

## University of Groningen

### Quantified speech as a marker

Voppel, Alban

DOI:  
[10.33612/diss.196902987](https://doi.org/10.33612/diss.196902987)

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*  
2022

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*  
Voppel, A. (2022). *Quantified speech as a marker: computational linguistics in schizophrenia-spectrum disorders*. University of Groningen. <https://doi.org/10.33612/diss.196902987>

#### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/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 (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

#### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## **Appendices**

---

Samenvatting

Dankwoord

List of publications

Curriculum Vitae

## Nederlandse samenvatting

Spraak bevat een schat aan informatie over de gemoedstoestand van de spreker, niet alleen in de gebruikte woorden, maar ook in de manier waarop deze woorden worden uitgesproken. Recente ontwikkelingen in Natural Language Processing (NLP) hebben de weg vrijgemaakt voor snelle, systematische registratie en analyse van kwantificeerbare eigenschappen van gesproken taal. Bij schizofrenie-spectrum stoornissen, een verzameling ernstige psychiatrische aandoeningen, zijn verschillende aspecten van taal aangedaan. Afwijkingen in taal worden gebruikt door behandelaars om een diagnose te stellen of om de ernst van klachten in te schatten. Door het gebruik van NLP technieken is het mogelijk geworden om deze afwijkingen objectief en kwantificeerbaar te maken, waardoor ook subtiele veranderingen gedetecteerd kunnen worden. Dit proefschrift bevat een aantal studies over de toepassing van NLP technieken op gesproken taal van mensen met een schizofrenie-spectrum stoornis. De focus van het hier gepresenteerde onderzoek ligt voornamelijk op semantiek (*wat* er verteld wordt) en fonetiek van spraak (*hoe* er verteld wordt). Deze aspecten worden gebruikt om personen met schizofrenie-spectrumstoornissen te onderscheiden van gezonde controles, voor onderzoek naar de relatie tussen spraakkenmerken en specifieke symptomen, naar de samenhang met klinische subtypes, evenals de relatie met anti-psychotische medicatie. Hieronder volgt een samenvatting van de bevindingen van de onderzoeken in hoofdstukken twee tot en met zes, met daarna een samenvatting van de conclusie.

### ***Hoofdstuk 2: Een overzicht van taalmodellen in klinisch onderzoek***

Met semantische modellen kan een deel van de structuur van taal worden gekwantificeerd. De samenhang tussen woorden of zinnen kan variëren en deze kenmerken kunnen worden gebruikt om groepen te classificeren of te vergelijken. De methode is relatief nieuw en is gebruikt voor een verscheidenheid aan vergelijkingen tussen verschillende klinische populaties in psychiatrische en neurologische groepen. In hoofdstuk 2 is een systematische review en een meta-analyse gegeven van de bevindingen uit eerder gepubliceerde literatuur.

De belangrijkste bevindingen zijn dat deze modellen kunnen worden gebruikt met een redelijke diagnostische nauwkeurigheid, met een gemiddelde sensitiviteit van 71% en specificiteit van 91% bij het classificeren van schizofrenie-spectrumpatiënten. Daarnaast was het gebruik van modellen op taal in de vorm van zinnen was effectiever dan het gebruik ervan op losse woorden. De variëteit aan onderzoek dat is

gepubliceerd toont aan dat deze modellen geen gespecialiseerd hulpmiddel zijn voor een enkele stoornis, maar een bredere toepasbaarheid hebben en gevoelig zijn voor een aantal klinisch geïnformeerde taalkenmerken. De conclusie van de meta-analyse is dat semantische ruimtemodellen een waardevol diagnostisch en prognostisch hulpmiddel zijn bij veel psychiatrische en neurologische aandoeningen.

