



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur in de beleidsinformatica

Masterthesis

Literature review: Visualisation of behavior

Manou Beckers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur in de beleidsinformatica

PROMOTOR :

Prof. dr. Benoît DEPAIRE

BEGELEIDER :

Mevrouw Leen JOOKEN



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2022
2023



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur in de beleidsinformatica

Masterthesis

Literature review: Visualisation of behavior

Manou Beckers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur in de beleidsinformatica

PROMOTOR :

Prof. dr. Benoit DEPAIRE

BEGELEIDER :

Mevrouw Leen JOOKEN

Basis datavisualisatietechnieken die Quantified Selfers gebruiken om inzichten te verwerven uit persoonlijke data.

Manou Beckers

Business Informatics, University Hasselt, Agoralaan, Diepenbeek, 3590, Belgium.

Contributing authors: manou.beckers@student.uhasselt.be;

Samenvatting

De Quantified Self (QS) is een self-tracking beweging die als motto “Zelfkennis door middel van cijfers” heeft. Leden zijn dagelijks bezig met persoonlijke data te verzamelen, te analyseren en hieruit inzichten te verwerven. Visualisatie is een courante methode om inzichten uit persoonlijke data te verkrijgen. Hierbij komen twee belangrijke vragen aan bod: enerzijds “Wat houden die inzichten precies in?” en anderzijds “Hoe bekomen we die inzichten?”. De motivatie achter self-tracking wordt uitgebreid besproken in de literatuur, maar welke inzichten Quantified Selfers nu precies uit dit proces halen, niet. Het doel van dit onderzoek bestaat eruit om een helder beeld te schetsen van welke inzichten Quantified Selfers vandaag de dag zoeken en welke datavisualisaties ze hiervoor precies hanteren. Het onderzoek gebeurt aan de hand van zowel een literatuurstudie als een analyse van 38 videopresentaties van Quantified Selfers. De resultaten van dit onderzoek geven een algemeen beeld over de gezochte inzichten en de gebruikte basis datavisualisatietechnieken van Quantified Selfers. Daarnaast toont dit onderzoek de verschillende combinaties die Quantified Selfers toepassen op vlak van inzichten en datavisualisaties.

Keywords: Quantified Self, Self-tracking, Persoonlijke data, Visualisatie

1 Inleiding

”Knowledge of the self is the mother of all knowledge.- Khalil Gibran [1].

Het verzamelen van persoonlijke data en het reflecteren hierover is sinds het begin van de 20ste eeuw iets waarmee de mensheid zich actief bezighoudt [2]. Het meten, controleren en registreren van lichamelijke toestanden en omgevingsfactoren als vorm van zelfverbetering of zelfreflectie staat bekend als self-tracking [3, 4]. Andere herhaaldelijk gebruikte termen zijn personal informatics, personal analytics en lifelogging [5–7]. Ook de term ”Quantified Self” (QS) wordt meer en meer gebruikt. Die term is ontstaan bij de oprichting van de Quantified Self beweging in 2007 waar ’zelfkennis door middel van cijfers’ centraal

staat. Zelfoptimalisatie wordt beschouwd als het uiteindelijke doel van self-tracking binnen de beweging. Via self-tracking applicaties of apparaten kan gedrag in verschillende contexten gemonitord worden door de gebruikers [2, 8]. Die self-tracking gegevens bieden op hun beurt een unieke kijk op hoe mensen zijn en hoe ze omgaan met de gebeurtenissen om zich heen [8]. Doorgaans benoemt men zulke data ’persoonlijke data’.

Bij self-tracking moet een grote hoeveelheid data geïnterpreteerd worden. Self-trackers beogen meer dan het louter bekomen van nummers en grafieken. Ze streven naar diepgaande analyses en bruikbare inzichten zodat ze actie kunnen ondernemen [9]. Het vinden van waardevolle inzichten wordt gezien als één van de belangrijkste doelen van visualisatie [10]. Daarom wordt visualisatie

in dit proces ingezet om de vertaalslag te maken van ruwe data naar inzichten waarmee aan de slag kan worden gegaan teneinde zelfkennis en uiteindelijk zelfverbetering te bevorderen [11]. Hiervoor zijn datavisualisaties nodig die op een efficiënte en duidelijke manier het antwoord kunnen tonen in één oogopslag [12]. Er is tevens nood aan een overzicht van de inzichten die gezocht worden in persoonlijke data en welke basis datavisualisatietechnieken hiervoor gehanteerd worden zodat er desgevallend in verder onderzoek juiste aanbevelingen kunnen plaatsvinden [6, 13]. Daarom proberen we in dit onderzoek een antwoord te vormen op de vraag **”Wat zijn de meest gezochte inzichten en gebruikte basis datavisualisatietechnieken van Quantified Selfers?”**.

Om de noden van Quantified Selfers in kaart te brengen, is het belangrijk om te identificeren welke inzichten ze trachten te halen uit hun persoonlijke data. Eens deze gewenste inzichten geïdentificeerd zijn, bestaat het uiteindelijke doel van deze paper eruit om een duidelijk overzicht aan te reiken van verschillende basis datavisualisatietechnieken en voor welke inzichten ze ingezet worden binnen de Quantified Self beweging.

In sectie 2 wordt een beknopte achtergrond over de Quantified Self gegeven. In sectie 3 komt het gerelateerd werk aan bod, sectie 4 bespreekt de methodologie van dit onderzoek. De weergave en de bespreking van verschillende resultaten nemen we door in sectie 5. Verder worden er aanbevelingen gegeven voor verder onderzoek in sectie 6. Tot slot sluit sectie 7 deze paper af met een conclusie over het geleverde onderzoek.

2 Quantified Self

De Quantified Self (QS) is een beweging die werd opgericht in 2007 door Gary Wolf en Kevin Kelly van het tijdschrift Wired [14]. De oprichters zien data als ‘een spiegel’ en zijn benieuwd naar welke persoonlijke inzichten hier mogelijk achter schuilten [15]. Sinds de lancering van hun website in 2008 is de interesse in de beweging snel gegroeid. In 2012 omvatte de QS gemeenschap ‘slechts’ 7000 self-trackers, wereldwijd georganiseerd in 50 zogenaamde ‘meet-ups’, terwijl er in 2018 al meer dan 125.000 self-trackers actief betrokken waren in meer dan 100 meet-ups [16]. Het uitwisselen, zowel on- als offline, van ervaringen door de uitgebreide community heeft al vaak geleid tot nieuwe

self-tracking technologieën en vernieuwende ideeën omtrent interpretatie van persoonlijke data [17].

Voor de leden van de QS beweging is ‘self-knowledge through numbers’ het motto en is self-tracking een dagelijkse routine [18]. De aanhangers van QS kiezen hun interessegebied waarvoor ze vervolgens subjectieve informatie (bijvoorbeeld emoties of symptomen) of objectieve informatie (bijvoorbeeld frequentie of intensiteit) gaan meten en registreren [19]. Dankzij de huidige technologieën is er een uitgebreid aanbod aan meetinstrumenten: smartphones, slimme trackers, smartwatches, etc. Deze draagbare of plaatsbare apparaten zijn voorzien van sensoren die gegevens meten en data reproduceren [20].

