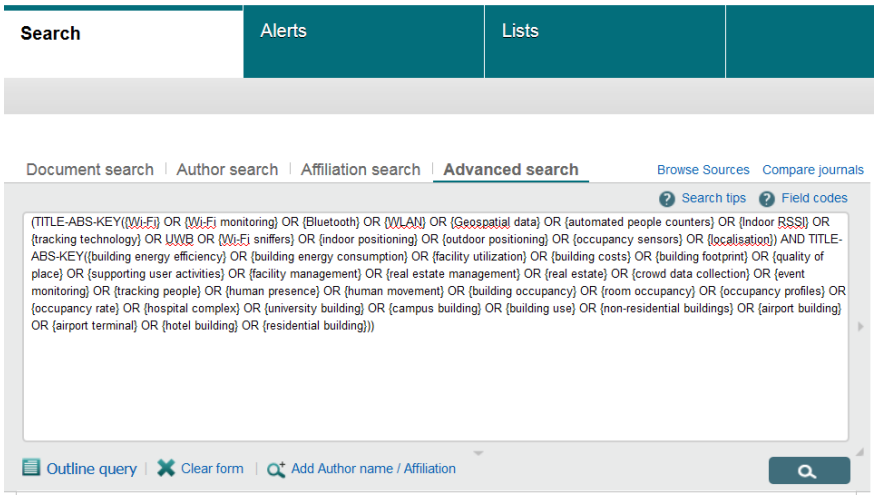
Kantooromgeving	Alle ruimten waar kantoorwerk wordt verricht. Onder de kantooromgeving vallen kantoorruimten en vergaderzalen.
Kantoorruimte	Ruimten met een of meerdere individuele of gedeelde werkplekken waar medewerkers zelfstandig werk verrichten. Zie ook kantooromgeving.
LEI	Leiden University
Meetmethode	Een wijze waarop ruimtegebruik wordt vastgesteld. Onder meetmethoden vallen sensoren, handmatige tellingen en (zelf) boekingssystemen.
MU	Maastricht University
Nederlandse universiteiten	De dertien Nederlandse universiteiten die in dit onderzoek zijn meegenomen (uitgezonderd de Open Universiteit)
No-show	Het niet gebruik maken van een boeking. Het verschil tussen ingeroosterde en daadwerkelijke bezetting.
Onderwijsruimte	Alle ruimten die voor onderwijs kunnen worden ingeroosterd. Dit betreft onderwijszalen, practicumzalen, tekenzalen en ateliers.
Onderwijszaal	Een zaal die wordt ingeroosterd voor hoor- of werkcolleges. Dit betreft zowel grote, oplopende zalen als kleinere zalen met een vlakke inrichting.
Practicumzaal	Een zaal die wordt ingeroosterd voor een specifieke onderwijsactiviteit, waar de inrichting van de zaal op is afgestemd. Zie ook onderwijsruimte.
Projectruimte	Een ruimte die door meerdere studenten wordt ingezet voor groepswerk. Deze kan door de student zelf worden geboekt. Zie studieruimte.
Real-time	Met real-time wordt bedoeld dat de data van een meting gebruikt kan worden als informatie door gebruikers, waarmee zij bijvoorbeeld een vrije werkplek kunnen vinden. In de temporele resolutie is real-time gedefinieerd als een bereik van tientallen seconden tot een fractie van een seconde.
Roostersysteem	Het systeem waarin alle zaalreserveringen voor onderwijsactiviteiten worden vastgelegd.
RU	Radboud Universiteit Nijmegen
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
Ruimte	Ruimte kan op verschillende schaalniveaus worden gedefinieerd: zie ruimtelijke resolutie
Ruimtegebruik	Met ruimtegebruik wordt kan zowel de bezetting als de benutting van die ruimte bedoeld, of een combinatie van beiden.
Ruimtelijke resolutie	Het ruimtelijke detailniveau waarop een meting naar ruimtegebruik wordt gedaan. Niveaus zijn: campus, gebouw, verdieping, grote ruimte, kleine ruimte, werkplek.
Sensor	Een meetmethode waarmee zonder tussenkomst van een persoon het daadwerkelijke ruimtegebruik wordt vastgesteld.
Smart tool	Een smart tool is een dienst of product waarmee (real-time) informatie verzameld wordt om enerzijds ruimtegebruik op de huidige campus te verbeteren, en anderzijds de besluitvorming over de toekomstige campus.
Studieplek	Een werkplek waar de student individueel kan studeren. Zie ook studieruimte.
Studieruimte	Ruimte die door de student kan worden gebruikt om te studeren. Hierin zijn twee soorten ruimten te onderscheiden: projectruimten en studieplekken.

Temporele resolutie	Het temporele detailniveau waarop een meting naar ruimtegebruik wordt gedaan. Niveaus zijn: jaarlijks, maandelijks, dagelijks, per minuut, per seconde.
TiU	Tilburg University
TUD	Technische Universiteit Delft
TUE	Technische Universiteit Eindhoven
UT	Universiteit Twente
Utilisatie	Een combinatie van de bezettings- en benuttingsgraad. Utilisatie geeft aan voor hoeveel procent van de beschikbare tijd een zitplaats in een ruimte wordt gebruikt. Deze definitie wordt in Nederland niet gehanteerd bij metingen voor ruimtegebruik.
UB	Universiteitsbibliotheek
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam
Vergaderzaal	Een ruimte die bestemd is voor vergaderingen tussen medewerkers. Zie ook kantoorruimte.
VU	Vrije Universiteit Amsterdam
WU	Wageningen University
Zelfboekingssysteem	Een systeem waarbij een student of medewerker zelf een boeking maakt, zonder dat deze gecontroleerd wordt door een derde persoon.

Bijlage 2 Onderzoeksmethoden

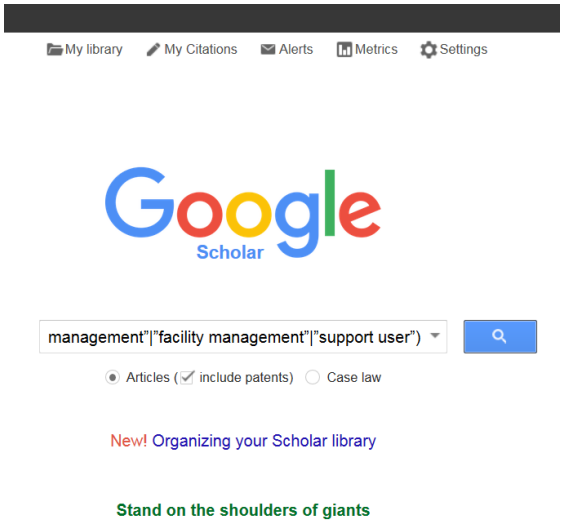
Onderdeel 1 – Literatuurstudie

Scopus



Figuur B2-1: Zoekopdracht in Scopus

Zoekopdracht Google Scholar:
Building (wi-fi|bluetooth|real-time|sensor|"indoor positioning"|fingerprint|"smart tools"|movement) AND (utilization|occupancy|"real estate management"|"facility management"|"support user")