### ***Hoofdstuk 3: Semantische verbondenheid bij het classificeren van schizofrenie-spectrumstoornissen***

Het onderzoek in hoofdstuk 3 is een toepassing van de in het vorige hoofdstuk beschreven techniek. Eerder onderzoek heeft woordovereenkomst gebruikt om incoherentie in taal te meten die geproduceerd is door proefpersonen met een schizofrenie-spectrumstoornis. Het onderzoek in dit hoofdstuk zet deze onderzoekslijn voort gebruikmakend van een van de nieuwere taalmodellen, word2vec, getraind op Nederlands.

Met behulp van een getranscribeerd interview werden gesproken woorden vergeleken op gelijkenis van betekenis – *wat* er verteld is. Haardoor ontstaat een maat van verbondenheid die gebruikt kan worden om interviews te analyseren. Omdat gesproken taal geen interpunctie of duidelijk gedefinieerde zinnen heeft werden bewegende vensters van verschillende groottes gebruikt, waarbij grotere vensters de woordverbondenheid over grotere afstanden bevatten. De resulterende semantische verbondenheid werd gebruikt om proefpersonen met schizofrenie-spectrumstoornissen en gezonde controles te classificeren met behulp van een zelflerend algoritme. De 85% nauwkeurigheid die werd bereikt, toont het vermogen van taalmodellen om mogelijk schizofrenie-spectrumstoornissen te classificeren. De algoritmes lieten een robuust effect zien, vooral wat betreft de variantie van verbondenheid, en vooral rond vensters van vijf tot tien woorden groot – overeenkomend met de gemiddelde lengte van een Nederlands gesproken zin. De hoge classificatienauwkeurigheid laat zien dat semantische modellen gevoelig zijn en kunnen dienen als een potentiële kwantificeerbare marker bij schizofrenie-spectrumstoornissen.

### ***Hoofdstuk 4: Fonetische kenmerken als diagnostisch hulpmiddel***

Terwijl het vorige hoofdstuk semantiek in spraak als focus heeft, kan ook informatie worden afgeleid uit de fonetische kenmerken, zoals pauzes, intonatie en de

geluidsfrequenties in spraak, gerelateerd aan *hoe* iets wordt gezegd. Onderzoek naar fonetiek is veelbelovend veld, mede doordat het nauw verbonden is met een aantal klinische symptomen zoals monotone spraak en alogia.

In hoofdstuk 4 werden fonetische maten van taal gebruikt voor classificatie. De spraak van zowel gezonde controles als proefpersonen met schizofrenie-spectrumstoornissen zijn geïnterviewd. Spraakkenmerken zijn berekend met een standaardprogramma; de resulterende fonetische kenmerken zijn gebruikt in een zelflerend classificatie-algoritme, wat resulteerde in een nauwkeurigheid van 86%. De meest informatieve kenmerken waren gerelateerd aan spreesnelheid, uitspraaksnelheid en pauzesnelheid.

Daarnaast zijn proefpersonen met een diagnose verdeeld in twee groepen op basis van hun symptoomprofielen - overwegend positief met hallucinaties of wanen, of overwegend negatief met bijvoorbeeld geen motivatie of sociale terugtrekking. Deze indeling is relevant voor behandeling, het voorschrijven van medicatie en prognose. Door gebruik te maken van dezelfde gestandaardiseerde fonetische kenmerken werd een nauwkeurigheid van 74% bereikt in classificatie. Deze bevindingen laten zien dat de gekwantificeerde fonetische kenmerken een veelbelovend klinisch hulpmiddel kunnen zijn, bruikbaar voor zowel diagnose als differentiatie van symptoomprofielen.

### ***Hoofdstuk 5: De combinatie van verschillende spraakkenmerken***

Zoals blijkt uit de twee voorgaande hoofdstukken, bevat spraak meerdere bronnen van informatie, zowel over *wat* als over *hoe* dingen worden gezegd. Zowel semantische als fonetische kenmerken zijn gebruikt om de symptoomernst of diagnostische kenmerken van schizofrenie-spectrumstoornissen te meten. Sommige eerdere onderzoekers hebben verschillende domeinen gecombineerd, maar hun relatieve bijdrage en de toegevoegde waarde per domein bleef een gebied van verder onderzoek; dit is onderzocht in hoofdstuk 5.