Het ultieme doel van QS is om, middels deze persoonlijk gegenereerde data, inzichten te verkrijgen in slaap, lichamelijke conditie, sportieve prestaties, emoties... die de gebruiker uiteindelijk in staat stellen om bewustere keuzes te maken die dan veelal zullen leiden naar een gezondere levensstijl, zowel fysiek als mentaal.

3 Gerelateerd werk

Deze sectie situeert het onderzoek binnen de bestaande literatuur.

3.1 Inzichten

In tegenstelling tot dit onderzoek dat beoogt de verkregen inzichten van Quantified Selfers te identificeren, zijn er reeds talrijke onderzoeken uitgevoerd naar de redenen achter self-tracking, ook wel ‘motivatie’ genoemd [5, 21–26]. Uit de review paper van Feng et. al. van 2021 over self-tracking en de Quantified Self blijkt tevens dat de motivaties van de gebruiker het meest bestudeerde thema is binnen dit domein [8, 18]. Vaak komen de resultaten in grote lijnen overeen: namelijk zelfoptimalisatie, zelfkennis, nieuwsgierigheid, zelfbewustzijn, plezier en experimenteren [16, 27, 28]. Een vaak gehanteerde methode is de onderverdeling volgens van Gimpel et. al. Zij delen motivatie op in vijf categorieën: self-entertainment, self-association, self-design, self-discipline en self-healing [18–20, 23]. Het is duidelijk dat categorieën zoals ‘nieuwsgierigheid’ en ‘self-entertainment’ motivaties voor self-tracking zijn, maar geen inzicht verschaffen in de informatie die de Quantified Selfer uit de data tracht te halen.

Yang en zijn collega's deden in 2014 ook onderzoek naar inzichten die mensen halen uit (samen-gestelde) basisvisualisaties. Zij ontwikkelen een onderverdeling in de inzichten die ze tegenkomen. Ze onderscheiden vier basisinzichten (waarde aflezen, extrema identificeren, distributie bepalen en correlatie beschrijven) van vier vergelijkende inzichten (waarden vergelijken, extrema vergelijken, distributie vergelijken en correlatie vergelijken). Ze ontwikkelen een overzicht van welke visualisatie de voorkeur geniet bij de acht gedefinieerde inzichten [29]. Het onderzoek gaat echter niet specifiek over de Quantified Self gemeenschap of self-tracking an sich. In hun onderzoek gebruiken Yang et. al. deelnemers die geen affiniteit hebben met de gebruikte data. De focusgroep van dit onderzoek, Quantified Selfers, is aanzienlijk meer betrokken bij de data gezien het om zelfgegenereerde persoonlijke data gaat.

3.2 Datavisualisatie

Het onderwerp datavisualisatie binnen de Quantified Self komt vaker terug in de literatuur. Een groot deel van deze bronnen gaat echter over applicaties die uitgebreid toegelicht worden. Er wordt dieper ingegaan op hun specifieke manier van visualisatie in plaats van algemene basis datavisualisatietechnieken. Zo heb je Fish'n'Steps, een app die je aantal stappen toont als een virtuele vis [30], UbiFit Garden toont je fysieke activiteit als een virtuele tuin [31] en Ubigreen gebruikt ijsberen en bomen als reflectie op je ecologische transportgewoontes [32]. Dit zijn visualisaties die enkel binnen de desbetreffende applicatie ingezet kunnen worden en niet over het gehele domein van Quantified Self.

Choe et. al. voeren in 2014 en 2015 een studie uit waar ze respectievelijk 52 en 30 videopresentaties van Quantified Selfers analyseren. Naast het bekijken van motivaties gaan ze ook op zoek naar welke basis datavisualisatietechnieken Quantified Selfers zoal gebruiken. In hun resultaten tonen ze een lijst van de gevonden visualisaties en hun frequentie en halen ze kort een aantal gezochte inzichten aan zoals correlatie, uitschieters en verdeling [5]. Echter gaan Choe en haar collega's niet verder in op welke visualisaties Quantified Selfers gebruiken om deze inzichten uit hun data te halen.

Tamara Munzner's boek 'Visualization analysis & design' is een inleiding tot het domein

van datavisualisatie [33]. Hoofdstuk drie 'Why: task abstraction' verdiept zich in de redenen achter datavisualisatie. Een overzicht aan het begin van het hoofdstuk toont de mogelijke taken die je wilt uitvoeren aan de hand van datavisualisatie. Aangehaalde voorbeelden zijn vergelijking, verdeling en het vinden van extrema. Hoewel dit werk losstaat van de QS kunnen deze taken geïnterpreteerd worden als een weerspiegeling van de inzichten die Quantified Selfers uit hun persoonlijke data willen verkrijgen door middel van datavisualisatie.

4 Methodologie

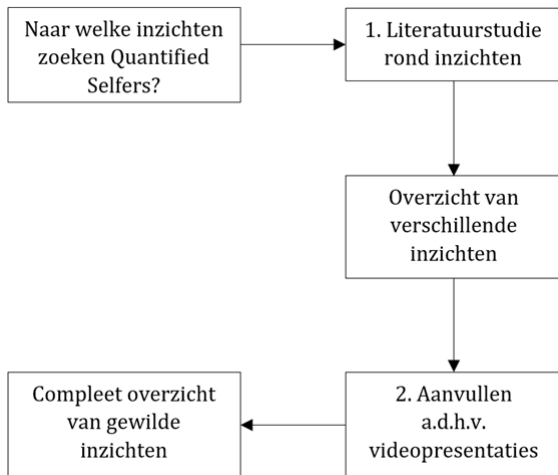
Om een antwoord te kunnen vormen op de centrale hoofdvraag "**Wat zijn de meest gezochte inzichten en gebruikte basis datavisualisatietechnieken¹ van Quantified Selfers?**" worden er twee deelvragen beantwoord. De eerste deelvraag wordt besproken in sectie 5.1 en luidt als volgt: "**Naar welke inzichten zoeken Quantified Selfers?**" Deze deelvraag wordt beantwoord aan de hand van een literatuurstudie en een analyse van 38 videopresentaties van Quantified Selfers. De tweede deelvraag is "**Welke basis datavisualisatietechnieken worden er gebruikt door Quantified Selfers?**". Het antwoord op die vraag vinden we terug in sectie 5.2. Ook hier wordt gebruik gemaakt van de 38 videopresentaties om te achterhalen welke visualisaties gehanteerd worden. Uiteindelijk onderscheiden we de verschillende gebruikte visualisaties per inzicht om zo een kritische reflectie te kunnen maken.

4.1 Inzichten

De vraag "**Naar welke inzichten zoeken Quantified Selfers?**" wordt in twee stappen beantwoord. Figuur 1 toont dit proces.

De eerste stap is een literatuurstudie rond 'gewenste inzichten van Quantified Selfers'. Hieruit wordt een overzicht gecreëerd van reeds gevonden inzichten. Vervolgens wordt deze lijst aangevuld, waar mogelijk, aan de hand van videopresentaties van Quantified Selfers. Een verdere toelichting volgt in sectie 4.1.2.

¹Verder in de paper wordt de term 'datavisualisaties' of gewoonweg 'visualisaties' gebruikt ter vervanging van 'basis datavisualisatietechnieken'.



