

# **Scholieren met dyslexie van de derde graad middelbaar onderwijs ondersteunen bij het intensief lezen van wetenschappelijke artikelen via geautomatiseerde en gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging.**

**De ontwikkeling van een LLM-gedreven prototype voor geautomatiseerde en gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging.**

---

**Dylan Cluyse.**

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van  
Professionele bachelor in de toegepaste informatica

**Promotor:** Mevr. L. De Mol

**Co-promotor:** J. Decorte; J. Van Damme;

**Academiejaar:** 2022–2023

**Eerste examenperiode**

**Departement IT en Digitale Innovatie .**





## Woord vooraf

Deze scriptie en het bijhorende onderzoek zou niet tot stand zijn gekomen zonder de waardevolle bijdragen van diverse individuen die mij hebben ondersteund en gestimuleerd tijdens mijn onderzoek. Ik wil graag mijn oprechte dank betuigen aan deze personen.

Ten eerste, wil ik mijn promotor Lena De Mol bedanken voor haar uitmuntende begeleiding tijdens het onderzoek. Haar affiniteit voor technologie, taal en onderwijs heeft een perfecte match gevormd met het onderzoeksgebied van deze scriptie. Daarnaast wil ik graag Johan Decorte en Jana Van Damme bedanken voor hun deskundige inbreng op de vakgebieden machinaal leren en logopedie. Elke wekelijkse sessie met Johan bracht nieuwe inzichten in hoe ik het technologische component van mijn onderzoek kon aanpakken. Dit heeft mijn ambitie alleen maar vergroot. Ook wil ik Jana bedanken voor haar begeleiding en *follow-up* op het gebied van logopedie. Haar expertise heeft mijn horizon verbreed binnen dit vakgebied. Ik wil ook graag Emmanuel Vercruyse en Johannes Nijs van Hogeschool Vives en Sofie Smet en Sophie Vyncke van Arteveldehogeschool bedanken voor hun bijdragen aan de referentieteksten voor het experiment. Alle lectoren hebben mij met veel plezier geholpen, ondanks hun drukke agenda's om deze moeilijke taken op zich te nemen. Tot slot, wil ik mijn goede vriendin Lobke bedanken voor haar constante steun en aanmoediging tijdens het hele onderzoeksproces, alsook mijn grootste steunpunt die ik tijdens het schrijven van deze scriptie heb kunnen vinden.

Ik wil graag benadrukken dat deze personen van onschatbare waarde zijn geweest voor het succes van mijn onderzoek en mijn eindresultaat. Hun inzet en toewijding hebben ertoe bijgedragen dat ik deze scriptie met trots kan presenteren.

# Samenvatting

Ingewikkelde woordenschat en zinsbouw hinderen scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs bij het lezen van wetenschappelijke artikelen. Gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging helpt deze scholieren bij hun leesbegrip. Daarnaast kan artificiële intelligentie (AI) dit proces automatiseren om de werkdruk bij leraren en scholieren te verminderen. Dit onderzoek achterhaalt met welke technologische en logopedische aspecten AI-ontwikkelaars rekening moeten houden bij de ontwikkeling van een AI-toepassing voor geautomatiseerde en gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging. Hiervoor is de volgende onderzoeksraag opgesteld: "Hoe kan een wetenschappelijk artikel automatisch worden vereenvoudigd, gericht op de unieke noden van scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs?". Een requirementsanalyse achterhaalt de benodigde functionaliteiten om gepersonaliseerde en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging mogelijk te maken. Vervolgens wijst de vergelijkende studie uit welk taalmodel kan worden ingezet om de taak van gepersonaliseerde en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging mogelijk te maken. De requirementsanalyse wijst uit dat toepassingen om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen, gemaakt zijn voor een centrale doelgroep en geen rekening houden met de unieke noden van een scholier met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs. Adaptieve software voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging is mogelijk, maar ontwikkelaars moeten meer inzetten op de unieke noden van deze scholieren.

# Inhoudsopgave

<b>Lijst van figuren</b>	<b>vii</b>
<b>Lijst van tabellen</b>	<b>ix</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Probleemstelling .....	2
1.2 Onderzoeksvraag .....	3
1.3 Onderzoeksdoelstelling .....	5
1.4 Opzet van deze bachelorproef .....	5
<b>2 Stand van zaken</b>	<b>6</b>
2.1 Inleiding .....	6
2.2 Specifieke noden en richtpunten .....	6
2.2.1 Specifieke noden van scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.....	7
2.2.2 Specifieke kenmerken van wetenschappelijke artikelen .....	8
2.3 Aanpakken voor tekstvereenvoudiging.....	12
2.3.1 Manuele tekstvereenvoudiging .....	12
2.3.2 Bevoordelende effecten van MTS bij scholieren met dyslexie ..	13
2.3.3 Aanpak voor ATS.....	15
2.4 De verschillende soorten ATS .....	17
2.5 Beschikbare tools en taalmodellen .....	22
2.6 De valkuilen bij AI en NLP. ....	32
2.7 Conclusie .....	34
<b>3 Methodologie</b>	<b>36</b>
3.1 Requirementsanalyse .....	36
3.2 Vergelijkende studie .....	43
3.3 Prototype voor tekstvereenvoudiging.....	48
3.3.1 Ontwikkeling en personaliseerbaarheid van de webpagina's ontwikkelen.....	50
3.3.2 Lerarencomponent .....	52
3.3.3 Scholierencomponent .....	56
3.3.4 Lokale opzet .....	57