Het combineren van verschillende bronnen met een verklaarbare en interpreteerbare methodiek kan met verschillende technieken. In dit hoofdstuk worden aparte classificatiemodellen voor het semantische en fonetische domein getraind; daarna worden de bronnen samengevoegd in een gecombineerd algoritme. Het resultaat, een gecombineerd classificatiemodel, haalde een hogere classificatienauwkeurigheid dan de afzonderlijke modellen, met een nauwkeurigheid van 85% voor het gecombineerde model. Het semantische model

scoorde 79% en het fonetische model 81%. De toegepaste methode is bedoeld om de toegevoegde waarde te onderzoeken van elke losse informatiebron. De verklaarbaarheid van algoritmen en informatiebronnen is een cruciale stap voor klinische implementatie van zelflerende algoritmen.

### ***Hoofdstuk 6: Het effect van medicatie op spraak; bijwerking en stoorfactor***

Mensen met een schizofrenie-spectrumstoornis worden vaak behandeld met antipsychotica. Hoewel deze medicijnen effectief zijn, vooral voor positieve symptomen zoals wanen of hallucinaties, komen bijwerkingen voor. Om de impact van medicatie op spraak te evalueren, zijn bij het in hoofdstuk 6 gepresenteerde onderzoek patiënten met schizofrenie-spectrumstoornissen in twee groepen opgedeeld aan de hand van de interactie van medicatie met een dopaminereceptor; een groep met een hoge D2-receptorbezetting - wat betekent dat de medicatie een sterkere binding aan de receptor heeft dan dopamine - en een groep met lage bezettingsgraad, met een zwakkere binding dan dopamine aan de receptor. De medicatiegroepen werden zowel met elkaar als met gezonde controles vergeleken.

De medicatiegroepen verschilden in het totale aantal woorden en in de type-token-ratio van de gebruikte woorden. Het verschil tussen deze groepen suggereert medicatie-effecten, terwijl beide groepen verschilden van gezonde controles, wat wijst op effecten van de schizofrenie-spectrumstoornis. Over het algemeen vonden we meer negatieve taalstoornissen, zoals een langzamere articulatiesnelheid en meer pauzes, bij proefpersonen met een sterk-bindende dopaminerge medicatie. Deze bevindingen laten zien dat de bijwerkingen van antipsychotica vergelijkbaar kunnen zijn met symptomen van de aandoening zelf, zoals een toename van het aantal pauzes. Het in dit hoofdstuk gepresenteerde onderzoek dient ook als een belangrijke herinnering aan de storende rol die medicatie bijna altijd speelt in onderzoek met personen met schizofrenie-spectrumstoornissen.

### ***Discussie en conclusie***

Verstoringsen in taal en spraak zijn een van de kernsymptomen van schizofrenie-spectrumstoornissen en zijn een van de belangrijkste informatieve bronnen voor diagnoses en behandelingen. De kwantificering van deze maten met behulp van NLP maakt taalanalyse een mogelijk marker voor de groep stoornissen.

Ondanks de veelbelovende resultaten is er meer onderzoek nodig voordat gekwantificeerde spraakanalyses klinische toepassingen kunnen vervullen. Onderzoekers hebben binaire classificaties van gezonde controles en proefpersonen met een stoornis uitgevoerd, zoals ook in dit proefschrift. Verschillen tussen deze groepen zijn een eerste stap in het herkennen van een stoornis, maar deze classificatie is complexer bij onderscheid maken tussen stoornissen aangezien hier kan er overlap zijn tussen spraakkenmerken, zoals een toename van pauzes bij zowel depressie als bij schizofrenie-spectrum stoornissen. Een ander onderbelicht aspect is het verzamelen van longitudinale data. Dit is van belang voor klinisch relevante vragen zoals het voorspellen van terugval. Zelfs met behandeling is het risico op terugval na een eerste psychose hoog, waarbij een terugval leidt tot slechtere uitkomsten voor proefpersonen. Het detecteren van vroege tekenen van terugval is dus een belangrijk onderzoeksgebied, waarvoor het afnemen van taal over langere tijd mogelijk een goede voorspeller is.