Figuur 1 Stappenplan deelvraag 1

4.1.1 Literatuurstudie

Met behulp van een literatuurstudie wordt er getracht een overzicht te vormen van de inzichten die Quantified Selfers zoeken. De nodige literatuur wordt gezocht in de database van Web of Science. Er wordt gekozen voor bovenvermelde zoekmachine omdat er enkel peer reviewed artikels op verschijnen. Om relevante onderzoeken voor deze studie te vinden, wordt er gebruik gemaakt van volgende zoektermen:

Quantified Self
Self tracking
Personal data
Personal informatics
Personal analytics

Van deze zoektermen wordt één zoekopdracht geformuleerd die er als volgt uitziet:

$$TI=(\text{Quantified self}^*) \text{ AND } (\text{ALL}=(\text{self tracking}) \text{ OR ALL}=(\text{personal data}) \text{ OR ALL}=(\text{personal informatics}) \text{ OR ALL}=(\text{personal analytics}))$$

Aangezien de focus van deze paper specifiek op de doelgroep van Quantified Selfers ligt, wordt er opgegeven dat de term QS in de titel van de paper moet staan. Dit om te voorkomen dat er papers tussen zitten die gewoon de term 'Quantified Self' ergens aanhalen maar hier niet dieper op ingaan. Er wordt ook een asterisk toegevoegd aan het

einde van deze term zodat termen als 'Quantified Selfers' ook mee worden opgenomen. Daarbovenop worden nog vier zoektermen opgegeven die in betekenis niet veel verschillen; Self tracking, Personal data, Personal informatics en Personal analytics. Deze termen worden vaak als synoniemen door elkaar gebruikt en worden daarom allemaal opgegeven met de OR-operator tussen. De 'ALL' in de zoekopdracht betekent dat er in de volledige paper wordt gezocht naar deze term.

Aangezien een deel van dit onderzoek gaat over inzichten die Quantified Selfers zoeken, wordt er een tweede zoekopdracht geformuleerd om zeker te zijn dat het literatuuronderzoek alle belangrijke papers omvat. De tweede zoekopdracht is:

$$\text{ALL}=(\text{quantified self}) \text{ AND ALL}=(\text{insights}) \text{ AND ALL}=(\text{visualisation})$$

De zoekopdracht wordt beperkt tot publicaties van de afgelopen 10 jaren (2012-2022) aangezien de Quantified Self beweging pas in 2007 werd opgericht en er dan nog ettelijke jaren overheen gingen om zowel bekendheid als leden te genereren.

De twee zoekopdrachten leveren respectievelijk 116 en 23 resultaten op. Van deze 139 resultaten wordt telkens het abstract gelezen om te bepalen of de bron al dan niet mee opgenomen wordt in het onderzoek. Om dit te bepalen worden er een aantal inclusie- en exclusiecriteria opgesteld. Het eerste inclusiecriterium werd onrechtstreeks al vermeld en houdt in dat er enkel bronnen bekeken worden die gepubliceerd zijn vanaf 2012. Extra inclusie- en exclusiecriteria zijn:

Inclusiecriteria

- De volledige tekst moet beschikbaar zijn.
- Het moet specifiek over Quantified Selfers gaan.
- Ze moeten hun eigen (persoonlijke) data bestuderen.
- Er wordt ingegaan op de inzichten die Quantified Selfers willen verwerven.

Vooraf het laatste inclusiecriterium zal een belangrijke rol spelen in het selectieproces. We willen informatie vinden over de inzichten die Quantified Selfers zoeken. Er moet uit het abstract duidelijk blijken of dit in de bron aangekaart wordt of niet.

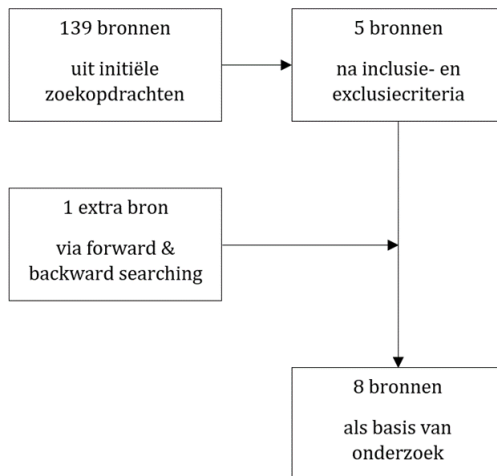
Als er nog twijfel is of de bron al dan niet inzichten aanhaalt, zoals in deze paper bedoeld, wordt dit verder onderzocht in de tekst.

Exclusiecriteria

- Het onderzoek gaat over een specifieke applicatie die wordt uitgelegd.
- Het is een review paper van een bestaand werk.

In de overblijvende artikels wordt er via forward en backward searching gekeken of er eventueel nog relevante artikels bovenkomen. (Deze artikels moeten niet voldoen aan de genoemde tijdspanne aangezien ze onmiddellijk gekozen worden o.b.v. relevantie.)

Vanuit deze groep bronnen wordt een overzicht gecreëerd van inzichten waar Quantified Selfers naar zoeken. Figuur 2 toont het proces van de totstandkoming van de finale groep van bronnen.



Figuur 2 Proces finale bronnen

Om het overzicht van inzichten te creëren worden de artikels geanalyseerd met behulp van codering. Er wordt een codestelsel gemaakt op basis van het boek 'Visualization analysis & design' geschreven door Tamara Munzner [33]. Zoals werd aangehaald in sectie 3, wordt er in dit boek een hoofdstuk gewijd aan de redenen achter het gebruik van datavisualisatie en kunnen deze geïnterpreteerd worden als de inzichten die je aan de hand van visualisatie uit je persoonlijke data wenst te halen. Daarom vormt dit overzicht de basis van het gehanteerde codestelsel.

Die codes worden toegepast op de 8 bronnen die gevonden werden. We zijn ervan bewust dat deze uiteindelijke groep van bronnen relatief klein is. Dit duidt er echter op dat het thema nog kan gecategoriseerd worden als vrij onbesproken in de literatuur. Met de inzichten die voorkomen in de literatuur wordt een tussentijds overzicht gemaakt.

4.1.2 Aanvulling overzicht van inzichten

Om na te gaan of het reeds opgestelde overzicht van inzichten nog verder aangevuld kan worden, vindt er een videoanalyse plaats. Aangezien dit onderzoek zich focust op de specifieke doelgroep van Quantified Selfers, wordt het overzicht verder aangevuld aan de hand van hun eigen ervaringen. De QS beweging houdt jaarlijkse conferenties waar leden presentaties geven over hun eigen ervaringen met self-tracking en datavisualisatie van hun gegevens. Deze presentaties worden Show&Tell genoemd. Op een wikipagina worden alle beschikbare Show&Tell projecten verzameld en weergegeven als een lijst van hyperlinks https://wiki.openhumans.org/wiki/Category:Show_and_Tell). Onderaan de pagina staat vermeld dat deze het laatst werd bijgewerkt op 23 februari 2022. Ook één van de oprichters van de QS beweging, Gary Wolf, steunt dit initiatief. Bij iedere link krijg je een duidelijk overzicht van de desbetreffende video met informatie zoals de spreker en de datum waarop de presentatie plaatsvond.