Figuur B2-2: Zoekopdracht, ingevoerd in in Google Scholar

C	D
Titel en auteur	Lim ; Robust methods for AOA geo-location in a realtime indoor WiFi system
1e scan	
1. Probeer de titel en ondertitel te verklaren, met als doel: activeren van voorkennis/kennis van de wereld; mentale 'kapstok' creëren. Procedure	
(a) Vertaal iedere term in de titel met woordenboeken	Robuste methodes bij AOA- Geo lokatie in een real-time binnen Wi-Fi systeem
(b) Worden er bepaalde relaties verondersteld tussen de gebruikte termen	doel -> middel middel; methodes binnen Wi-Fi systeem doel; AOA geo lokatie
(c) Wat is er dus in (eigen woorden) onderzocht	Goede methodes die gebruikt kunnen worden voor AOA geo lokalisatie in een real time indoor Wi-Fi systeem
(d) Teken een plaatje van onafhankelijke (worden gemanipuleerd) en afhankelijke variabelen (worden gemeten)	methodes -> AOA (angle of arrival) geo lokalisatie
2. Analyseer het abstract en vergelijk die met de titelanalyse	de prestatie van indoor localisatie methodes wordt minder door multi-path errors. Hiervoor hebben ze verschillende methodes om de multi-path errors te vermijden. Lokalisatie kan voor veel verschillende doeleinden gebruikt worden.
3. Zoek naar onderzoeksvragen of hypotheses	Nieuwe methodes voor real-time indoor Wi-Fi systemen die accurater zijn dan bestaande systemen.
4. Scan de tekst op kopjes en tabellen. Zoek definities en verbanden, liefst in schema's	Wi-Fi localisation system -> robust methods for multi-path errors mitigation -> experiment procedure -> conclusion
op welke manier wil de auteur prestaties (van de organisatie) beinvloeden	Supporting user activities
wat probeert hij hiervoor te meten	localisation
waarmee meet hij	Wi-Fi
op welk gebouwtype past hij het toe	Laboratory
noemt de auteur het aanpassen van het vastgoed aan de gemeten vraag (toekomstige match)	-
Relevante keywords	Multi-path errors, indoor Wi-Fi, localisation, triangulation

Figuur B2-3: Voorbeeld van het format dat in de quickscan is ingevuld, voor alle geselecteerde papers uit Scopus en Google Scholar.

Vragenlijst – Qualtrics Survey		
1	Vraag	Worden er op dit moment Smart Tools aan uw universiteit gebruikt?
	Antwoord	Ja / nee
2	Vraag	Welke Smart Tools worden er op dit moment aan uw universiteit gebruikt?
	Antwoord	Open, maximaal vijf antwoorden
Vraag 2a tot 2e wordt herhaald voor elke ingevulde smart tool in vraag 2		
2a	Vraag	Wat voor type smart tool is [smart tool 1]? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Smart tool(s) om het ruimtegebruik van de organisatie te verbeteren ☐ Smart tool(s) om het roosterproces van de organisatie te verbeteren ☐ Smart tool(s) om de dienstverlening van de organisatie te verbeteren, bijv. ventilatie, verwarming ☐ Ander type smart tool, namelijk:
2b	Vraag	Met welke doelstellingen zet u (smart tool 1) in? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Ondersteunen van imago ☐ Ondersteunen van cultuur ☐ Stimuleren samenwerking ☐ Stimuleren innovatie ☐ Verbeteren van de verblijfskwaliteit ☐ Ondersteunen van gebruikersactiviteiten ☐ Verhogen van gebruikerstevredenheid ☐ Verhogen flexibiliteit ☐ Verhogen van de vastgoedwaarde ☐ Reduceren van (financiële) risico's ☐ Kostenreductie ☐ Reduceren van CO2-footprint ☐ Reduceren van m2 footprint
2c	Vraag	Van welke meetmethoden maakt (smart tool 1) gebruik? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Wi-Fi infrastructuur ☐ RFID: bijv. toegangspoorten, kaartlezers deuren ☐ Ultra-wideband (UWB) ☐ Bluetooth of overige radiofrequenties ☐ Bewegingssensoren, onder bureaus of aan de muur ☐ Camera's ☐ Gebouwgebonden installaties (gebouwbeheersysteem, verlichtingssensoren) ☐ Anders, namelijk...

2d	Vraag	Voor welke ruimtetype(n) wordt (smart tool 1) ingezet? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Onderwijszalen en -ruimten ☐ Studieplekken ☐ Kantoorruimten ☐ Vergaderzalen ☐ Laboratoria
2e	Vraag	In welke implementatiefase bevindt (smart tool 1) zich aan uw universiteit?
	Antwoord	☐ Ontwikkelfase ☐ Pilotfase ☐ Implementatiefase
3	Vraag	Voor welke ruimtetypen beschikt uw universiteit over bezettingsmetingen? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Onderwijszalen en -ruimten ☐ Studieplekken ☐ Kantoren ☐ Vergaderzalen ☐ Laboratoria
Vraag 3a tot 3e wordt herhaald voor elke ingevulde bezettingsmeting in vraag 3		
3a	Vraag	Welke van deze gegevens worden er aan uw universiteit gemeten voor (ruimtetype 1)? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Bezettingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Bezettingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Benuttingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Benuttingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Utilisatie (voorspeld gebruik) ☐ Utilisatie (daadwerkelijk gebruik)
3b	Vraag	Welke definities worden er voor de volgende begrippen aan uw universiteit gehanteerd bij (ruimtetype 1)?
	Antwoord	☐ Bezettingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Bezettingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Benuttingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Benuttingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Utilisatie (voorspeld gebruik) ☐ Utilisatie (daadwerkelijk gebruik)

3c	Vraag	Kunt u de volgende gegevens aangeven van de bezettingsmeting voor (ruimtetype 1)?
	Antwoord	☐ Het tijdvak waarop de meting is uitgevoerd (bijv: 2015, Q1) ☐ Het aantal uren per week dat als 100% is genomen in de meting (bijv: 40) ☐ Opmerkingen /Discussie
3d	Vraag	Welke waarden zijn tijdens de meting gemeten voor (ruimtetype 1)?
	Antwoord	☐ Bezettingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Bezettingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Benuttingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Benuttingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Utilisatie (voorspeld gebruik) ☐ Utilisatie (daadwerkelijk gebruik)
3e	Vraag	Hanteert uw universiteit streefwaarden voor de volgende gegevens voor (ruimtetype 1)?
	Antwoord	☐ Bezettingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Bezettingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Benuttingsgraad (voorspeld gebruik) ☐ Benuttingsgraad (daadwerkelijk gebruik) ☐ Utilisatie (voorspeld gebruik) ☐ Utilisatie (daadwerkelijk gebruik)
4	Vraag	Welke verantwoordelijkheden heeft het facilitair bedrijf van uw universiteit? (meerdere antwoorden mogelijk)
	Antwoord	☐ Facilitair Management ☐ Vastgoedontwikkeling ☐ Gebouwbeheer en -onderhoud ☐ Roostering ☐ Projectmanagement