Samengevat, onderzoek heeft aangetoond dat spraakstoornissen kunnen worden gekwantificeerd met behulp van computationele taalkundige analyses. Verschillende aspecten van spraak zijn informatief, inclusief semantische en fonetische kenmerken - *wat* en *hoe* iets wordt gezegd. In dit proefschrift is onderzoek gepresenteerd waarin gebruik is gemaakt van deze informatiebronnen, waaruit blijkt dat gekwantificeerde spraak kan worden gebruikt om personen met schizofrenie-spectrumstoornissen te herkennen en te classificeren.

Taalanalyses tonen potentieel voor tal van toekomstige klinische toepassingen, waaronder het beoordelen van risicogroepen, het monitoren van terugval, het voorspellen van de respons op de behandeling of als diagnostisch hulpmiddel om klinici te helpen. Onderzoek moet zich richten op zowel differentiaal-diagnostisch als longitudinaal onderzoek om een klinisch bruikbare marker te ontwikkelen. De zich snel ontwikkelende NLP-methodes bieden manieren om subtiele kenmerken te kwantificeren; deze methoden moeten op een reproduceerbare en gestandaardiseerde manier worden toegepast op grote steekproeven. Met deze stappen kunnen gekwantificeerde taal- en spraakanalyses in het schizofrenie-spectrum zich ontwikkelen van het momenteel veelbelovende onderzoeksgebied tot een waardevol klinisch hulpmiddel.





## Dankwoord

Het gezelschap, de samenwerking en de ondersteuning van vele anderen in de afgelopen jaren hebben ervoor gezorgd dat dit proefschrift tot stand heeft kunnen komen. Door deze mensen heb ik niet alleen wetenschappelijke maar ook persoonlijke groei mogen doormaken. Daarom wil ik deze mensen graag bedanken.

Prof. Dr. **Sommer**, beste Iris, dank voor je begeleiding, hulp en enthousiasme tijdens deze periode. Je enorme gedrevenheid, brede wetenschappelijke interesse en zeeën van kennis hebben ervoor gezorgd dat dit project succesvol afgerond is. In jou groep heb ik vele ervaringen kunnen opdoen en heb ik veel geleerd. Ik ben dan ook blij dat we samen verder kunnen werken aan de volgende stappen in dit onderzoeksveld!

Prof. Dr. **Schnack**, beste Hugo, dank voor de hulp en sturing wat betreft analyses. Je hebt ervoor gezorgd dat een idee of probeersel van een analyse gestructureerd wordt en omgezet kan worden naar een goede uitwerking. De meetings die we regelmatig hadden waren telkens momenten van reflectie.

Graag bedank ik ook de leden van de beoordelingscommissie, Prof. Dr. Martien **Kas**, Prof. Dr. Wim **Veling** en Prof. Dr. Lena **Palaniyappan**. Thank you for your time and effort in reading this dissertation.

**Janna**, je uitnodiging om eens na te denken over de Praat-studie aan het eind van mijn stage in het UMC was het begin van een intense en nauwe samenwerking. Je gedrevenheid, discipline en kennis over de raakvlakken van taal en psychiatrie hebben ervoor gezorgd dat de verschillende onderzoeken in dit boekje daadwerkelijk wetenschappelijke artikelen zijn geworden. Zonder jou was dit boekje niet tot stand gekomen. Dank voor al je vele hulp met structuur, richting en schrijven, en ik kijk uit naar de verdere samenwerking!