<b>4 Resultaten</b>	<b>58</b>
4.1 Requirementsanalyse . . . . .	58
4.2 Vergelijkende studie . . . . .	59
4.3 Opbouw van het prototype . . . . .	60
<b>5 Conclusie</b>	<b>62</b>
<b>6 Discussie</b>	<b>64</b>
<b>A Onderzoeksvoorstel</b>	<b>67</b>
A.1 Introductie . . . . .	67
A.2 State-of-the-art . . . . .	69
A.2.1 Tekstvereenvoudiging . . . . .	69
A.2.2 Noden van scholieren met dyslexie . . . . .	69
A.2.3 Huidige toepassingen . . . . .	71
A.2.4 Ontwikkelen met AI . . . . .	71
A.3 Methodologie . . . . .	72
A.4 Verwacht resultaat, conclusie . . . . .	74
<b>B Algemene richtlijnen voor de referentieteksten</b>	<b>75</b>
B.0.1 Lexicale vereenvoudiging . . . . .	77
B.0.2 Syntactische vereenvoudiging . . . . .	77
B.0.3 Samenvatten . . . . .	77
B.1 Specifieke richtlijnen voor A1 . . . . .	78
B.2 Specifieke richtlijnen voor A2 . . . . .	79
<b>C Requirementsanalyse: schermafbeeldingen van uitgevoerde experimenten</b>	<b>81</b>
<b>D Code voor tekstanalyse</b>	<b>84</b>
<b>E Ontwikkeling van prototype: stappenplan</b>	<b>91</b>
<b>F Code voor het prototype</b>	<b>96</b>
<b>G Figuren Vergelijkende Studie</b>	<b>117</b>
<b>H Schermafbeeldingen van het prototype</b>	<b>125</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>131</b>

# Lijst van figuren

1.1 Het leesplezier bij 15-jarigen volgens de PISA-test (De Meyer e.a., 2019).	2
2.1 De toename van vereiste leesgraad volgens FRE (links) en NDC (rechts). Bron: (Plavén-Sigray e.a., 2017)	11
2.2 Afbeelding van Rello, Baeza-Yates, Dempere-Marco e.a. (2013)	13
2.3 Voorbeeld van PoS-labeling (Bilici, 2021).	16
2.4 Afbeelding van Althunayyan en Azmi (2021)	18
2.5 Afbeelding van Gooding 2022	26
2.6 Afbeelding van Gooding 2022	26
2.7 Afbeelding van Gooding 2022.	27
2.8 Experiment uit Binz en Schulz (2023) dat de mean-regret van de vier GPT-3 engines uittest.	29
2.9 Afbeelding uit McFarland (2023)	30
2.10 Afbeelding van Simon (2021)	31
3.1 Het benodigde stappenplan bij de requirementanalyse.	37
3.2 Het gevolgde stappenplan voor de vergelijkende studie.	45
3.3 Algemeen overzicht van de ontwikkeling van het prototype voor ATS van wetenschappelijke artikelen.	48
A.1 (Readable, 2021)	73
C.1 Informatie opvragen van een wetenschappelijk artikel met SciSpace	81
C.2 Tekstvereenvoudiging via de link van een wetenschappelijk artikel met Bing Chat	82
C.3 Illustratie van de tekstanalyse bij Simplish na een tekstvereenvoudiging.	82
C.4 Illustratie van de tekstanalyse bij Rewordify.	83
E.1 Stappenplan voor de ontwikkeling van het component voor lectoren.	91
E.2 Stappenplan voor de ontwikkeling van het component voor scholieren.	94
G.1 Overzicht van het minimum, maximum en gemiddeld aantal woorden per zin per model in A1.	118
G.2 Overzicht van het minimum, maximum en gemiddeld aantal woorden per zin per model in A2.	118
G.3 Boxplot van de FRE-scores voor A1.	119
G.4 Boxplot van de FRE-scores voor A2.	119

G.5 Boxplot van de FOG-scores voor A1. . . . .	120
G.6 Boxplot van de FOG-scores voor A2. . . . .	120
G.7 Gemiddeld aantal complexe woorden per zin gegroepeerd op model voor A1. . . . .	121
G.8 Gemiddeld aantal complexe woorden per zin gegroepeerd op model voor A2. . . . .	121
G.9 Gemiddeld aantal lange woorden per zin gegroepeerd op model voor A1. . . . .	122
G.10 Gemiddeld aantal lange woorden per zin gegroepeerd op model voor A2. . . . .	122
G.11 Gemiddeld aantal hulpwerkwoorden per zin gegroepeerd op model voor A1. . . . .	123
G.12 Gemiddeld aantal hulpwerkwoorden per zin gegroepeerd op model voor A2. . . . .	123
G.13 Gemiddeld aantal vervoegingen van het werkwoord 'zijn' per zin gegroepeerd op model voor A1. . . . .	124
G.14 Gemiddeld aantal vervoegingen van het werkwoord 'zijn' per zin gegroepeerd op model voor A2. . . . .	124
H.1 Een mogelijke weergaven van de homepagina. . . . .	125
H.3 Een mogelijke weergave van het lerarencomponent met het wetenschappelijk artikel van Van Brakel (2022) als input. . . . .	126
H.2 Voorbeeldweergave van de instellingenpagina. . . . .	126
H.4 Een voorbeeldweergave van het scholierencomponent. . . . .	127
H.5 Een voorbeeldweergave van de toepassing van PoS-tagging bij het scholierencomponent. . . . .	127
H.6 Stap 1 van een gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging in het scholierencomponent. . . . .	128
H.7 Stap 3 van een gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging in het scholierencomponent. . . . .	128
H.8 Stap 1 bij het stellen van een specifieke vraag bij gemarkeerde tekst. . . . .	129
H.9 Stap 2 bij het stellen van een specifieke vraag bij gemarkeerde tekst. . . . .	129