Interview protocol – Interview met beleidsmedewerker	
Hoofdvragen	Aanvullende vragen (voorbeelden)
1 In de vragenlijst heeft u aangegeven dat uw universiteit de tool studentwerkplekken gebruikt. Zou u deze toepassing kunnen positioneren in het kader?	(bij vraag 1)
2 Bent u tevreden over het gebruik van deze tool?	Mag ik de app van de tool zien/de managementrapportage zien?
3 Bent u nu bezig met een ontwikkeltraject voor nieuwe tools / metingen?	Hoe werkt de tool/managementrapportage? Welke functionaliteiten heeft het?
4 Zou u de toekomstige/door u gewenste situatie in het kader kunnen positioneren?	Welke resultaten zijn ermee behaald?
	Voorziet de app in de behoeften / vragen van de gebruikers?
	Welke meetmethoden worden er gebruikt? Wat zijn de ervaringen daarmee?
	Wat zijn ongeveer de kosten die met de tool zijn gemoeid?
	Zijn de rapportages/ tools gekoppeld aan het FMIS systeem of aan rapportagesystemen?
	Hoe is het ontwikkeltraject van de tool opgestart? Hoe zou u het een volgende keer doen?
	(bij vraag 2)
	Hoe tevreden zijn de verschillende stakeholders met de smart tool / resultaten van de metingen?
	(bij vraag 3)
	Hoe is het ontwikkeltraject opgestart?
	Welke meetmethoden worden daarbij in overweging genomen? Zijn die meetmethoden al aanwezig op de universiteit?
	Sluit dit aan bij uw antwoord op de vorige vraag, of is dat een volgende stap?
	Wat zijn ongeveer de kosten die ermee zijn gemoeid?
	(bij vraag 4)
	Dezelfde vragen als bij vraag 1

Interview protocol – Interview met directeur	
Hoofdvragen	Aanvullende vragen
(Samenvatting interview 1)	(Bij vraag 1 en 3)
1 Uit de vragenlijst en het eerste interview blijkt dat uw universiteit de volgende tools gebruikt om de volgende doelen (…) te behalen.	Herkent u zich in dit beeld?
Wilt u hier nog iets aan toevoegen?	Bent u bekend met de tools die genoemd worden?
(Uitleg campusmodellen: traditioneel, shared en online)	Ontbreekt er informatie?
2 Herkent u dat uw universiteit een mix is van de drie modellen en hebben jullie ook een beeld van waar het zwaartepunt ligt?	(Bij vraag 4)
(Uitleg kader)	Welke soort besluiten heeft u genomen?
3 In het eerste interview heb ik samen met de beleidsmedewerker de tools van de universiteit in de huidige situatie op dit punt in het kader gezet. In de toekomst wil de universiteit naar dit punt.	Voor welke ruimtetypen?
Wilt u hier nog iets aan toevoegen?	Kunt u een voorbeeld geven van zo'n besluit (document)?
4 Hoe is de informatie uit de smart tool op dit moment ingebed in uw besluitvorming over uw portefeuille? Heeft u bijvoorbeeld op basis van deze informatie aanpassingen gedaan aan uw strategie, of aan een van de gebouwen of ruimten?	(Bij vraag 5)
5 Bent u geïnteresseerd in de mogelijkheid om uw besluitvorming in de toekomst (meer) via smart tools te verantwoorden?	Voor wat voor soort besluiten geldt dit?
	Voor welke ruimtetypen?

Protocol telefonische interviews t.b.v. verkenning sensoren

Setting:

- Telefoon moet toelaten om een geluidsopname te maken
- Verkennend gesprek.
- Streven naar 15 minuten per gesprek, tenzij zeer interessant.
- Wanneer interessant: toch vermijden om zelf bij het bedrijf langs te gaan want zeer tijdrovend; beter om bedrijf naar TU te laten komen of een skypedemo opzetten. Motiveren vanuit de aard van het onderzoek (verkennend).

Intro (kort) – op zoek naar de geschikte persoon in het bedrijf…

- Introductie onderzoeker
- op zoek naar iemand die meer weet van real time meting van gebouwgebruik

Doorverbinden met de juiste persoon… etc. Herhalen indien nodig.

Intro (lang) – juiste persoon gevonden…

- Evt: ik heb uw naam doorgekregen van … n.a.v. …
- Introductie onderzoeker
- Onderzoek in opdracht van de Nederlandse Universiteiten.
- Doel: intensiveren ruimtegebruik.
- Onderzoek naar het **real time meten van het gebruik van gebouwen**.
- Schikt het om hier even kort over te praten?
- Naam van de persoon noteren.

Openingsvraag: doet uw bedrijf iets gelijkaardigs?

Indien ja:

- Wat precies?
- Hoe werkt het? Hoe betrouwbaar, etc…
- Ook voorspellen van ruimtegebruik?
- Al in praktijk toegepast? Referentieprojecten?
- Wat is de kostprijs
- Evaluatie: technisch, financieel…
- Alternatieven
    - Kent u / Zijn er andere gelijkaardige systemen?
    - Kent u andere personen die we moeten spreken, andere personen in uw bedrijf?
    - Wat zijn voor- en nadelen van de gelijkaardige systelen?
- Als interessant: hoe kunnen we meer te weten komen over uw product?
    - Website, folders…?
    - Bereid tot afspraak, demo,…?

Indien neen:

- Controlevraag: Helemaal geen meting van gebruik van gebouwen; of geen real time metingen…?

- Kent u dergelijke systemen?
- Denkt u dat het werkt, waarom wel, waarom niet?
- Cases?

Afsluiting

- we maken een kort verslag van elk gesprek
- akkoord om naam en bedrijf te vermelden?
- akkoord met de inhoud van dit gesprek?
- we waren niet van plan om het verslag van dit gesprek aan u voor te leggen alvorens we het in het rapport opnemen (akkoord? indien niet: mailadres opvragen)
- persoon bedanken voor het gesprek.

Slides gebruikt bij de face-to-face interviews met marktpartijen

Oplossing (hypothese)

Q

Hoe kunnen we in (universitair) vastgoed vraag en aanbod zo efficiënt mogelijk op elkaar afstemmen?

A

Korte termijn: met smart tools gebruikers helpen om bestaande ruimten beter in te zetten

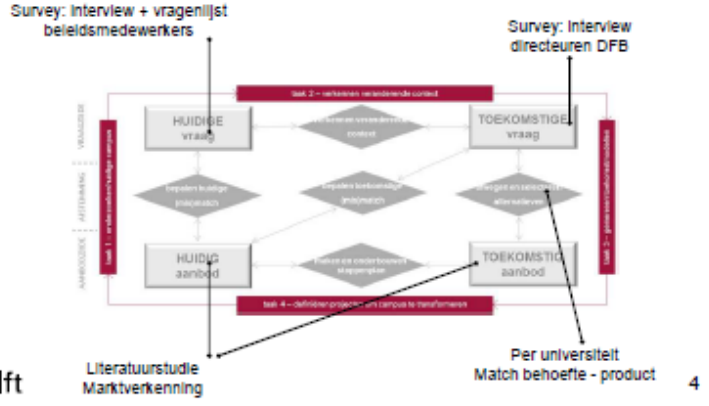
Lange termijn: de informatie uit smart tools gebruiken in lange termijnplannen en vastgoed strategieën, en het besluitvormingsproces van vastgoed

TUDelft

3

Onderdelen onderzoek

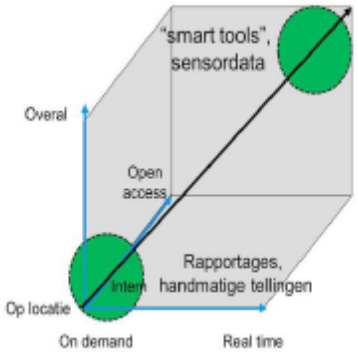
NU: Inventarisatie huidige behoefte (vragenlijst), literatuurstudie, marktverkenning
TOEKOMST: interviews directeuren, bedrijven, match per universiteit



TUDelft

4

Kader smart tools

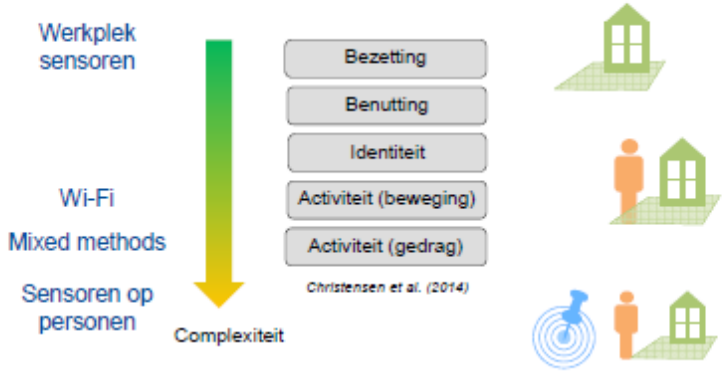


In dit kader worden de bestaande smart tools en de gewenste situatie gepositioneerd. Dit levert inzicht op in hoe 'smart'* de bestaande tools zijn en welke ontwikkeling de universiteit daarin wenst / voorziet.