**Bodyl**, wat ben jij een leuke kamergenoot en goede collega. Fijn ideeën en gedachten even op elkaar af te kunnen stemmen en checken of wat we denken wel een beetje klopt... Met cola, repen Toni's slepen en humor slepen we elkaar door middagdipjes heen tot die papers af zijn. Heel veel dank dat je mijn paranimf wil zijn!

Ontelbare vergaderingen, busstations in elke uithoek van Nederland, gesleep met bloeddrukmeters en al het ander wat bij Hamlett kwam kijken, schrijfweekenden en conferenties en altijd gezellig – **Priscilla**, veel dank voor de leuke samenwerking de afgelopen jaren. Altijd was het een plezier even langs te hoppen voor een vraag over wat dan ook of een wandeling naar de koffieautomaat. Ik ben blij dat we collega's blijven.

Altijd een luisterend oor, goed advies, heel veel lol en een van de meest wetenschappelijke breinen die ik ken – **Shiral**, veel dank voor de vrijdagmiddagen, met of zonder ontbijt om 1 uur. Laten we samen toch maar eens een paper schrijven. Op naar het volgende tripje naar Firenze!

Voor de postdocs in de groep, **Marieke** en **Sanne SK**, dank voor de ondersteuning, begeleiding en adviezen. Heel fijn dat ik altijd wat kon vragen, of het nu over het scoren van symptomen ging, een tijdslijn voor projecten, of waar we nu ook al weer het bloed opslaan. Of simpelweg gezellig samen op stap naar de koffieautomaat. **Sanne B**, dank voor de hulp met schrijven, en je verhelderende blik en inzicht op het onderzoek.

**Jasper**, dank voor de leuke discussies, het wetenschappelijke inzicht en het mogen meewerken aan de slotfase van je PhD. **Elske**, heel fijn dat je nu naast me op de gang zit, je bent een hele leuke collega. **Lyliana**, even met jou kletsen is iets om naar uit te kijken, en elke schrijfweek was heerlijk. Dank ook voor de hulp met overzicht houden. **Maya**, dank voor de supervisie van m'n stage, en de samenwerking voor papers. Je bent een doorzetter. **Margot**, met jou zag ik mijn eerste deelnemer – bedankt voor het wijzen van de goede richting. **Mascha & Meenakshi**; dank voor het op pad helpen en de goede raad.

Daarnaast bedank ik ook graag iedereen die meegewerkt heeft in team Hamlett – **Erna, Emma, Yudith, Inge, Chris, Ilse**, alle anderen, en ontelbare medewerkers van GGZ's door heel Nederland.

Gezelligheid en leuke gesprekken zijn tijdens de trips Groningen door **Jenny, Emile, Franciska, Hugo**, nu ook **Jesca** en alle anderen NIC-ers altijd makkelijk te vinden, wat de treinreis meer dan goed maakt. Jullie zijn inderdaad nic(e) people. Dank!

Voor Praat, Rapsodi, Simva en Hamlett waren en zijn er een heleboel **stagiairs**, die ontelbare uren met transcriberen, deelnemers bellen, brieven posten, het afnemen van interviews en het invullen van de administratie hebben gemaakt. Dank, zonder jullie was dit proefschrift er niet gekomen.

Ook wil ik graag **Janneke** bedanken voor al het ondersteunende werk en de leuke gesprekjes op de gang. **Trix, Bote & Hedwig**, dank voor de afspraken-reeksen, de logistiek en oplossingen voor stagiair-perikelen in het Hoge Noorden.

Tijdens mijn studies heb ik veel vrienden gemaakt, allen dierbaar maar ik wil graag specifiek **Toni, Sophia, Lynn, Lieke, Dirk** en **Tobio** bedanken voor de leuke avondjes Amsterdam die nog steeds plaatsvinden.