# Lijst van tabellen

2.1	Specifieke drempels bij het intensief lezen van een tekst. . . . .	7
2.2	Oplossingen die software-ontwikkelaars kunnen aanreiken bij een toe-passing of website. Bron: (2023) . . . . .	8
2.3	Complexe leesfactoren van een wetenschappelijk artikel. . . . .	9
2.4	Prevalente leesgraadsscores. . . . .	10
2.5	Drie algemene technieken voor MTS . . . . .	12
2.6	Bewezen voordelen van MTS op mensen met dyslexie. . . . .	15
2.7	Beschikbare Nederlandstalige, Engelstalige en meertalige lexicale da-tabanken anno mei 2023. . . . .	18
2.8	De drie manieren om extraherende samenvatting mogelijk te maken volgens Verma en Verma (2020). . . . .	20
2.9	Overzicht van gekende voorleessoftware, tekstvereenvoudigings- en samenvattingstools die intuïtief zijn ontwikkeld voor de eindgebruiker (leerkracht of scholier). . . . .	24
2.10	HuggingFace beschikbare en ge-finetuned taalmodellen . . . . .	25
2.11	Tabel met alle GPT-3 parameters. . . . .	28
2.12	Samenvattend schema met vaak voorkomende struikelblokken bij NLP-toepassingen. . . . .	34
3.1	Shortlist van uit te testen tools en toepassingen voor tekstvereenvou-ding. . . . .	37
3.2	Richtlijnen waarop toepassingen worden afgetoetst in de requirements-analyse. . . . .	39
3.3	Bronvermeldingen voor de twee wetenschappelijke artikelen. . . . .	40
3.4	De toegepaste GPT-3-prompts in de requirementsanalyse. . . . .	41
3.5	Afgetoetste criteria volgens de experimenten. . . . .	42
3.6	Het Moscow-schema, opgebouwd door middel van de requirements-analyse. . . . .	43
3.7	Gebruikte taalmodellen in de vergelijkende studie . . . . .	44
3.8	Gebruikte SpaCy word-embeddings . . . . .	46
3.9	Meegegeven parameters bij HuggingFace-requests . . . . .	46
3.10	De GPT-3-prompts die in de vergelijkende studie aan bod komen. . . . .	46
3.11	De objectieve metrieken voor de vergelijking van de vereenvoudigde teksten met de oorspronkelijke tekst en de referentieteksten. . . . .	47

3.12 De subjectieve metrieken voor de vergelijking van de vereenvoudigde teksten door ATS met de referentieteksten. . . . .	48
3.13 Gebruikte programmeertalen in het prototype voor tekstvereenvouding. . . . .	49
3.14 Gebruikte Python-libraries en hun respectievelijke functie in het prototype. . . . .	50
3.15 Alle beschikbare functionaliteiten in . . . . .	53
3.16 Gebruikte parameters om de definitie van een woord te genereren met GPT-3. . . . .	54
3.17 Benodigde labels voor een gepersonaliseerd document met Pandoc. .	55
3.18 De gebruikte functies in de Creator-klasse. . . . .	56
E.1 Taken van de webontwikkelaar bij het uitwerken van het lerarencomponent. . . . .	92
E.2 Taken van de NLP Engineer bij het uitwerken van het lerarencomponent. . . . .	92
E.4 Taken van de system engineer bij het uitwerken van het lerarencomponent. . . . .	93
E.3 Taken van data engineer bij het uitwerken van het lerarencomponent. .	93
E.5 Taken van NLP engineer bij het uitwerken van het scholierencomponent. . . . .	94
E.6 Taken van data engineer bij het uitwerken van het scholierencomponent. . . . .	95
G.1 Aantal zinnen (gemeten met Spacy sentence embeddings) per tekst. .	117

# List of Listings

D.1	Script voor fase 1 van de vergelijkende studie. . . . .	84
D.2	Script voor de tweede fase van de vergelijkende studie. . . . .	85
D.3	Script voor de derde fase van de vergelijkende studie . . . . .	86
D.4	Script voor fase 4 van de vergelijkende studie . . . . .	89
F.1	Koppeling tussen front-end en back-end voor het inlezen van een wetenschappelijk artikel . . . . .	96
F.2	Een PDF inlezen met PDFMiner . . . . .	98
F.3	Een PDF inlezen met OCR . . . . .	98
F.4	Het formatteren van de tekst naar een formaat voor de website. . . . .	99
F.5	HuggingFace-klasse . . . . .	100
F.6	De gebruikte Python-klasse voor gepersonaliseerde ATS . . . . .	101
F.7	Writer-klasse omvattende de code om dynamische PDF- en Word-documenten te genereren. . . . .	104
F.8	De toegepaste scripts voor het verwijderen van adjektieven en togglen van type woorden. . . . .	106
F.9	De toegepaste scripts voor enkel het scholierencomponent. . . . .	108
F.10	De toegepaste scripts voor enkel het lerarencomponent. . . . .	113
F.11	Dockerfile voor het prototype. . . . .	115
F.12	Script voor het opstarten van de Docker-container voor Windows-gebruikers	115
F.13	Script voor het opstarten van de Docker-container voor Unix-gebruikers	116

# 1

## Inleiding

Iedereen wordt dagelijks geconfronteerd met lezen. Deze vaardigheid strekt zich uit tot elk aspect van ons dagelijks leven. Dit geldt des te meer in het onderwijs, waar leraren worden aangemoedigt om diverse leesmaterialen te gebruiken om lesinhouden op een authentieke manier over te brengen. Wetenschappelijke artikelen kunnen ingezet worden als leesvoer voor scholieren in de derde graad van het middelbaar onderwijs, maar de leesgraad van deze artikelen brengt een nieuwe uitdaging voor zowel scholieren als leerkrachten met zich mee.

Zo stampte het Amerikaanse onderwijs C.R.E.A.T.E.<sup>1</sup> uit de grond. Dit initiatief zet scholieren tussen 12 en 18 jaar aan om wetenschappelijke artikelen te lezen in plaats van enkel boeken. Ze begrijpen hoe wetenschappers experimenten uitvoeren, plannen en resultaten analyseren en interpreteren. Vlaamse gelijkaardige initiatieven bestaan niet, maar Vlaamse lerarenopleidingen benadrukken het gebruik van divers didactisch leesmateriaal in de klas. Volgens het M-decreet en de leerplannen van het katholiek<sup>2</sup> en het gemeenschapsonderwijs<sup>3</sup> worden Vlaamse leerkrachten geadviseerd om hun lessen op een toegankelijke manier aanbieden, zodat alle scholieren ongeacht leesachterstand worden meegenomen in het verhaal.