De wikipagina bevat 373 presentaties. Er werd een overzicht gemaakt van de 371 titels en het bijhorende jaartal. Er worden twee titels buiten beschouwing gelaten omdat hun jaartal niet gekend is. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende jaartallen en hun respectievelijk aantal presentaties.

2022	4
2021	0
2020	1
2019	2
2018	31
2017	36
2016	11
2015	61
2014	68
2013	90
2012	35
2011	30
2010	2

Na 2018 keldert het aantal videopresentaties opmerkelijk. Uit contact met één van de oprichters blijkt dat de COVID-19 lockdowns en financiële problemen hier de grootste redenen van zijn. In 2020, 2021 en 2022 vond er een nieuwe bijeenkomst plaats in samenwerking met de Open Humans Foundation genaamd 'Keating memorial Show&Tell'. In ieder van deze bijeenkomsten gaven vier mensen een presentatie in Show&Tell formaat. Helaas is er enkel een video-opname beschikbaar van de laatste bijeenkomst in 2022. Deze is beschikbaar op YouTube. Hierin vertelt Gary Wolf dat dit de eerste keer is dat ze terug het traditionele Show&Tell formaat hebben kunnen hanteren sinds de pandemie. Er worden wel nog steeds wekelijkse QS meet-ups gehouden over heel de wereld waar iedereen zich voor kan aanmelden. Dit wijst er dus op dat, ondanks de lage cijfers in beschikbare videopresentaties van de afgelopen 4 jaar, QS nog steeds een bruisend onderwerp is waar mensen van alle nationaliteiten maar al te graag hun ervaringen over willen delen.

Alle videopresentaties volgen dezelfde richtlijn waarin drie vragen worden beantwoord:

- Wat heb je gedaan?
- Hoe heb je dat gedaan?
- Wat heb je geleerd?

De eerste vraag is duidelijk; hier bespreken ze wat er precies werd getracked. Bij de tweede vraag vertellen ze over de gebruikte middelen en methodes en dus ook de visualisaties die ze hebben gemaakt. De laatste vraag speelt een belangrijke rol in dit onderzoek aangezien ze hier bespreken wat ze hebben geleerd uit dit proces, welke inzichten ze hieruit verkregen en wat de uitkomst is van hun self-tracking. Via deze video's wordt dus

duidelijk wat momenteel speelt in de wereld van Quantified Self. Daarom worden ze gebruikt om het reeds opgestelde overzicht van inzichten, gevonden in de literatuur, verder aan te vullen waar mogelijk.

Om het overzicht up-to-date te maken, wordt er gekozen om enkel gebruik te maken van video's sinds 2018. Dit vormt een startpunt van 38 video's. Zoals te zien in bovenstaande tabel komt het merendeel van de video's uit 2018. Dit is de laatste keer dat de QS conferentie georganiseerd werd.

De 38 video's worden een eerste keer bekeken en onderworpen aan volgende inclusiecriteria:

Inclusiecriteria

- Het moet om zelfgegenereerde persoonlijke data gaan van de spreker.
- Het moet om self-tracking activiteiten van de spreker zelf gaan.
- Er moet aangehaald worden welke inzichten de spreker uit dit proces wenst te verkrijgen.

De video's die aan deze criteria voldoen, worden een tweede keer bekeken. Bij deze tweede ronde worden de video's gecodeerd. Hiervoor wordt opnieuw het codestelsel (op basis van Tamar Munzner's boek [33]) gebruikt. Op basis van deze coderingen kan het overzicht van codes die gevonden werden in de literatuur verder aangevuld worden om zo tot een compleet overzicht te komen van de inzichten waar Quantified Selfers momenteel naar zoeken.

4.2 Datavisualisatietechnieken

Sectie 4.2 beantwoordt de tweede deelvraag. **"Welke basis datavisualisatietechnieken worden er gebruikt door Quantified Selfers?"**. Het doel van deze deelvraag is om tot een verzameling van datavisualisaties te komen die gekoppeld worden aan de inzichten van de eerste deelvraag.

Bij het bestuderen van de video's van Quantified Selfers, zoals vermeld in bovenstaande sectie, worden er al een aantal extra codes, naast de inzichten, aangebracht. Er wordt gekeken naar type datavisualisatie en type dataset. Zo weten we welke visualisaties Quantified Selfers momenteel gebruiken. Daarenboven wordt er bijgehouden welk inzicht ze via welke visualisatie verkrijgen indien dat wordt vermeld.

Zoals aangehaald in sectie 3 hebben Choe et. al. (2015) in hun onderzoek aan de hand van 30 Show&Tell video's de verschillende visualisaties van Quantified Selfers bestudeerd. Zij stellen een lijst op met alle gevonden basis datavisualisaties en hun frequentie [10]. Van deze lijst wordt een codestelsel gemaakt dat in dit onderzoek als vertrekpunt wordt gebruikt voor het coderen van de datavisualisaties in de 38 video's.

Om het type dataset aan te geven gebruiken we de onderverdeling die Tamara Munzner in haar boek maakt [33]. Zij maakt vier hoofdcategorieën: Tabel, Netwerk, Velden, Geometrie. Het grote verschil tussen velden enerzijds en tabel en netwerk anderzijds is dat het bij velden om continue data gaat waarbij, theoretisch gezien, oneindig aantal mogelijke waarden gemeten kunnen worden. Je kan van twee bestaande metingen altijd een nieuwe creëren. Bij een tabel en netwerk daarentegen gaat het om discrete data, waarbij individuele attributen ieder hun eigen metingen hebben maar geen nieuwe combinaties gemaakt worden [33].

Alle codes die we kunnen toewijzen van zowel de toegepaste datavisualisaties als het type dataset worden bijgehouden in een overzicht. Ook de tijdsaanduiding van wanneer deze voorkomen wordt genoteerd.

Om een antwoord te kunnen vormen op de hoofdvraag "Wat zijn de meest gezochte inzichten en gebruikte basis datavisualisatie-technieken van Quantified Selfers?" wordt een kritische reflectie gemaakt over de resultaten van de twee deelvragen. Zo bestuderen we wat het vaakst voorkomt en welke combinaties er gemaakt worden om van visualisatie tot inzicht te komen.

5 Resultaten

5.1 Inzichten

In deze sectie worden de resultaten besproken die een antwoord vormen op de vraag "Naar welke inzichten zoeken Quantified Selfers?".

5.1.1 Codering

Zoals beschreven in de methodologie wordt er een codestelsel opgesteld voor de inzichten. Dit is gebaseerd op een schema uit het boek van Tamara Munzner [33]. Het schema wordt getoond aan het begin van hoofdstuk 3 "Why: Task Abstraction" en verder uitgebreid uitgelegd. De codes

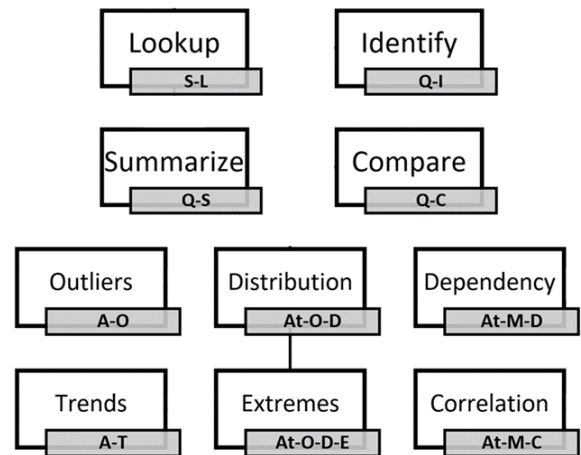
die in deze paper worden aangehaald, worden kort toegelicht maar voor verdere uitleg en visuele ondersteuning kan u dus hoofdstuk 3 van het boek raadplegen.