Buddy, **Immanuel**, goede vriend – dank voor de ontbijtjes, de avonden, de escapades, het avontuur, de discussies, het samen lachen, je enthousiasme en energie, je gezelschap. Dank dat je paranimf wil zijn. **Amy**, waar je ook bent, of het nu koffie op het UMC is of een heerlijk etentje, het is altijd leuk! Ontzag heb ik ook voor je kennis en projecten – waar hulp-paranimf maar een klein gedeelte van is. Als ik bij jullie weg fiets heb ik altijd een warm gevoel. Ik ben blij vrienden met jullie te zijn.

**Simon**, van treinreizen vanuit Almere tot de vele avondjes, de avonturen, de gesprekken, naar elkaar luisteren, van jou heb ik veel geleerd. Te veel om in woorden te vatten – een omhelzing is beter. Je bent een mooi mens. **Frits, Roy, Tim, Florian, Juri en Bart**, dank voor de vele momenten met diepe filosofische discussies, biertjes, boekbesprekingen, geklets, series, muziek en nog veel meer. Jullie hebben er voor gezorgd dat ik uit mijn schulp kroop en wat grenzen durfde te verleggen. Ieder van jullie is anders, ieder bedank ik voor het anders zijn. Het samen zijn was en is een slijpsteen.

Dank ook aan mijn familie - **Esther, Roland, Sulamith** en **Marlon**. Ik hoef er nooit aan te twifelen dat het goed zit, en elk bezoekje aan Diepenheim is door jullie een heerlijke vakantie en een gelegenheid alles weer even in perspectief te zien. Dank voor alle warmte en vrijheid.

**Merve** (& Pickle), çok güzelsiniz. I got to know you at the start of this period, and you have been there throughout all the ups-and-downs. Thank you for being you, that there may be many more decadent breakfasts, lazy Sundays, fancy dinners and being in each other's company.

Als laatste wil ik de deelnemers aan de verschillende onderzoeken bedanken. De openheid tijdens interviews, de gedeelde ervaringen en de bereidheid mee te doen aan allerlei metingen maken niet alleen deze studies mogelijk maar hebben mij persoonlijk ook verrijkt.

## Peer-reviewed publications

Articles with an asterisk (\*) are related to the work described in this dissertation.

\* De Boer, J. N.<sup>1</sup>, **Voppel, A. E.**<sup>1</sup>, Begemann, M. J. H., Schnack, H. G., Wijnen, F., & Sommer, I. E. C. (2018). Clinical use of semantic space models in psychiatry and neurology: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *93*, 85-92. <sup>1</sup>: authors contributed equally

De Boer, J. N., van Hoogdalem, M., Mandl, R. C. W., Brummelman, J., **Voppel, A. E.**, Begemann, M. J. H., ... & Sommer, I. E. C. (2020). Language in schizophrenia: relation with diagnosis, symptomatology and white matter tracts. *npj Schizophrenia*, *6*(1), 1-10.

de Boer, J. N., Brederoo, S. G., **Voppel, A. E.**, & Sommer, I. E. (2020). Anomalies in language as a biomarker for schizophrenia. *Current opinion in psychiatry*, *33*(3), 212-218.

Begemann, M. J., Thompson, I. A., Veling, W., Gangadin, S. S., Geraets, C. N., van't Hag, E., Müller-Kuperus, S. J., Oomen, P. P., **Voppel, A. E.**, van der Gaag, M., ... & Sommer, I. E. (2020). To continue or not to continue? Antipsychotic medication maintenance versus dose-reduction/discontinuation in first episode psychosis: HAMLETT, a pragmatic multicenter single-blind randomized controlled trial. *Trials*, *21*(1), 1-19.

\* de Boer, J. N., **Voppel, A. E.**, Brederoo, S. G., Wijnen, F. N. K., & Sommer, I. E. C. (2020). Language disturbances in schizophrenia: the relation with antipsychotic medication. *NPJ schizophrenia*, *6*(1), 1-9.