Vlaanderen is met een jaarlijks budget van 32 miljoen een pionier in Europa op het gebied van artificiële intelligentie (AI) op de werkvloer (Crevits, 2022). Zo stampte de Vlaamse overheid verschillende AI-projecten uit de grond, om Vlaamse AI ontwikkelingen te ondersteunen en om AI-softwarebedrijven te inspireren. Het amai!-project<sup>4</sup> brengt AI softwarebedrijven uit diverse domeinen samen, waaronder het

<sup>1</sup><https://teachcreate.org/>

<sup>2</sup><https://pro.katholiekeonderwijs.vlaanderen/basisoptie-stem/ondersteunend-materiaal>

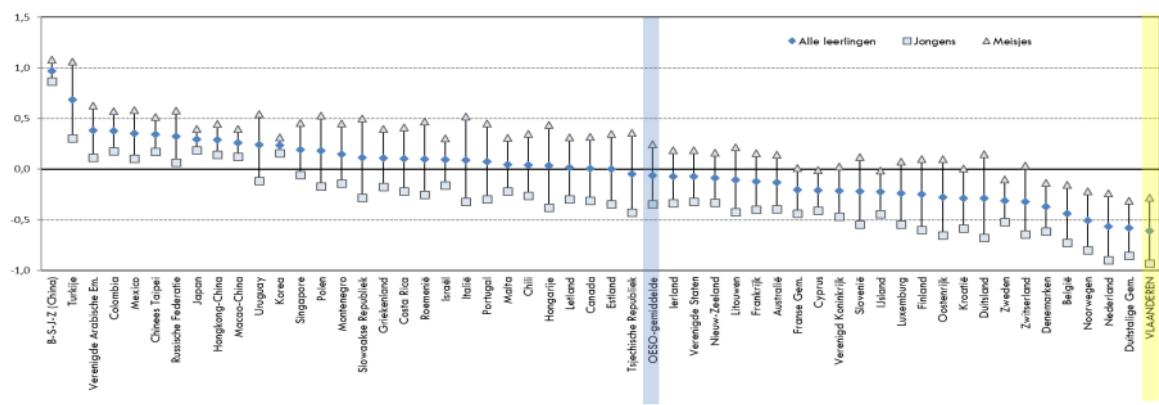
<sup>3</sup><https://g-o.be/stem/>

<sup>4</sup><https://amai.vlaanderen/>

onderwijs. Zij doelen op een automatisering van processen om de werkdruk bij leerkrachten te verminderen, door middel van real-time ondertiteling in de klas en een taalassistent voor leerkrachten in meertalige klasgroepen.

## 1.1. Probleemstelling

In 79 geïndustrialiseerde landen wordt de driejaarlijkse PISA-test afgenoem om de leesvaardigheid en wetenschappelijke geletterdheid van 15-jarige scholieren te meten. Uit de PISA-test van 2018 blijkt dat deze doelgroep in Vlaanderen zich echter negatief uit over leesplezier en daarmee de slechtst scorende doelgroep is van alle bevraagde landen. Zoals aangegeven in Figuur 1.1 beschouwt bijna de helft van de bevraagden intensief lezen als tijdverspilling en slechts 17% beschouwt lezen als een hobby. Dit is een dalende trend, want voordien lag deze trend hoger dan 20%. Boeiende topics uit vakliteratuur zoals Humo, Trends of EOS magazines kunnen belemmerd worden door deze vorm van media bij deze doelgroep.



**Figuur (1.1)**

Het leesplezier bij 15-jarigen volgens de PISA-test (De Meyer e.a., 2019).

Intensief leesbegrip valt niet te omzeilen in onze huidige samenleving, maar dit leesbegrip verschilt sterk in het middelbaar onderwijs. Zo benadrukt de inspectie van 2020 dat intensief lezen een essentiële vaardigheid is en een direct effect kan hebben op vakken buiten Nederlands, zoals bij het lezen van vraagstukken bij wiskundige vakken, of het begrijpen van vakjargon bij STEM-vakken.

Een doelgroep die extra met intensief leesbegrip geconfronteerd wordt, zijn scholieren met dyslexie. Onderzoeken van Bonte (2020) en van der Meer (2022) schatten dat ongeveer 15% van de Vlaamse scholieren in het middelbaar onderwijs een vorm van dyslexie heeft. Zo kunnen scholieren met dyslexie bij het intensief lezen geconfronteerd worden met een moeizame en stroeve automatisering bij het lezen en spellen. Hoewel scholieren met dyslexie ondersteuning kunnen krijgen,

mag de impact van leesstoornissen niet onderschat worden. De gevolgen hiervan kunnen zich namelijk doorzetten na het middelbaar onderwijs (Lissens e.a., 2020). Leesvaardigheid blijft daarmee cruciaal voor succes op school en in het werkveld. Scholieren met dyslexie kunnen problemen hebben met spelling, wat kan leiden tot onzekerheid en stress. Daarnaast zijn vooroordelen nog steeds een probleem en kunnen ze leiden tot stigmatisering. Echter toont onderzoek aan dat scholieren met dyslexie doorzettingsvermogen hebben en goede probleemoplossers zijn (Bonte, 2020; Ghesquière, 2018; Lissens e.a., 2020).

Het leerplan voor STEM-vakken stimuleert het gebruik van wetenschappelijke artikelen, maar houdt niet altijd rekening met de bijhorende complexe leesgraad. De ingewikkelde woordenschat en syntax in wetenschappelijke artikelen kunnen een hindernis vormen voor de begrijpelijkheid van een tekst, waardoor scholieren met dyslexie de kerninhoud moeilijk kunnen doorgronden. Het handmatig vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen kan planning, tijd en energie van leerkrachten in de derde graad middelbaar onderwijs opslorpen. Het Vlaamse middelbaar onderwijs staat onder druk en docenten hebben moeite om met deze werkdruk boven water te blijven.