5.1.2 Literatuurstudie

De 8 papers die overbleven na de inclusie- en exclusiecriteria vermeld in sectie 4.1.1 worden volledig gelezen om gewenste inzichten van Quantified Selfers te identificeren.

Er worden twee bronnen gevonden waarin inzichten worden geïdentificeerd op dezelfde manier als in dit onderzoek. De andere 5 bronnen zijn niet geschikt omdat er bijvoorbeeld toch dieper ingegaan wordt op de motivatie achter self-tracking in plaats van de inzichten die ze met dit proces willen verwerven of omdat Quantified Self enkel een term in de titel is maar de resultaten van het onderzoek niet specifiek over Quantified Selfers gaan.

De twee relevante onderzoeken zijn beiden uitgevoerd door Choe en haar collega's. De onderzoeken dateren uit 2014 en 2015 en bij beiden wordt er een groep van videopresentaties van Quantified Selfers geanalyseerd [5, 10]. Figuur 3 toont de inzichten die gevonden worden.



Figuur 3 Overzicht van inzichten

De tien verschillende inzichten die gevonden zijn, worden hier ieder kort toegelicht [33].

- **Lookup:** hier ga je op zoek naar iets waarvan je op voorhand weet wat het is en waar het staat.
- **Identify:** gaat over een enkel doelwit (target) waarvan je de eigenschappen (characteristics) wil identificeren.

- **Summarize:** hiermee wil je een samenvattende weergave van alles maken.
- **Compare:** gaat over meerdere attributen die je met elkaar wilt vergelijken.
- **Outliers:** zijn elementen die beschouwd worden als uitschieters binnen de data omdat ze niet binnen het algemene bereik van de data passen.
- **Trend:** is een patroon dat doorheen de data gevonden wordt.
- **Distribution:** verwijst naar de verdeling van alle waardes voor een bepaald attribuut.
- **Extremes:** is een onderdeel van distribution waarbij je specifiek op zoek gaat naar de minimum- en maximumwaarde in het bereik.
- **Dependency:** verwijst naar een eerste attribuut waarvan de waarden rechtstreeks afhangen van de waarden van een tweede attribuut.
- **Correlation** ontstaat tussen twee attributen wanneer hun waardes aan elkaar gekoppeld zijn.

5.1.3 Videopresentaties

Zoals aangehaald in sectie 4.1.2 wordt er vertrokken van 38 videopresentaties van Quantified Selfers.

De video's hebben een gemiddelde lengte van 10 minuten met een maximum van 33 minuten en een minimum van 4 minuten. De video's worden een eerste keer bekeken om te bepalen of ze al dan niet voldoen aan de vooropgestelde inclusiecriteria (sectie 4.1.2).

Na toepassing van de criteria blijven er 27 video's over. Deze worden allemaal een tweede keer bekeken en bij ieder aangehaald inzicht wordt de bijpassende code genoteerd met een tijdsaanduiding. Figuur 4 toont een overzicht van alle gevonden inzichten en hun bijhorende frequentie.

INZICHT	AANTAL
Compare	50
Dependency	43
Summarize	36
Correlation	15
Distribution	15
Trend	13
Extremes	3
Outliers	2
TOTAAL	177

Figuur 4 Inzichten videopresentaties

Het meest voorkomende inzicht is 'vergelijking' (compare) dat 28% van de gevonden inzichten vertegenwoordigt. Het komt vaak voor wanneer de self-tracker de beginsituatie wilt vergelijken met het eindresultaat om zo de vooruitgang na een aanpassing te bestuderen. Zo wordt bijvoorbeeld de hartslag vergeleken in rust met de hartslag tijdens een sportactiviteit.

'Afhankelijkheid' (dependency) is het tweede meest voorkomende inzicht met 24%. Dit inzicht wordt vaak gezocht omdat de self-tracker wilt nagaan of een bepaalde waarde die hij meet afhankelijk is van een specifieke verandering. Opvallend hierbij is dat de afhankelijkheid pas blijkt wanneer de self-tracker de context van de situatie verduidelijkt. Iemand trackt bijvoorbeeld het glucoselevel in zijn bloed. Die persoon eet dan een appel en gaat kijken in zijn data of er iets gebeurt met het glucoselevel. Er wordt gekeken of het glucoselevel afhankelijk is van het eten van een appel of niet.

Op plaats drie staat het inzicht 'overzicht' (summarize) dat 36 keer wordt aangehaald. Heel vaak komt dit inzicht aan het begin van een presentatie voor om aan het publiek te tonen wat de presentator getrackt heeft en welke waarden ze hebben gevonden zodat het publiek direct mee is met het verhaal. Dit geeft dus vaak een antwoord op de eerste vraag van het Show&Tell formaat: Wat heb je gedaan?

Een correlatie (correlation) detecteren komt vijftien keer voor in de presentaties. Hierbij worden combinaties gemaakt van verschillende attributen om te kijken of hun waarden gekoppeld zijn aan elkaar. Zo onderzoekt iemand bijvoorbeeld of er een correlatie bestaat tussen zijn gewicht en zijn hartslag in rust. Wat opvalt is dat de term 'correlatie' vaak gebruikt wordt voor iets dat eigenlijk een afhankelijkheid is. Dit is een belangrijk punt om rekening mee te houden en dus zijn deze gevallen meegenomen onder de categorie afhankelijkheid in deze studie.

Hierna volgt het inzicht trend, wat dertien keer voorkomt. Zo wordt er bijvoorbeeld gekeken naar de hartslag van iemand die begint met sporten. Over een bepaalde periode heen (een aantal weken) hopen ze dan een dalende trend te zien in de hartslag.

De laatste inzichten zijn 'extrema' (extremes) en 'uitschieters' (outliers) en worden respectievelijk drie en twee keer gevonden. Zo wordt er

bijvoorbeeld gekeken naar allergiewaarden en gezocht wanneer deze een extremum bereiken. Of iemand bekijkt zijn calorie-inname om te controleren of er bepaalde uitschieters tussen zitten.

Alle inzichten die in de videopresentaties naar boven komen, werden al gevonden in de literatuur en stonden dus al in figuur 3. De inzichten 'lookup' en 'identify' worden niet vermeld in de videopresentaties en zijn daarom geen onderdeel van figuur 4. Er zijn in het totaal tien inzichten gevonden binnen de literatuur en de bestudeerde videopresentaties. Figuur 3 wordt dus gezien als een compleet overzicht van de inzichten waar Quantified Selfers op dit moment naar op zoek zijn in hun persoonlijke data.

5.2 Visualisaties

Het tweede deel van dit onderzoek spits zich toe op datavisualisaties die Quantified Selfers gebruiken om de bovenvermelde inzichten uit hun persoonlijke data te verwerven.