TUDelft

* Smart wil in dit geval zeggen: real-time, open access en overal beschikbaar.

Eerste resultaten literatuurstudie



Er is een hiërarchie in meetdoelen die te verbinden is met de ingezette methode en vastgoedmanagement doelstellingen

TUDelft

Gebruikerseisen

Kader (volgende slides)

Frequentie v.d. meting

Bereik van de informatie

Voor wie beschikbaar?

Aanvullende eisen, specificaties

Kosten

Benodigde infrastructuur

Ontwikkelfase product

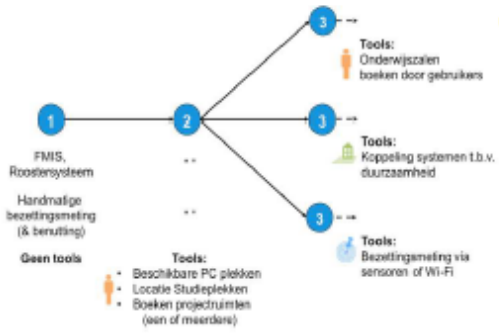
Output data

Acceptatie van gebruikers

TUDelft

bron: Mautz (2012)

Ontwikkeling smart tools



Uit de interviews bij de universiteiten blijkt tot nu toe dat de ontwikkeling van smart tools in stappen verloopt.

Stap 1: systemen (FMIS, roostering) op orde
Stap 2: eerste tools, gericht op gebruiker
Stap 3: verdere ontwikkeling van specifieke tools

TUDelft

Bijlage 3 Lijst van geïnterviewde personen

Inventarisatie Nederlandse Universiteiten

Erasmus Universiteit Rotterdam	Hans Luijendijk, Sandra Klarenbeek, Geert Gerritse
Maastricht University	Ronald Wilmes
Radboud Universiteit Nijmegen	Rene Hagels, Gusta Cirkel
Rijksuniversiteit Groningen	Marijke Boersma, Peter Hartman, Roelf Pieter Datema
Technische Universiteit Eindhoven	Jurgen Weisfelt, Monique Kuyck, Veronique Marks, Martin Boers
Technische Universiteit Delft	Anja Stokkers
Tilburg University	Marloes Peeters, John Essens, Paul Hoeijmans, Marcel van Ieperen
Universiteit Leiden	Rogier de Bruin, Monique Teufer
Universiteit van Amsterdam	Wouter zum Vörde Sive Vörding, Jeroen Roosen (HvA), Marjon Cornelissen, Harold Swartjes
Universiteit Twente	Ray Klumpert, Pim Fij
Universiteit Utrecht	Mendy Meeuwsen
Vrije Universiteit	Carin van der Wal, Irma Schouten-Oudendijk, Els van Haasen, Josja van der Veer
Wageningen University	Joris Fortuin

Verkenning sensoren

PROCOS	Wim van Hove
Boydens	Wim Boydens
Jadec	Joost Boel
Nedap	Jan Wilterdink
SUN Microsystems	Gunther van den Broeck
Creston	Arjan Haverkamp
Scientia	Robert-Jan Bulter

Verkenning smart tools

Avans Hogeschool	Arnaud Opdam
Fontys Hogeschool	Rens van der Vorst
Nationale Spoorwegen	Jeroen van der Heuvel
SlimLabs	Paul Bos
Shell	Michel Beunder
Schiphol Real Estate	Han Zeelen

Bijlage 4-a Overzicht huidige tools

Tools om gebruikers te ondersteunen

	Universiteit	Dienst (a)	Functionaliteit	Input (b)	Ruimtetype (c)	Schaalgrootte	Fase
Mapiq	**UvA**	FB	Reserveren van onderwijszalen locatie van studieplekken	Boekingen rooster Boekingen studenten	OZ SP	Drie gebouwen	Pilot (richting implementatie)
Book my Space - Planon	**TU/e**	FB	Reserveren van ruimten, inzicht in beschikbaarheid o.b.v boekingen	Boekingen rooster Boekingen studenten	OZ PR SP VZ	Drie gebouwen	Pilot (richting implementatie)
Mapiq (2)	**TUD**	UB	Reserveren van kleine overlegzalen; locatie van studieplekken	Boekingen studenten	SP PR	Library	Implementatie
Web Room Booking	**UT, HvA, WUR, MU**	FB	Reserveren van kleine overlegzalen	Boekingen studenten	PR	Campusbreed	Implementatie
Web Room Booking	**TiU, RU**	FB	Reserveren van kleine overlegzalen (behandeling door FB)	Boekingen studenten, medewerkers	PR	Campusbreed	Implementatie
Studyspot (a)	**UU**	FB	Locatie van studieplekken en beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Campusbreed	Implementatie
Study Spot (b)	**VU**	FB	Beschikbaarheid van onderwijszalen voor zelfstudie	Boekingen rooster	OZ	Campusbreed	Implementatie
Beschikbaarheid voor studenten	**RUG**	FB	Beschikbaarheid van universiteitsbibliotheek voor zelfstudie	Camerabeelden	SP	Library	Implementatie
Available PC in UB	**RUG**	ICT	Inzicht in beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Library	Implementatie
PC Availability	**TiU**	ICT	Inzicht in beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Campusbreed	Implementatie
Studentwerkplekken	**RU**	ICT	Inzicht in beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Campusbreed	Implementatie
Workplace Availability Service	**TUD**	ICT	Inzicht in beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Campusbreed	Implementatie
Available PC App	**WUR**	FB	Inzicht in beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Campusbreed	Implementatie
Vrije PC's	**LEI**	UB	Inzicht in beschikbare PC plekken	Ingelogde PC's	SP	Campusbreed	Implementatie
Indoor Maps - Google	**UT**	FB	Navigatie	-	Alle	Campusbreed	Implementatie
P-systeem - Nedap	**UT**	FB	Beschikbaarheid	Sensordata	P	Enkele velden	Implementatie

Tools voor verbetering van services / duurzaamheid

Universiteit	Dienst (a)	Functionaliteit	Input (b)	Ruimtetype (c)	Schaal	Fase
Facility Scheduler	**UT**	FB	Koppeling rooster en GBS (onderwijszalen)	Boekingen rooster	OZ	Aantal zalen	Implementatie
GBS - Syllabus - Traka	**RUG**	FB	Koppeling rooster, sleuteluitgiftesysteem en GBS (onderwijszalen)	Boekingen rooster Uitgifte sleutel	OZ	Aantal zalen	Implementatie
Creston Fusion	**UT**	FB	Monitoren levensduur, storingen van beamers	Informatie van beamers in onderwijszalen	Alle	Campusbreed	Implementatie