Nu is AI technologisch voldoende hoogstaand om tekstvereenvoudiging te automatiseren en om een baanbrekende oplossing aan te bieden aan het middelbaar onderwijs. Soortgelijke technologieën worden echter amper toegepast in het onderwijs. Er is terughoudendheid door enerzijds ouders van leerlingen (Martens e.a., 2021b), anderzijds door de weinige ontwikkelingen in schoolgerelateerde AI-software. Dit terwijl AI-ondersteuning in het onderwijs wel degelijk een positief effect heeft (Belpaeme e.a., 2018; Kraft, 2020).

Recente technologieën bieden reeds mogelijkheden tot tekstvereenvoudiging aan, maar zijn voorlopig enkel in commandline of met scripts ter beschikking. Voor het gebruik van taalmodellen of API's is uitgebreide informaticakennis nodig, waarover de meeste scholieren en leraren niet beschikken. Anderzijds zijn de huidige online tools te beperkt en eerder gericht op samenvatten; wat niet noodzakelijk bijdraagt tot een eenvoudigere tekst. Er is nood aan een intuïtieve en gebruikersvriendelijke toepassing die taalmodellen of API's kan integreren en aanpassen naargelang de specifieke behoeften van een student met dyslexie. Zo kan dit enerzijds ook de werkdruk bij leerkrachten verminderen, anderzijds scholieren in de derde graad ondersteunen bij het lezen van complexe wetenschappelijke artikelen.

## **1.2. Onderzoeksvraag**

Dit onderzoek beschrijft het gebruik van artificiële intelligentie in de vorm van tekstvereenvoudiging, als advies voor implementatie in het onderwijs. Specifiek om

scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs te ondersteunen bij het intensief lezen van wetenschappelijke artikelen. Hiervoor is de volgende onderzoeksraag opgesteld:

- Hoe kan een wetenschappelijke artikel automatisch vereenvoudigd worden, gericht op de unieke noden van scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs?

Om deze onderzoeksraag te kunnen beantwoorden, moet een antwoord gezocht worden op de volgende deelvragen:

1. Welke specifieke noden hebben scholieren met dyslexie van de derde graad middelbaar onderwijs bij het begrijpen van complexere teksten? Aanvullend hierop:
  - Wat zijn de specifieke kenmerken van wetenschappelijke artikelen?
2. Welke aanpakken zijn er voor tekstvereenvoudiging?
  - Hoe worden teksten handmatig vereenvoudigd voor scholieren met dyslexie?
  - Welke toepassingen, tools en modellen zijn er beschikbaar om Nederlandse geautomatiseerde tekstvereenvoudiging met AI mogelijk te maken?
  - Hoe kunnen geautomatiseerde tekstvereenvoudiging en gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging gecombineerd worden?
3. Welke functies ontbreken AI-toepassingen om geautomatiseerde tekstvereenvoudiging mogelijk te maken voor scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs?
  - Welke manuele methoden voor tekstvereenvoudiging ontbreken in deze tools?
4. Met welke valkuilen bij taalverwerking met AI moeten ontwikkelaars rekening houden?
5. Welk taalmodel of LLM is geschikt voor de ATS van wetenschappelijke artikelen voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs, met dezelfde of gelijkaardige kwaliteiten als gepersonaliseerde MTS?
6. Hoe kan een intuïtieve lokale webtoepassing worden ontwikkeld die zowel scholieren met dyslexie als leerkrachten helpt bij het vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen met behoud van semantiek, jargon en zinsstructuren?

### **1.3. Onderzoeksdoelstelling**

Het onderzoek heeft als doel om de technologische en logopedische aspecten te identificeren die AI-ontwikkelaars in overweging moeten nemen bij het creëren van een op maat gemaakte AI-toepassing voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging, specifiek ontwikkeld voor scholieren in de derde graad. Het resultaat van dit onderzoek is een prototype voor een AI-toepassing voor tekstvereenvoudiging in de vorm van een webtool. De webtool heeft twee functies. Enerzijds kan de tool de inhoud van wetenschappelijke artikelen vereenvoudigen op basis van de specifieke behoeften van scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs. Anderzijds biedt de tool een geautomatiseerde benadering voor lectoren om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen op basis van geselecteerde parameters en deze vervolgens in een bruikbaar formaat (pdf of word) terug te geven. De invoer bij dit prototype is een wetenschappelijk artikel in tekst- of PDF-formaat.

### **1.4. Opzet van deze bachelorproef**

De rest van deze bachelorproef is als volgt opgebouwd:

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken binnen het onderzoeks domein, op basis van een literatuurstudie.

In Hoofdstuk 3 wordt de methodologie toegelicht en worden de gebruikte onderzoekstechnieken besproken om een antwoord te kunnen formuleren op de onderzoeks vragen. Eerst wordt er een requirementsanalyse uitgevoerd, gevolgd door de ontwikkeling van een prototype voor tekstvereenvoudiging. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten gegeven op dit onderzoek.

In Hoofdstuk 5, tenslotte, wordt de conclusie gegeven en een antwoord geformuleerd op de onderzoeks vragen. Ten slotte geeft Hoofdstuk 6 verdere aanbevelingen en aanzet voor toekomstig onderzoek binnen de bestudeerde domeinen.