Uit de literatuur worden 10 verschillende basis datavisualisatietechnieken gevonden die Quantified Selfers gebruiken [5, 7, 10]. Deze worden aangeduid in Figuur 5 in zwart-wit. Het meest uitgebreide onderzoek hierrond is dat van Choe et. al. (2015). Deze lijst wordt verder aangevuld met visualisaties die gevonden worden in de 38 videopresentaties. Het gaat om 4 extra visualisaties en deze worden toegevoegd aan de lijst. Figuur 5 toont een overzicht van alle visualisaties. De blauwe rijen representeren de vier extra visualisaties uit de video's. Daarbij wordt ook de frequentie getoond waarmee iedere visualisatie voorkomt binnen de 38 video's. Bijlage A geeft een standaard visueel voorbeeld voor elk van deze visualisatietypes [34].

In dit onderzoek is er geen onderscheid gemaakt tussen een staafdiagram (bar chart) en een histogram. Er zijn voor deze studie geen significante verschillen tussen de twee en ze worden beide ondergebracht onder de categorie 'Bar chart'.

Lijngrafiek is met 54% bij uitstek de meest gebruikte visualisatie, gevolgd door een staafdiagram. Deze bevindingen komen overeen met de bevindingen uit het onderzoek van Choe et. al. waar de top drie bestaat uit lijngrafiek, staafdiagram en spreidingsdiagram (scatter plot). Spreidingsdiagram komt in dit onderzoek op de zesde

VISUALISATIE	AANTAL
Line graph	103
Bar chart	23
Map	13
Table	12
Heat map	10
Scatter plot	7
Matrix	6
Pie chart	4
Area chart	3
Network	3
Stacked bar chart	3
Treemap	3
Boxplot	1
Waterfall chart	1
TOTAAL	192

Figuur 5 Overzicht van visualisaties

plaats na map, tabel en heat map. Choe heeft op de vierde plaats 'custom designs' staan. In ons onderzoek is er echter voor gekozen om deze categorie niet te includeren omdat ze geen waardevolle informatie inhoudt. Er werd telkens getracht om zelfgemaakte visualisaties zo goed mogelijk onder te brengen in één van de bestaande categorieën.

Zoals aangehaald in sectie 4 wordt er ook bijgehouden welk type dataset als input dient, indien dit vermeld of getoond wordt. Quantified Selfers staan hier zelden bij stil tijdens de videopresentaties omdat dit niet binnen de focus van de presentatie valt. In totaal vinden we twintig keer om welk type dataset het gaat.

Het type 'Tabel' wordt veertien keer gevonden en is zo duidelijk het meest gebruikte type. Het geometrische type dataset wordt drie keer gevonden en stelt in alle gevallen een wandelroute voor. Het type 'Netwerk' wordt eenmaal aangehaald. In dit geval gaat het meer specifiek over het type 'Network-Trees'. Het zijn dus gegevens waartussen een bepaalde relatie is en in dit geval specifiek een hiërarchische relatie. In de desbetreffende video kwam dit voor als een stamboom.

Het is duidelijk dat een tabel de meest gebruikte soort dataset is als input data. Er zijn nog zeer veel andere types dataset die ook hun voordelen kunnen hebben voor Quantified Selfers maar misschien te ingewikkeld zijn om te gebruiken waardoor een eenvoudig begrijpbaar type zoals tabel nog steeds de voorkeur geniet.

Een belangrijke opmerking is dat er vaak nog heel wat bewerkingen gebeuren op de rechtstreeks

verkregen dataset om tot een bruikbare dataset te komen. Deze bewerkingen worden transformaties genoemd. Dit kan bestaan uit attributen samenvoegen of nieuwe attributen toevoegen en berekenen. Attributen kunnen ook van type worden veranderd of de dataset kan zelfs van type worden veranderd. Geen van deze bewerkingen worden besproken in een korte Show&Tell video maar zijn zeker niet onbelangrijk. Dit aspect valt echter buiten de scope van dit onderzoek.

5.3 Combinaties

Tijdens het coderen van de video's wordt waar mogelijk ook genoteerd met welke visualisatie een inzicht wordt verkregen. Van de 177 inzichten die er gevonden worden, kan er voor 169 van hen een visualisatie aan gekoppeld worden. In figuur 6 wordt een overzicht getoond van alle combinaties die we tegenkomen en hun respectievelijke aantal.

Voor zeven van de acht gevonden inzichten (figuur 4) worden er gebruikte combinaties gevonden. Enkel voor het inzicht 'uitschieter' (outliers), dat maar tweemaal aan bod kwam in een video, wordt er niet vermeld of getoond welke visualisatie hiervoor toegepast wordt.

Deze bevindingen geven weer welke basis datavisualisaties de Quantified Selfers uit de bestudeerde videopresentaties gebruikt hebben om inzichten uit hun data te halen. Dit toont dus enkel hun eigen voorkeur. Het feit dat de gekozen visualisatie hun voorkeur geniet, impliceert niet dat dit de beste keuze is.

Een lijngrafiek (line graph) wordt bij vijf van de zeven inzichten het vaakst gekozen: bij vergelijking (compare), afhankelijkheid (dependency) en overzicht (summarize) is de voorkeur voor een lijngrafiek zeer duidelijk.

Ook voor vijf van de zeven inzichten staat een staafdiagram in de top twee visualisaties. Echter heeft een staafdiagram nergens een significante voorsprong op de daaropvolgende visualisaties.

In het algemeen valt op dat er voor het merendeel van de inzichten veel verschillende combinaties gemaakt worden. Quantified Selfers maken ook zelf combinaties van bestaande datavisualisatietechnieken om zo tot het inzicht te komen waar ze naar op zoek zijn.

INZICHT	VISUALISATIE	AANTAL
Compare	Line graph	31
	Bar chart	5
	Heat map	3
	Map	2
	Network	2
	Stacked bar chart	2
	Table	2
	Scatter plot	1
Correlation	Line graph	5
	Scatter plot	3
	Table	3
	Matrix	2
	Network	1
	Scatter plot + Heat map	1
Dependency	Line graph	31
	Bar chart	3
	Map	3
	Table	3
	Heat map	1
	Matrix	1
Distribution	Bar chart	4
	Pie chart	3
	Area chart + Heat map	2
	Boxplot	1
	Line graph	1
	Map + Heat map	1
	Stacked bar chart	1
Extremes	Heat map	2
	Bar chart	1
Summarize	Line graph	23
	Bar chart	8
	Table	4
	Map + Heat map	1
Trend	Line graph	5
	Scatter plot + Line graph	4
	Bar chart	2
	Heat map	1
TOTAAL		169

Figuur 6 Overzicht van combinaties

5.4 Kritische reflectie

De resultaten worden vooral verkregen uit de analyse van 38 videopresentaties die plaats vonden tussen 2018 en heden. Deze keuze wordt gemaakt om de resultaten zo up-to-date mogelijk te houden. Als er oudere video's mee in beschouwing genomen worden, kan het resultaat er anders uitzien.