Tools voor het verzamelen van managementinformatie voor besluitvorming

Universiteit	Dienst (a)	Functionaliteit	Input (b)	Ruimtetype (c)	Schaal	Fase
Pie - Lone Rooftop	**WUR**	FB	Vergelijking boekingen en werkelijk gebruik (bezetting)	Boekingen rooster Wi-Fi data	OZ	Drie gebouwen	Pilot (richting implementatie)
Beschikbare PC's in zalen	**WUR**	FB	Vergelijking ingeroosterde groepen en gebruikte PC's	Boekingen rooster Ingelogde PC's	OZ	Campusbreed	Implementatie
Cube	**LEI**	FB	Vergelijking boekingen en werkelijk gebruik: bezetting en benutting	Bestaand	OZ	Campusbreed	Ontwikkelfase
Bezettingsmeting o.b.v. camera's	***TU/e***	*FB*	*Meting bezetting en benutting in onderwijszalen*	*Boekingen rooster Telling bezetting en benutting via camera's*	OZ	*Campusbreed*	*Implementatie*

Opmerkingen

a - FB = facilitair bedrijf ; UB = universiteitsbibliotheek

b - gegevens die verzameld en verwerkt worden in de tool

c - OZ = onderwijszaal ; SP = studieplek ; PR = projectruimte ; VZ = vergaderzaal ; P = parkeerveld; SV = sportveld

Bijlage 4-b Overzicht tools in ontwikkeling

(n.b.: de tools kunnen overeenkomen met de tools in de vorige sheet, maar de functionaliteit is dan anders!)

Tools om gebruikers te ondersteunen

	Universiteit	Dienst (a)	Functionaliteit	Input (b)	Ruimtetype (c)	Schaalgrootte	Fase
Eigen ontwikkeling	**EUR**	FB	Inzicht in beschikbare uren van onderwijszalen	Boekingen rooster	OZ	Campusbreed	Ontwikkelfase
Mapiq	**UvA**	FB	Bestaand + Localiseren van gebruikers	Bestaand + CO2 concentratie (GBS) Sensordata (n.t.b.)	OZ PR SP	N.n.b.	Ontwikkelfase
Book my Space - Planon	**TU/e**	FB	Bestaand + Werkelijke beschikbaarheid	Bestaand + Sensordata (n.t.b.)	SP	Drie gebouwen	Ontwikkelfase

Tools voor verbetering van services / duurzaamheid

	Universiteit	Dienst (a)	Functionaliteit	Input (b)	Ruimtetype (c)	Schaal	Fase
Facility Scheduler	**UT**	FB	Bestaand + Koppeling rooster en GBS (sportzalen)	Bestaand + Boekingen Planon	SV	Sportzalen	Pilot
N.n.b. (Nu: Creston Fusion)	**UT**	FB	Monitoren klimaat, storingsmeldingen, etc. van ruimten	Informatie uit gebouwgebonden systemen	Alle	Campusbreed	Ontwikkelfase
Pie - Lone Rooftop	**WUR**	FB	Heatmap: waar zijn gebruikers in gebouw. Gebruik in beheer	Bestaand (Wi-Fi data)	Alle	N.n.b.	Ontwikkelfase
Pie - Lone Rooftop (2)	**HvA**	FB	Monitoren klimaat, storingsmeldingen, etc. van ruimten	Informatie uit gebouwgebonden systemen	Alle	?	Pilot
Johnson Controls	**UvA**	FB	Koppeling rooster en GBS (onderwijszalen)	Boekingen rooster	OZ	Aantal zalen	Pilot

Tools voor het verzamelen van managementinformatie voor besluitvorming

	Universiteit	Dienst (a)	Functionaliteit	Input (b)	Ruimtetype (c)	Schaal	Fase
Pie - Lone Rooftop	**WUR**	FB	Vergelijking boekingen en werkelijk gebruik (bezetting) + benutting	Bestaand (Wi-Fi data) + mogelijk sensordata (n.t.b.)	OZ	N.n.b.	Ontwikkelfase
Bezettingsmeting	**UT**	FB	Vergelijking boekingen en werkelijk gebruik: bezetting	Bestaand + sensordata (niet Wi-Fi)	OZ	Campusbreed	Ontwikkelfase
Tool voor bezettingsmeting (n.n.b.)	**TUD**	FB, ICT	Vergelijking boekingen en werkelijk gebruik: bezetting en benutting	Boekingen rooster Wi-Fi of sensordata (n.t.b.)	OZ SWP PR	Aantal gebouwen	Ontwikkelfase (een of meerdere pilots)

Opmerkingen

a - FB = facilitair bedrijf ; UB = universiteitsbibliotheek

b - gegevens die verzameld en verwerkt worden in de tool

c - OZ = onderwijszaal ; SP = studieplek ; PR = projectruimte ; VZ = vergaderzaal ; P = parkeerveld

Bijlage 5 Schema's hoofdstuk 3 en 4 per universiteit

In hoofdstuk 3 en 4 zijn een tweetal schema's weergegeven waarin met betrekking tot smart tools de totalen zijn weergegeven van de inventarisatie. In deze bijlage staan deze schema's uitgesplitst per universiteit.

Tools – huidige en gewenste functionaliteit	Universiteit												
	EUR	LEI	MU	RU	RUG	TiU	TUD	TUE	UvA	UU	UT	VU	WU
1 Tools voor campus management													
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting				G		G	G						H
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren	G			G									
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte	G	G				G							
2 Tools voor studenten													
Beschikbare PC werkplekken		H		H	H	H	H		H	H		H	H
Beschikbare studieplekken zonder PC					H								
Zelfboekingssysteem projectruimten			H	H		H	H		H		H		
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen								H	H			H	
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen			G										
3 Tools voor medewerkers													
Beschikbaarheid vergaderzalen								H			H		
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen										H			
4 Tools voor studenten en medewerkers													
Indoor navigatie									H		H		
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties		G											
5 Tools voor het verduurzamen van de campus													
Koppeling roostersysteem - GBS					H						H		
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten													
Boeken van vergaderzalen door derden				G								G	

Figuur: Overzicht functionaliteiten, universiteiten en tools. Met "H" (Huidig) is aangegeven voor welke functionaliteiten de universiteiten nu tools hebben geïmplementeerd. Met "G" (Gewenst) is aangegeven voor welke functionaliteiten de universiteiten hebben aangegeven interesse in tools te hebben.