# 2

## Stand van zaken

### 2.1. Inleiding

Het onderzoek start met een uitgebreide literatuurstudie over de benodige kennis binnen het logopedisch, taal- en informatica vakdomein om geautomatiseerde en gepersonaliseerde vereenvoudigde teksten te verkrijgen van wetenschappelijke artikelen. Om een toepassing voor gepersonaliseerde en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging van wetenschappelijke artikelen op maat van deze doelgroep aan te reiken, is het van cruciaal belang om de noden van scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs te benoemen. Het onderzoek benoemt bewezen noden met behulp van een literatuurstudie. Daarnaast moeten de problemen bij huidige wetenschappelijke artikelen ook aangekaart worden. Wetenschappelijke artikelen vereenvoudigen op maat voor scholieren met dyslexie kan volgens taalexpertens op verschillende manieren. Het is belangrijk om stil te staan bij de bestaande en reeds bewezen handmatige tekstvereenvoudigingstechnieken. Vervolgens komen technieken voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging (ATV) aan bod. Om een beter begrip te hebben op deze technieken, wordt de nodige informatie van taalverwerking met AI gegeven, alsook huidige AI- technologieën die tekstvereenvoudiging kunnen realiseren. Ten slotte zijn AI- technologieën hoogstaand en worden alsmaar robuuster, maar het is cruciaal om bij dit onderzoek aandacht te besteden aan de mogelijke problemen die AI- ontwikkelaars moeten vermijden of waarvan zij zichzelf attent op moeten maken.

### 2.2. Specifieke noden en richtpunten

Om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen op maat van de unieke noden van scholieren met dyslexie moet het onderzoek stilstaan bij de specifieke noden van scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs, alsook bij de moeilijkheden bij het intensief lezen van wetenschappelijke artikelen.

Deze sectie bespreekt eerst algemeen hoe scholieren met dyslexie bij het intensief lezen kunnen worden geholpen. Daarna worden de belemmeringen en moeilijkheden van wetenschappelijke artikelen aangekaart. Deze sectie beantwoordt de volgende twee onderzoeks vragen:

- Welke specifieke noden hebben scholieren met dyslexie van de derde graad middelbaar onderwijs bij het begrijpen van complexere teksten?
- Wat zijn de specifieke kenmerken van wetenschappelijke artikelen?

### **2.2.1. Specifieke noden van scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.**

Leesvaardigheid is geen aangeboren vaardigheid, maar iets dat mensen zelf moeten aanleren (Bonte, 2020; van der Meer, 2022). Hoewel dit proces vlot kan verlopen, kunnen mensen met dyslexie benadeeld worden tijdens dit proces. Dyslexie wordt gekenmerkt door beperkt lezen en kan het voorlezen traag, radend en letter-voor-letter maken. Mensen met dyslexie kunnen tijdens het intensief lezen verschillende drempels ervaren; die worden in tabel 2.1 opgesomd.

Kenmerk	Bron
Trage woordbenoeming	(Bonte, 2020)
Problemen bij het leesbegrip	(Bonte, 2020; Gala & Ziegler, 2016)
Hardnekkig letter-voor-letter lezen	(Bonte, 2020; Zhang e.a., 2021)
Problemen met woordherkenning en -herinnering	(Bonte, 2020)
Moeite bij homofonische of pseudo-homofonische woordenschat	(Zhang e.a., 2021)
Moeite bij onregelmatige lettergreepcombinaties	Gala en Ziegler (2016)

**Tabel 2.1:** Specifieke drempels bij het intensief lezen van een tekst.

De digitalisering evolueerde de voorbije twintig jaar in stijgende lijn en scholieren in de tweede en derde graad zijn, door het gebruik van smartphones en laptops, hier het meeste vatbaar bij zowel thuisgebruik als gebruik in het onderwijs. Daarom speelt de digitale weergave van een webtoepassing een belangrijke rol volgens 2023. Verder omschrijft dit artikel een checklist van technische elementen waaraan een webpagina of toepassing moet voldoen om een leesbare ervaring te voorzien voor scholieren met dyslexie. Deze noden worden weergegeven in tabel 2.2 en zijn gebaseerd op onderzoeken van 2023 en Santana e.a. (2012).

Zachtgele, -groene of -bruine achtergrondkleur	Consistente lay-out
Woord- en karakterspatiëring	Waarschuwingen geven omtrent formulieren, sessies (login)
Consistente lay-out	Duidelijk zichtbare koppen- of heading-structuur
Duidelijke symbolen gebruiken	Inhoud visueel groeperen
Huidige positie benadrukken	

**Tabel 2.2:** Oplossingen die software-ontwikkelaars kunnen aanreiken bij een toepassing of website.  
Bron: [\(2023\)](#).

### 2.2.2. Specifieke kenmerken van wetenschappelijke artikelen

Wetenschappelijke artikelen zijn van cruciaal belang voor het verspreiden van nieuwe kennis en onderzoeksresultaten, maar toch blijven ze voor velen een mysterieus en ontoegankelijk gebied vanwege de complexiteit van de inhoud en het technische jargon dat onmisbaar lijkt te zijn (Ball, 2017). Dit kan het begrip van de artikelen bemoeilijken, vooral bij intensief lezen, en vormt daarmee een extra obstakel bij het gebruik van wetenschappelijke artikelen als bron van kennis tijdens de les. Wetenschappelijke artikelen volgen IMRAD, een uniform formaat voor gepubliceerde wetenschappelijke artikelen, dat bestaat uit vijf hoofdstukken: samenvatting, inleiding, methodologie, resultaten en discussie. Hoewel deze artikelen als leermiddel worden gebruikt in het middelbaar en hoger onderwijs, is de inhoud van een hoger niveau en voornamelijk gericht op mensen uit het vakgebied waarvoor het artikel is geschreven. [2021](#) en Pain ([2016](#)) benadrukken de complexiteit van wetenschappelijke artikelen en de volgende aspecten waarom ze moeilijk te interpreteren zijn.

Deze factoren worden opgesomd in [2.3](#). Hoewel wetenschappelijke artikelen over een grote drempel bezitten, betrekken ze jongeren met wetenschappelijk onderzoek, alsook leren ze een discussiebaar en kritische vaardigheid.