Uit het onderzoek komen we te weten wat de inzichten zijn waar Quantified Selfers momenteel naar op zoek zijn en welke het vaakst voorkomen. De inzichten worden hier ingedeeld via een vooropgesteld codestelsel. Indien iemand kiest voor een andere onderverdeling of benoeming van de inzichten kan het resultaat er anders uitzien. De lijst van inzichten die verkregen is, is ook niet exhaustief maar wel zo compleet mogelijk voor de periode van 2018-2022.

Voor de verschillende visualisaties te beschrijven, is een onderverdeling gemaakt van basis datavisualisatietechnieken. Hierdoor kunnen sommige complexe zelfontwikkelde visualisaties van Quantified Selfers niet mee ingedeeld worden. Wel geeft dit een heel duidelijk beeld van welke basis datavisualisatietechnieken de voorkeur genieten van Quantified Selfers.

We benoemen een groot aantal verschillende combinaties tussen inzichten en gebruikte datavisualisatie. Een belangrijk aspect dat opvalt uit de videopresentaties is dat om betekenis te geven aan bepaalde dingen die voorkomen in visualisaties er context aan gebonden wordt door de spreker. Een lijngrafiek toont bijvoorbeeld een hartslag. Een inzicht dat hier vorworven wordt, is dat de hartslag op een bepaald moment een extremum bereikt. De spreker schetst dan de context en zegt "Het punt waarop mijn hartslag een maximum kent was het moment dat ik een presentatie moest geven." Een ander voorbeeld is een spreidingsdiagram dat het stressniveau over de jaren heen toont. Hieruit haalt de gebruiker het inzicht dat het stressniveau een dalende trend kent over de laatste jaren. De spreker haalt dan aan dat hij sedert enkele jaren zijn job als arbeider heeft opgezegd en zelfstandig is geworden. Daardoor is zijn stressniveau lager. Het is dus één ding om via visualisaties inzichten uit data te onttrekken, maar het geven van betekenis aan die inzichten blijft de taak van de gebruiker zelf.

6 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Indien er in de toekomst opnieuw een Quantified Self conferentie kan plaatsvinden, kunnen deze Show&Tell video's op dezelfde manier als dit onderzoek gecodeerd worden. De lijst met gevonden inzichten kan zo dienen als een basis van de afgelopen 5 jaar die verder aangevuld kan worden om representatief te blijven.

Het overzicht van combinaties vormt ook een goed vertrekpunt voor voor verder onderzoek. Visualisatie-experts kunnen dit gebruiken om na te gaan of de gebruikte visualisaties wel de beste keuze zijn of dat er betere opties voorhanden zijn. Ze kunnen zo richtlijnen opstellen over welke basis datavisualisatietechnieken voor welk inzicht het

meest geschikt zijn. Zo wordt het ook voor de minder gevorderde Quantified Selfers efficiënter om inzichten uit hun persoonlijke data te halen.

Met de kennis over inzichten en hun meest toepasselijke visualisatie kan men een software ontwikkelen die op basis van gewenst inzicht, automatisch visualisatie-opties genereert. Er zijn al een aantal projecten waarin ze dit proberen te realiseren voor datavisualisatie in het algemeen [35–38]. Een interessant pad is om zulke software voor Quantified Selfers of self-tracking in het algemeen te ontwikkelen waar gewenst inzicht een input criteria is. Ze kunnen bij de aanbeveling ook aangeven welke visualisatie in praktijk de voorkeur geniet als deze verschillend is van de meest efficiënte visualisatie.

Het type dataset dat als input gebruikt is, wordt ook kort besproken in deze studie. Dit kan een andere interessante piste zijn om verder te onderzoeken. Ook hier zijn misschien betere aanbevelingen mogelijk dan de meest courante types die momenteel heersen binnen self-tracking. Dit kan als extra criteria meegegeven worden om rekening mee te houden voor een geautomatiseerde visualisatiesoftware.

Als laatste willen we aandacht trekken naar het concept van interactie binnen datavisualisatie. Dit is een opkomend onderwerp binnen het domein. Er kan zo veel extra uit datavisualisaties gehaald worden wanneer er interactiviteit mogelijk is. Uit het onderzoek wordt duidelijk dat Quantified Selfers hier momenteel nog geen gebruik van maken. Naar verder onderzoek toe zou het interessant zijn om de mogelijkheden en voordelen hiervan binnen de Quantified Self gemeenschap te analyseren.

7 Conclusie

Door middel van een literatuurstudie en een uitgebreide analyse van 38 videopresentaties heeft dit onderzoek de verschillende datavisualisaties die Quantified Selfers gebruiken en de gezochte inzichten die daarmee gepaard gaan, geanalyseerd.

In het onderzoek worden tien verschillende inzichten geïdentificeerd waarvan 'vergelijking', 'afhankelijkheid' en 'overzicht' de drie meest voorkomende zijn. Daarnaast worden er veertien verschillende visualisaties gevonden. De meest gebruikte visualisatie is duidelijk de lijngrafiek aangezien deze 54% van de gevonden visualisaties vertegenwoordigt. Verder tonen de resultaten dat er

een grote verscheidenheid aan combinaties bestaat tussen datavisualisaties en het daarmee gepaard gaande inzicht dat ze wensen te verkrijgen. Deze combinaties weerspiegelen welke visualisaties de voorkeur van Quantified Selfers genieten per inzicht. Bij vijf van de inzichten gaat die voorkeur uit naar de lijngrafiek.

Een noodzakelijke kanttekening die dient gemaakt te worden, is dat er frequent door de self-tracker context gegeven moet worden aan de visualisatie om te kunnen achterhalen welk inzicht ze hier precies mee willen bereiken.

Dit werk draagt bij tot het gebied van self-tracking door een geldige basis te vormen voor toekomstig onderzoek. De resultaten van de studie geven duidelijk weer wat er momenteel speelt in de wereld van Quantified Self.

Acknowledgments. Ik wil graag mijn promotor prof. dr. Benoit Depaire bedanken voor alle ondersteuning en begeleiding binnen dit onderzoek. Zonder zijn kritische inzichten en feedback zou het onderzoek niet tot dit eindresultaat hebben geleid.

Bijlage A Soorten visualisaties

Visuele representatie van de verschillende soorten basis datavisualisatietechnieken gevonden in dit onderzoek. De voorbeelden komen uit het Data Viz Project van Ferdio, een datavisualisatiebureau in Kopenhagen [34].