\* **Voppel, A. E.**, de Boer, J. N., Brederoo, S. G., Schnack, H. G., & Sommer, I. E. C. (2021). Quantified language connectedness in schizophrenia-spectrum disorders. *Psychiatry Research*, *304*, 114130.

Kikkert, M. J., Veling, W., de Haan, L., Begemann, M. J., de Koning, M., **HAMLETT and OPHELIA Consortium**, ... & Sommer, I. E. (2021). Medication strategies in first episode psychosis patients: A survey among psychiatrists. *Early intervention in psychiatry*.

Oomen, P. P., Begemann, M. J., Brand, B. A., de Haan, L., Veling, W., Koops, S.,.... **Voppel, A. E.**, ... & Sommer, I. E. (2021). Longitudinal clinical and functional outcome in distinct cognitive subgroups of first-episode psychosis: a cluster analysis. *Psychological medicine*, 1-11.

Brederoo, S. G., Nadema, F. G., Goedhart, F. G., **Voppel, A. E.**, De Boer, J. N., Wouts, J., ... & Sommer, I. E. C. (2021). Implementation of automatic speech analysis for early detection of psychiatric symptoms: What do patients want?. *Journal of psychiatric research*, 142, 299-301.

\* de Boer, J. N., **Voppel, A. E.**, Brederoo, S. G., Schnack, H. G., Truong, K. P., Wijnen, F. N. K., & Sommer, I. E. C. (2021). Acoustic speech markers for schizophrenia-spectrum disorders: a diagnostic and symptom-recognition tool. *Psychological medicine*, 1-11.

## Planned publications

\* **Voppel, A. E.**, de Boer, J. N., Brederoo, S. G., Schnack, H. G., & Sommer, I. E. C. Semantic and phonetic markers in schizophrenia-spectrum disorders; a combinatory machine learning approach. *Submitted*.

Oomen, P. P., de Boer, J. N., Brederoo, S. G., **Voppel, A. E.**, Brand, B. A., Wijnen, F. N. K. & Sommer, I. E. C. Characterizing Speech Heterogeneity in Schizophrenia-spectrum disorders. *Journal of abnormal psychology*. *Accepted, in press*.

Koops, S., Brederoo, S.G., de Boer, J.N., Nadema F.G., **Voppel, A.E.**, & Sommer I.E.C. **Speech as a biomarker for depression**. *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets*. *Accepted, in press*.



## Curriculum vitae

Alban Elias Voppel was born on the 2nd of April 1988 in De Bilt, Netherlands and moved to Diepenheim when he was 3 months old. He graduated from gymnasium at Staring College, Lochem, in 2006. He subsequently enrolled in Utrecht University in the bachelor program Liberal Arts and Sciences. During this program, Alban took courses in various subjects and majored in philosophy, with subjects such as philosophy of mind, cognitive science and philosophy of science. After graduation, he enrolled in the master Wijsbegeerte (philosophy) in Utrecht, again with a focus on philosophy of science and of mind. He continued his education with a research master Brain and Cognitive Sciences at the University of Amsterdam in 2016. During this research master, he completed two internships investigating the human visual cortex and scene recognition using functional magnetic resonance imaging (VU Amsterdam) and modular functional brain connectivity in various groups of people with and without hallucinations (UMC Utrecht).

After obtaining his masters degrees, he started his PhD research under the supervision of Prof. Dr. Iris Sommer in 2018, in the department of psychiatry of the UMC Utrecht and the department of neuroscience of the UMC Groningen, with Dr. Hugo Schnack as a co-supervisor. The academic research done during this PhD period is presented in this dissertation. During this period, Alban was also part of the study team of the HAMLETT trial, investigating (dis)continuation of antipsychotic medication in first-episode psychosis.

Alban currently works as postdoctoral researcher on the Praat project in the UMC Groningen. He hopes to continue his career as a researcher investigating computational linguistics in various psychiatric disorders. He enjoys reading, following current events in space exploration, computer games, making cocktails and running.