Probleem	Oplossing
Veel informatie in een compact formaat of <i>high information density</i>	Extra uitleg schrijven bij compacte zinnen, zoals extra uitleg bij woorden of zinnen herschrijven.
Hoog gebruik van meerlettergrepige woorden	Eenvoudigere synoniemen gebruiken.
Wetenschappelijk jargon	Rekening houden met een doelgroep buiten het vakgebied door eenvoudigere synoniemen te schrijven. Indien deze niet beschikbaar zijn, kan er extra uitleg als alternatief worden gegeven.
Complexe concepten	Paragrafen herschrijven zodat ze eerst uitleg geven op een high-level niveau. Vervolgens lagen van complexiteit toevoegen om de lezer te begeleiden doorheen de methodologie, discussie en conclusie van het wetenschappelijk artikel.
Cijfermateriaal bij resultaten	De interpretatie van percentages of cijfermateriaal schrijven. Zoals 'ongeveer een kwart van de bevolking' in plaats van '24.97% van de bevolking'.

**Tabel 2.3:** Complexe leesfactoren van een wetenschappelijk artikel.

Scholieren met verschillende achtergronden hebben vaak een verschillende achtergrondkennis, wat invloed kan hebben op het tekstbegrip. Bijvoorbeeld, scholieren met een achtergrond in fysica kunnen sneller de draad oppikken bij het lezen van fysica-gerelateerde artikelen dan scholieren met een economische achtergrond. Dit maakt het moeilijk om de leesbaarheid van een tekst objectief te beoordelen, omdat jargon voor de ene groep scholieren als gemakkelijk kan worden beschouwd, terwijl het voor de andere groep juist moeilijk kan zijn. Er is dus een verschil in behoeften tussen de verschillende groepen scholieren.

Er zijn door de jaren heen leesbaarheidsscores ontwikkeld om teksten objectief te kunnen beoordelen, aangezien ontoegankelijke en ingewikkelde zinsstructuren ook experts in het vakgebied kunnen hinderen. Er zijn twee bekende leesbaarheidsscores weergegeven in tabel 2.4. Dankzij Python-libraries, zoals Textstat<sup>1</sup> en Readability<sup>2</sup>, is het herschrijven van de formules niet meer nodig en bieden ze een

<sup>1</sup>textstat

<sup>2</sup><https://pypi.org/project/readability/>

snelle oplossing voor ontwikkelaars om een leesgraadscore te berekenen. Ook online toepassingen, zoals Textinspector<sup>3</sup>, kunnen analytisch inzicht geven in de complexiteit van Engelstalige teksten. Er bestaat momenteel geen alternatief voor Nederlandstalige wetenschappelijke artikelen. Het is wel belangrijk om te benadrukken dat deze leesbaarheidsscores geen rekening houden met de achtergrondkennis van mogelijke lezers.

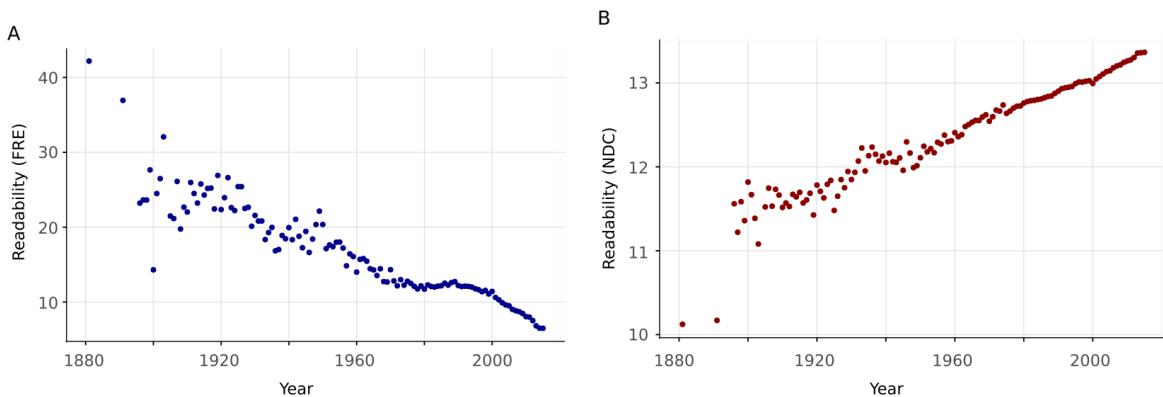
Score	Uitleg
Flesch Reading Ease (FRE)	Deze leesbaarheidsscore wordt berekend op zinbasis. Hoe hoger de score, hoe 'eenvoudiger' de tekst.
Gunning FOG (FOG)	Deze leesbaarheidsscore wordt berekend op tekstbasis.
Complexe woorden volgens <i>Dale-Chall</i>	Dit is een lijst met woorden die volgens Amerikaanse tieners als complex worden geacht.

**Tabel 2.4:** Prevalente leesgraadsscores.

Diverse onderzoeken van de afgelopen tien jaar wijzen uit dat wetenschappelijke teksten steeds complexer worden, wat deze teksten voor niet-experten en niet-doctoraatsstudenten minder toegankelijk maakt vanwege het gebruik van technisch jargon en ingewikkelde zinsstructuren (Ball, 2017; Jones e.a., 2019; Plavén-Sigray e.a., 2017). Deze trend begon volgens onderzoek al in de tweede helft van de twintigste eeuw (Hayes, 1992).

Volgens onderzoek van Plavén-Sigray e.a. (2017) is de taal van wetenschappelijke artikelen de laatste jaren steeds complexer geworden. Uit een vergelijkende studie tussen abstracts en de rest van de inhoud van wetenschappelijke tijdschriften blijkt dat abstracts het meest complexe deel van een artikel vormen. De evolutie van de leesbaarheid wordt weergegeven in figuur 2.1, waarop de FRE en NDC scores getoond worden. Het onderzoek schat dat nu 22% van alle wetenschappelijke artikelen op het niveau van een masterstudent in het Engels geschreven zijn, tegenover 14% in 1960. Deze trend is belangrijk om op te volgen in de komende decennia, omdat het een obstakel kan vormen voor toekomstige generaties.