Referenties

- [1] Moore, P. & Robinson, A. The quantified self: What counts in the neoliberal workplace. *New Media & Society* **18** (11), 2774–2792 (2016). URL <https://doi.org/10.1177/1461444815604328>. Publisher: SAGE Publications .
- [2] Rapp, A. & Cena, F. Personal informatics for everyday life: How users without prior self-tracking experience engage with personal data. *International Journal of Human-Computer Studies* **94**, 1–17 (2016). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S107158191630060X> .
- [3] Lupton, D. *The Quantified Self* (John Wiley & Sons, 2016). Google-Books-ID: GWdND-wAAQBAJ.
- [4] Li, I., Dey, A. & Forlizzi, J. A stage-based model of personal informatics systems. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 557–566 (2010). URL <https://doi.org/10.1145/1753326.1753409> .
- [5] Choe, E. K., Lee, N. B., Lee, B., Pratt, W. & Kientz, J. A. Understanding quantified-selfers’ practices in collecting and exploring personal data. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 1143–1152 (2014). URL <https://doi.org/10.1145/2556288.2557372> .
- [6] Cuttone, A., Petersen, M. K. & Larsen, J. E. Four Data Visualization Heuristics to Facilitate Reflection in Personal Informatics. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design for All and Accessibility Practice* 541–552 (2014). https://doi.org/10.1007/978-3-319-07509-9_51 .
- [7] Oh, J. & Lee, U. Exploring UX issues in Quantified Self technologies. *2015 Eighth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU)* 53–59 (2015). <https://doi.org/10.1109/ICMU.2015.7061028> .
- [8] Trace, C. B. & Zhang, Y. The quantified-self archive: documenting lives through self-tracking data. *Journal of Documentation* **76** (1), 290–316 (2019). URL <https://doi.org/10.1108/JD-04-2019-0064>. Publisher: Emerald Publishing Limited .
- [9] Fawcett, T. Mining the Quantified Self: Personal Knowledge Discovery as a Challenge for Data Science. *Big Data* **3** (4), 249–266 (2015). URL <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/big.2015.0049>. Publisher: Mary Ann Liebert, Inc., publishers .
- [10] Choe, E. K. & Lee, B. Characterizing Visualization Insights from Quantified Selfers’ Personal Data Presentations. *IEEE Computer Graphics and Applications* **35** (4), 28–37 (2015). <https://doi.org/10.1109/MCG.2015.51> .
- [11] Moore, B., Kleek, M. V. & Karger, D. R. Assisted Self Reflection: Combining Lifetracking, Sensemaking & Personal Information Management (2010).
- [12] Marcengo, A. & Rapp, A. Visualization of Human Behavior Data: The Quantified Self. *Innovative Approaches of Data Visualization and Visual Analytics* 236–265 (2014). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4309-3.ch012> .
- [13] Alshehhi, Y. A., Abdelrazek, M. & Bonti, A. Personal Data Visualisation on Mobile Devices: A Systematic Literature Review (2022). URL <https://arxiv.org/abs/2203.01374>.
- [14] Lupton, D. Understanding the Human Machine. *IEEE Technology and Society Magazine* **32** (4), 25–30 (2013). <https://doi.org/10.1109/MTS.2013.2286431> .
- [15] Nafus, D. & Sherman, J. Big Data, Big Questions| This One Does Not Go Up To 11: The Quantified Self Movement as an Alternative Big Data Practice. *International Journal of Communication* **8** (0), 11 (2014). URL <https://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/2170>. Number: 0 .
- [16] Wac, K. From Quantified Self to Quality of Life. *Digital Health: Scaling Healthcare to the*

World 83–108 (2018). URL https://doi.org/10.1007/978-3-319-61446-5_7 .

- [17] Didziokaite, G., Saukko, P. & Greiffenhagen, C. The mundane experience of everyday calorie trackers: Beyond the metaphor of Quantified Self. *New Media & Society* **20** (2017). <https://doi.org/10.1177/1461444817698478> .
- [18] Feng, S., Mäntymäki, M., Dhir, A. & Salmela, H. How Self-tracking and the Quantified Self Promote Health and Well-being: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research* **23** (9) (2021). <https://doi.org/10.2196/25171> .
- [19] Shin, D.-H. & Biocca, F. Health experience model of personal informatics: The case of a quantified self. *Computers in Human Behavior* **69**, 62–74 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.019> .
- [20] Baumgart, R. *How Does Quantified Self Run?* (San Diego, 2015).
- [21] Swan, M. The Quantified Self: Fundamental Disruption in Big Data Science and Biological Discovery. *Big Data* **1** (2), 85–99 (2013). URL <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/big.2012.0002>. Publisher: Mary Ann Liebert, Inc., publishers .
- [22] Findeis, C. *et al.* Quantifying self-quantification: A statistical study on individual characteristics and motivations for digital self-tracking in young- and middle-aged adults in Germany. *New Media & Society* (2021). <https://doi.org/10.1177/14614448211039060> .
- [23] Gimpel, H., Nißen, M. & Görlitz, R. Quantifying the Quantified Self: A Study on the Motivations of Patients to Track Their Own Health. *International Conference on Information Systems (ICIS 2013)* **4** (2013). URL <https://core.ac.uk/download/pdf/301361222.pdf> .
- [24] Sharon, T. & Zandbergen, D. From data fetishism to quantifying selves: Self-tracking practices and the other values of data. *New Media & Society* **19** (11), 1695–1709 (2017). URL <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1461444816636090> .
- [25] Huang, D. *et al.* Personal Visualization and Personal Visual Analytics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* **21** (3), 420–433 (2015). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2359887> .
- [26] Whooley, M., Ploderer, B. & Gray, K. On the integration of self-tracking data amongst quantified self members. *Proceedings of the 28th International BCS Human Computer Interaction Conference on HCI 2014* 151–160 (2014). URL <https://eprints.qut.edu.au/93520/> .
- [27] Lupton, D. The diverse domains of quantified selves: self-tracking modes and dataveillance. *Economy and Society* **45** (1), 101–122 (2016). URL <https://doi.org/10.1080/03085147.2016.1143726> .
- [28] Shehab, A., Ismail, A., Osman, L., Elhoseny, M. & El-Henawy, I. M. Quantified Self Using IoT Wearable Devices. *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2017* 820–831 (2018). https://doi.org/10.1007/978-3-319-64861-3_77 .
- [29] Yang, H., Li, Y. & Zhou, M. X. Understand users’ comprehension and preferences for composing information visualizations. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* **21** (1), 6:1–6:30 (2014). URL <https://doi.org/10.1145/2541288> .
- [30] Lin, J. J., Mamykina, L., Lindtner, S., Delajoux, G. & Strub, H. B. Fish’n’Steps: Encouraging Physical Activity with an Interactive Computer Game. *UbiComp 2006: Ubiquitous Computing* 261–278 (2006). https://doi.org/10.1007/11853565_16 .
- [31] Consolvo, S. *et al.* Activity Sensing in the Wild: A Field Trial of UbiFit Garden. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings* (2008). <https://doi.org/10.1145/1357054.1357335> .

- [32] Froehlich, J. *et al.* UbiGreen: Investigating a Mobile Tool for Tracking and Supporting Green Transportation Habits. *Proc. CHI 2009* (2009). <https://doi.org/10.1145/1518701.1518861> .
- [33] Munzner, T. *Visualization analysis & design* (CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2015). OCLC: 897069361.
- [34] Ferdio. Data Viz Project. URL <https://datavizproject.com/>.
- [35] Mackinlay, J., Hanrahan, P. & Stolte, C. Show Me: Automatic Presentation for Visual Analysis. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* **13** (6), 1137–1144 (2007). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2007.70594> .
- [36] Saket, B., Endert, A. & Demiralp, Task-Based Effectiveness of Basic Visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* **25** (7), 2505–2512 (2019). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2829750> .
- [37] Qian, X. *et al.* *Learning to Recommend Visualizations from Data*, 1359–1369 (ACM, Virtual Event Singapore, 2021). URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3447548.3467224>.
- [38] Hu, K., Bakker, M. A., Li, S., Kraska, T. & Hidalgo, C. VizML: A Machine Learning Approach to Visualization Recommendation. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 1–12 (2019). URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3290605.3300358> .