Tools – huidige en gewenste functionaliteit	Universiteiten												
	EUR	LEI	MU	RU	RUG	TiU	TUD	TUE	UvA	UU	UT	VU	WU
1 Tools voor campus management													
Handmatige bezettingsmetingen onderwijszalen	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
→ Real-time bezettings- en benuttingsmeting				G		G	O				O		H, O
→ **Nieuw:** meenemen zaalvoorzieningen in monitoring													
Bezettings- en benuttingsmeting kantoren	G			G									
Gebruikersstromen in binnen- en buitenruimte	G	G				G							
Nieuw: Real-time bezetting en benutting per gebouw													O
2 Tools voor studenten													
Beschikbare PC werkplekken		H		H	H	H	H		H	H		H	H
Beschikbare studieplekken zonder PC					H			O					
Zelfboekingssysteem projectruimten			H	H		H	H		H		H		
Faciliteren zelfstudie in onderwijszalen / vergaderzalen	O							H, O	H, O			H, O	
Zelfboekingssysteem o.b.v. voorzieningen in zalen			G										
3 Tools voor medewerkers													
Beschikbaarheid vergaderzalen								H			H		
Zelfboekingssysteem kantoren en vergaderzalen										H			
4 Tools voor studenten en medewerkers													
Indoor navigatie									H		H		
Vluchtroutes weergeven bij noodsituaties		G											
5 Tools voor het verduurzamen van de campus													
Koppeling roostersysteem - GBS					H				O		H		
Internet of Things, verdere automatisering gebouwen											O		
6 Tools voor het delen van campusfaciliteiten													
Boeken van vergaderzalen door derden				G								G	

Figuur: Overzicht functionaliteiten, universiteiten en tools. Het eerdere overzicht is aangevuld met "O": tools die in ontwikkeling zijn.

	Waarom: Doelstellingen	**Wat:** Informatie ruimtegebruik	**Hoe:** Sensoren / meetmethoden
Stadions Wembley Irisys	Verbeteren/waarborgen veiligheid	Benutting: In- en uitgaande gebruikers per zone	Videocamera's Ingangen per zone
Retail Calzedonia, Lush Irisys, Axiomatic	Verhogen winstgevendheid	Benutting: Aantal bezoekers (/ omzet)	IR camera's of videocamera's Ingang & evt. zones in winkel
Hoger onderwijs Sydney UT	1 No-shows reduceren, verbeteren ruimtegebruik 2 CO2 reductie	Bezetting, benutting	IR sensoren Ingang, boven deur
Supermarkt (n.b.)	Verhogen winstgevendheid Verhogen klanttevredenheid	Benutting: 1 aantal wachtenden en wachttijd per kassa 2 voorspelling drukte o.b.v. ingaande bezoekers	IR sensoren 1 bij elke kassa 2 bij de ingang
Vliegveld Dubai Airport (diverse systemen)	Verhogen winstgevendheid Verhogen klanttevredenheid	Benutting: Lengte van diverse soorten wachtrijen (Activiteit: bewegingen van gebruikers)	IR camera's Videocamera's IR sensoren Wi-Fi/Bluetooth sensoren
Stationsgebied Network Rail	Verhogen winstgevendheid Verhogen klanttevredenheid	Benutting: Aantallen personen, op diverse plekken in het station	IR sensoren

Sector: Stadions
Case: Wembley Stadion, Verenigd Koninkrijk
Leverancier: Irisys
Bronnen:
- Irisys – case study Wembley

http://www.claytoncrownhotel.com/wp-content/uploads/2015/02/music-event.jpg

Waarom: doelstelling
De vraag die Wembley Stadium in 2010 aan Axiomatic stelde was ingegeven door de zorg om de veiligheid van de toeschouwers. Bij concerten mogen toeschouwers vrij circuleren tussen de verschillende zones van het stadion, de zitplaatsen en de foyers. Deze vrije circulatie kan ertoe leiden dat op een bepaald ogenblik er een (te) groot aantal toeschouwers in een bepaalde zone is.

Wat: informatie ruimtegebruik
De benodigde informatie voor de organisatie was het aantal personen per zone. Hiervoor is het aantal in- en uitgaande bezoekers per zone gemeten. Dit aantal personen was om veiligheidsredenen beperkt om te voorkomen dat bij een incident de maximaal toegestane evacuatietijd zou worden overschreden.

Hoe: sensoren/meetmethoden
Aanvankelijk dacht Wembley Stadium te werken met klassieke meetmethoden, zoals personeel dat bij de ingangen controleert en telt met behulp van een PDA. Er waren echter twijfels bij de prestaties van deze meetmethode gezien de grote hoeveelheid bezoekers en duur van evenementen. Axiomatic Technology werd gevraagd een systeem van videocamera's met beeldanalyse te installeren. Aan het plafond werden camera's gemonteerd die op anonieme wijze registreren hoeveel personen in- en uitgaan.

Extra Inzichten
De metingen leveren de uitbater en de veiligheidsdiensten bijkomende informatie over de concertgangers, zoals de frequentie waarmee ze heen- en teruglopen naar de foyers (meestal 4 maal), hoe de foyer gebruikt wordt tussen het voorprogramma en het hoofdprogramma, en dat personen geneigd zijn het stadion te verlaten langs de plek waar ze naar binnen zijn gekomen onafhankelijk van hun zitplaats. Op basis van de stroomgegevens kan de controlekamer nu voorspellen hoe lang het zal duren vooraleer een foyer gevuld is of leeg gelopen. Men weet nu ook precies wat de locatie is van de toeschouwers in en rond het stadion.

Sector: Retail
Case: Calzedonia, Lush
Leverancier: Irisys/Experian Footfall (Calzedonia), Cognimatics (Lush)
Bronnen:

- http://www.cognimatics.com/Products/TrueView-People-Counter
- http://www.cognimatics.com/Solutions/Retail/Case-Study-Lush
- http://www.irisys.net/news-events/bid/50375/Calzedonia-counts-on-Experien-FootFall-people-counting

http://www.retailcam.info/wp-content/uploads/2015/04/RetailCamMatrics.png

Waarom: doelstelling
In de casus van Calzedonia wordt geschreven dat het bedrijf de gegevens gebruikt om te onderzoeken wat het effect is van verschillende layouts van winkels. In de casus van Lush staat dat het bedrijf zocht naar betere gegevens over de klantgerichtheid van de winkels in haar portefeuille. In beide gevallen kan gesteld worden dat de doelstelling is om de winstgevendheid van de winkels te verhogen.

Wat: informatie van ruimtegebruik
Het belangrijkste gegeven is de conversiefactor. Conversiefactor = aantal bezoekers / omzet.
Met de conversiefactor kan gekeken worden naar de prestaties van elk filiaal, op verschillende dagen of tijden van de dag. De conversiefactor kan ook gekoppeld worden aan andere data – denk aan het succes van advertentiecampagnes, de impact van het weer (zie afbeelding).

Hoe: sensoren/meetmethoden
De smart tool die door Experian Footfall voor Calzedonia is ontwikkeld werkt op basis van de passieve infraroodcamera's van Irisys. Deze kunnen geplaatst worden bij de ingang om het aantal in- en uitgaande bezoekers te tellen. Ze kunnen ook in de winkel geplaatst worden om te bepalen welke vlakken van de winkel het drukst worden bezocht. Lush/ Cognimatics maakt gebruik van Videocamera's.

Sector: Hoger Onderwijs (Universiteit)
Case: TU Sydney
Leverancier: Axiomatic
Bronnen:

- http://www.peoplecounting.co.uk/files/UTS_Space_Management_Case_Study.pdf

http://edge.alluremedia.com.au/uploads/businessinsider/2014/10/syd-uni.jpg

Waarom: doelstelling
De doelstelling van de universiteit was om rapportages over ruimtegebruik te automatiseren. Waarvoor de universiteit deze rapportages inzette, wordt niet expliciet vermeld. In de baten staat wel het terugdringen van no-shows, verbeteren van het ruimtegebruik, maar ook het onderzoeken van wat het ruimtegebruik van innovatieve zalen is. Vervolgens is er gekeken naar het gebruik van het systeem voor het reduceren van de CO2 uitstoot.

Wat: informatie van ruimtegebruik
Van elke zaal wordt vastgesteld wat de bezetting (in uren) en de benutting (in stoelen) is. Dit wordt vergeleken met het onderwijsrooster, zodat onderwijsruimten kunnen worden toegewezen op hun reële gebruik in plaats van de verwachte behoefte.

Hoe: sensoren/meetmethoden
Er zijn infraroodcamera's geplaatst boven de ingang van de deur van elke onderwijszaal. Deze camera's bepalen het aantal in- en uitgaande bezoekers.

Sector: Supermarkt
Case: n.b. (Amerikaanse supermarkt)
Leverancier: Irisys
Bronnen:
• http://www.peoplecounting.co.uk/files/UTS_Space_Management_Case_Study.pdf

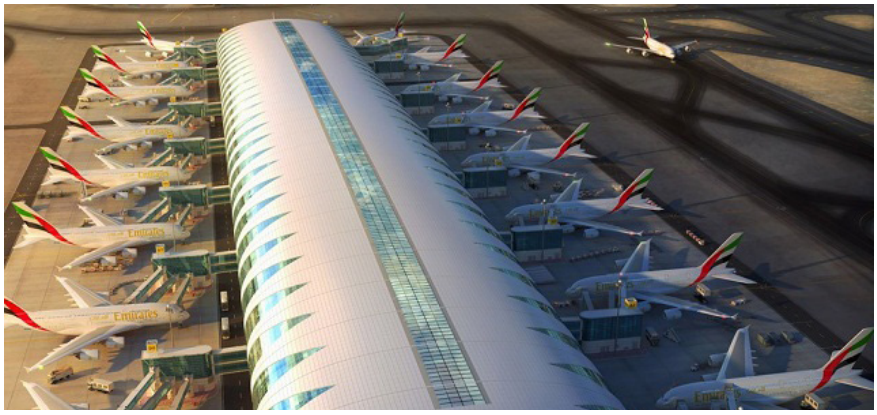
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/ASDA_in_Keighley.jpg

Waarom: doelstelling
De doelstelling van de supermarkt, waarvan de naam niet wordt vermeld, was om zich te differentiëren in de markt. Daartoe wilde zij de klanttevredenheid verhogen door de wachttijden aan de kassa's te verminderen. Beoogd werd dat terwijl 1 klant bediend werd, er nog 1 klant wachtte, en dat gedurende 85% van de tijd.

Wat: informatie van ruimtegebruik
Er wordt op twee manieren informatie verzameld:
1 Bij de kassa's wordt bepaald hoeveel mensen er in een wachtrij staan en wat de wachttijd is. Op basis van deze gegevens wordt real-time het openen en sluiten van kassa's aangestuurd, wanneer de lengte van de wachtrij en/of de wachttijd drempelwaarden overschrijden.
2 Bij de ingang van de supermarkt wordt bepaald hoeveel ingaande bezoekers er zijn. Op basis van deze gegevens voorspelt een algoritme wat de drukte bij de kassa zal zijn in de komende dertig minuten. Door deze data te aggregeren, kan het management van de supermarktketen eenvoudig de prestaties van verschillende filialen vergelijken.
Hoe: sensoren/meetmethoden
Er worden infraroodcamera's geplaatst boven elke kassa (1) en bij de ingang van de supermarkt (2).

Sector: Luchtvaart
Case: Dubai Airport
Leverancier: Irisys, Qmetrics, BLIP
Bronnen:

- Irisys – Dubai Airport case study
- http://civil.leidos.com/transport/insights-(transport)/news/2011/09/dubai-airports-selects-amor-group-to-deliver-aviations-most-comprehensive-service-measurement-programme/
- http://www.tradearabia.com/news/TTN_303878.html
- http://www.qmetrix.com/sensors/queue-waiting-time-sensors/



http://jobmarshal.com/wp-content/uploads/2016/03/dubai-airportt.jpg

Waarom: doelstelling
De luchtvaartsector is extreem competitief. De ervaring van de passagiers is een kritiek facet in de exploitatie van de luchthaven. Daarom zoeken vluchthavens naar methoden om de transit efficiënt af te handelen en passagiers te voorzien van alle informatie tijdens hun verblijf op de luchthaven. Dubai Airport is in dat kader een programma gestart.

Wat: informatie van ruimtegebruik
Volgens de case omschrijving wordt er real-time gemonitord in 60 van de 109 gedefinieerde passangiersprocessen: processen zoals check-in, douane, overstapvluchten etc. Er wordt niet expliciet genoemd wat er wordt gemeten, maar op basis van de gebruikte sensoren kan aangenomen worden dat in de meeste gevallen de lengte van wachtrij wordt gemeten. Het gebruik van Wi-Fi/Bluetooth sensoren impliceert echter ook dat het vliegveld kijkt naar de bewegingen (activiteit) van gebruikers.

Hoe: sensoren/meetmethoden
Er worden diverse sensoren gebruikt: infrarood camera's (Irisys), video camera's met beeldanalyse (Blue Eye), infraroodsensoren (Qmetrix) en Wi-Fi/Bluetooth sensoren (BLIP)

Sector: Stationsgebieden
Case: Network Rail
Leverancier: Irisys
Bronnen:

- Irisys Network Rail case study
- http://www.businesswire.com/news/home/20140903005155/en/Intelligent-Sensors-Uncover-Revenue-Space-Utilization-Opportunities-Network

http://www.james-saunders.com/wp-content/uploads/2014/02/Waterloo-Station-Corrected.jpg

Waarom: doelstelling
Het doel van Network rail was om de standaarden van dienstverlening richting de klant te verbeteren. Om dat te doen was eerst inzicht nodig in hoe de mensen stations gebruikten. Network Rail heeft met deze data onder meer aangetoond dat haar stationsgebieden lucratieve retailgebieden zijn.

Wat: informatie van ruimtegebruik
Volgens de case omschrijving wordt er real-time gemeten wat de benutting – d.w.z. aantallen bezoekers – is op diverse punten van het station. De benutting wordt gemeten op de perrons, retail locaties, bagagekluizen, zelfs bij de wc's.

Hoe: sensoren/meetmethoden
Er worden (thermische) infraroodsensoren van Irisys toegepast.
Extra Inzichten
Eén van de merkwaardige resultaten van de metingen is dat de stations jaarlijks door tientallen miljoenen personen worden bezocht die niet met de trein reizen, maar die naar het station komen om er te winkelen en te eten.

Bijlage 6 Over de auteurs

De auteurs zijn allen werkzaam als onderzoeker van de leerstoel Vastgoedmanagement bij de afdeling Management in the Built Enviroment (MBE) van de Technische Universiteit Delft. Het onderzoek Smart tools on campus maakt deel uit van het onderzoeksprogramma 'smart campuses.' In dit programma wordt de campus onderzocht vanuit verschillende thema's, zoals innovatie, duurzaamheid en de academische werkplek.

Voor meer informatie zie: https://managingtheuniversitycampus.nl

Bart Valks

Ir. Bart Valks is onderzoeker en beleidsmedewerker bij de directie Facilitair Management en Vastgoed, TU Delft. Hij heeft een achtergrond in Architectuur (BSc) en Management (MSc). In zijn minor aan de TU Wien heeft hij zich voor het eerst toegelegd op het onderzoeken van de gebouwde omgeving in drie verschillende scripties. Voor zijn afstudeerscriptie – gericht op het ontwerp van de portefeuille aan collegezalen van de TU Delft op basis van voorkeuren van stakeholders - ontving hij een eervolle vermelding en de tweede plaats in de CoreNet Student award voor beste scriptie van het jaar.

Sinds zijn afstuderen is hij werkzaam als beleidsmedewerker en heeft hij gericht op het toepassen van besluitvormingsmodellen en het genereren van managementinformatie in de praktijk. Hij heeft aan verschillende beleidsthema's gewerkt: o.a. monitoring van de vastgoedstrategie, beleid op onderwijszalen en huisvesting voor internationale studenten. Het afgelopen jaar heeft hij dit gecombineerd met het onderzoek naar smart tools on campus.

Monique Arkesteijn

Ir. Monique Arkesteijn MBA is universitair docent. Ze is in 1993 afgestudeerd als een van de eerste MBE studenten met Hans de Jonge als haar mentor. Daarna heeft ze diverse posities gehad als project manager en adviseur bij Starke Diekstra en als partner bij Diephuis Stevens. In 2003 is ze opnieuw bij de sectie vastgoedmanagement van Hans de Jonge gaan werken na een MBA opleiding en wereldreis. Sinds 2013 is ze teamleider van de sectie vastgoedmanagement en lid van het dagelijks bestuur van de afdeling.

Haar specialisatie is vastgoedstrategieën in zowel de publieke en private sector. Haar promotieonderzoek richt zich op de afstemming tussen vraag en aanbod naar vastgoed in deze strategieën. Monique zit in de laatste versie van haar PhD onderzoek op het voorkeurs-gebaseerd ontwerpen van een vastgoedportefeuille. Ze is tevens bestuurslid van CoreNet Global, de grootste wereldwijde netwerkorganisatie voor vastgoedprofessionals met bijna 10.000 leden.

Alexandra den Heijer

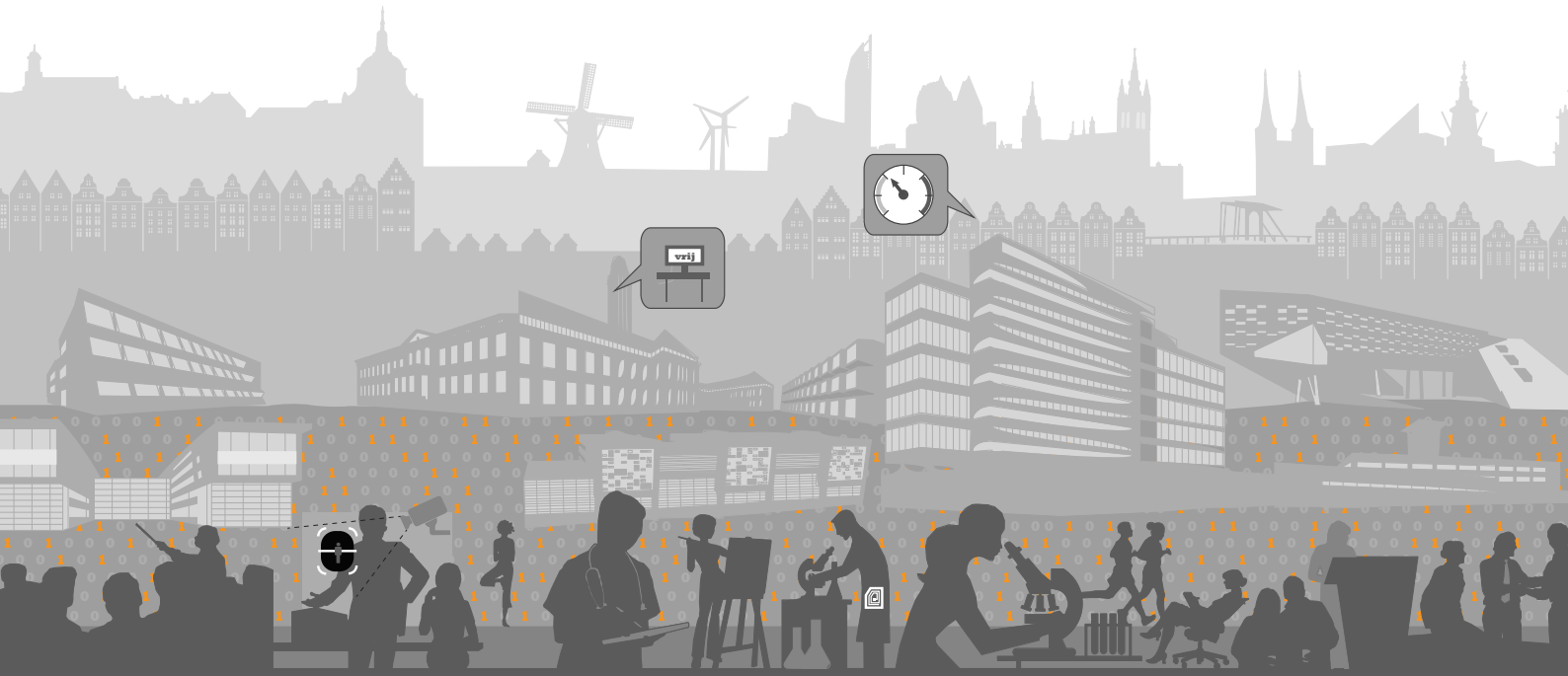
Dr. Ir. Alexandra den Heijer is universitair hoofddocent. Ze heeft een achtergrond in Architectuur (BSc) en Management (MSc). Haar specialisatie is planning, ontwerp en management van universiteitscampussen en -gebouwen. Ze richt zich op het genereren van managementinformatie voor besluitvorming in vastgoed. In het afgelopen decennium heeft ze modellen en theorieën ontwikkeld die universiteiten helpen om hun campus strategieën te ontwerpen en implementeren, en die bijdragen aan de creatie van kennissteden. Alle Nederlandse universiteiten hebben haar onderzoek vanaf het begin gesteund.

Naast het onderzoek in de Nederlandse context heeft ze internationale referenties verkend en vele rapporten, artikelen en papers geschreven: over de universiteit en campus van de toekomst, trends en veranderende concepten en campus strategieën. Alexandra bevindt zich in een uitgebreid netwerk van nationale en internationale campus management experts, zowel vanuit de wetenschap als de praktijk.

Herman Vande Putte

Herman Vande Putte, MSc, Arch. MRE is universitair docent. Hij heeft een achtergrond in Architectuur (BSc en MSc, KU Leuven) en management (MSc, U Antwerpen). Zijn onderzoek richt zich op bedrijfshuisvestingstrategieën en meer in het bijzonder op patronen van bedrijfshuisvestingseisen en –oplossingen en hun relatie met de ontwikkeling van de stad.

Voorafgaand aan zijn werk als docent en onderzoeker is hij werkzaam geweest als architect bij ELD partnership. In 1990 richtte hij in Antwerpen het adviesbureau PROCOS op dat zich toelegt op het programmeren en beheren van bedrijfshuisvesting, project management en het implementeren van FMIS systemen voor corporate clients zoals BNP Paribas Fortis, Philips, de Vlaamse Gemeenschap, de Provincie Limburg, Agfa Gevaert en Euroclear. Herman ambieert zijn jarenlange ervaring met complexe huisvestingsopgaven voor grote ondernemingen te verbinden met theoretische inzichten.



www.managingtheuniversitycampus.nl

TU Delft