<sup>3</sup><https://textinspector.com/>

**Figuur (2.1)**

De toename van vereiste leesgraad volgens FRE (links) en NDC (rechts). Bron: (Plavén-Sigray e.a., 2017)

Onbegrijpelijke en ontoegankelijke zinsstructuren hinderen ook vakexperten. Zo toonde onderzoek van McNutt (2014) aan dat begrip van de methodologie en resultaten cruciaal is in het kader van reproduceerbaarheid; enkel zo kunnen wetenschappers op correcte wijze een studie reproduceren en wetenschappelijke inzichten bevestigen of met verdere resultaten verrijken. Experimenten van Hubbard en Dunbar (2017) wijzen namelijk uit dat het net vooral de methodologie en resultaten van een wetenschappelijk artikel zijn die een hoge leesgraad vergen. In deze context is ook het onderzoek van Hartley (1999) en Snow (2010) relevant waarin ze aantonen dat het herschrijven van abstracts de begrijpbaarheid ervan kan verhogen.

Volgens Hollenkamp (2020) en McCombes (2022) moeten vereenvoudigde of samengevatte wetenschappelijke artikelen drie vragen kunnen beantwoorden: waarom werd het onderzoek uitgevoerd, wat zijn de experimenten en wat zijn de conclusies van de onderzoekers? Dit omvat de achtergrondinformatie, hypotheses, methoden, resultaten, implicaties, beperkingen en aanbevelingen. Om de tekst begrijpelijker te maken, kan deze worden omgezet in een ander formaat, zoals post-it notes, tabelvorm of opsommingen (Rijkhoff, 2022).

Wetenschappelijke artikelen zijn voornamelijk in PDF-formaat terug te vinden. Dit formaat valt eenvoudig in te lezen met verschillende Python-pakketten, waaronder PDFMiner of PyPDF. Wel kunnen ontwikkelaars problemen ondervinden bij het inlezen van PDF-bestanden, waarbij niet alle tekst of amper tekst uit de PDF kan worden geëxtraheerd. Als oplossing kunnen ontwikkelaars gebruik maken van *optical character recognition* of OCR. In Python zijn er pakketten die deze technologie eenvoudig kunnen realiseren, namelijk EasyOCR en Tesserat.

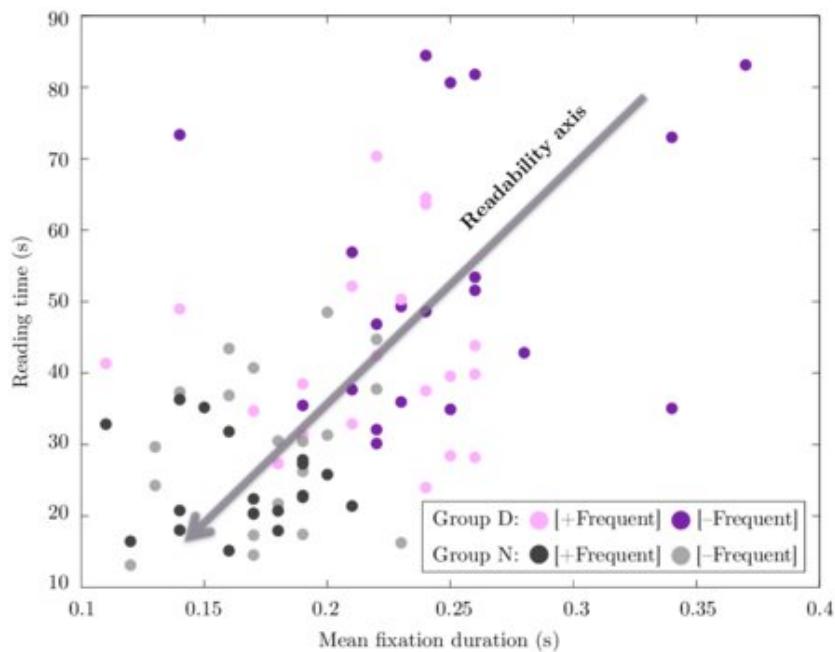
## 2.3. Aanpakken voor tekstvereenvoudiging

### 2.3.1. Manuele tekstvereenvoudiging

Voor sommige lezers kan het intensief lezen van een complexe tekst echter een uitdaging zijn, zoals scholieren met dyslexie. Om deze groep te helpen, wordt vaak *manual text simplification* toegepast (Siddharthan, 2014). *Manual text simplification* of MTS kan worden bereikt door het gebruik van eenvoudige woordenschat, zinsstructuren en structurele aanpassingen. MTS is het proces waarbij het technische leesniveau en het woordgebruik van een geschreven tekst wordt verminderd. Dit leidt tot een betere leeservaring zonder het verlies van de kerninhoud tijdens het lezen van de tekst.

Lexicale vereenvoudiging	Moeilijke woorden vervangen door eenvoudigere synonymen Woorden- en synoniemenlijst maken Dubbelzinnige woorden vervangen Idiomen vervangen Rekening houden met het gekende jargon van de doelgroep
Syntactische vereenvoudiging	Tangconstructies aanpassen Zinnen langer dan negen woorden inkorten Verwijswoorden aanpassen Voorzetseluitdrukkingen aanpassen Samengestelde werkwoorden aanpassen Actieve stem gebruiken Onregelmatige werkwoorden vermijden
Structurele aanpassingen	Marges aanpassen Lettertype en -grootte aanpassen Woord- en karakterspatiëring aanpassen Herschrijven en -structureren als opsomming of tabelvorm

**Tabel 2.5:** Drie algemene technieken voor MTS

**Figuur (2.2)**

Afbeelding van Rello, Baeza-Yates, Dempere-Marco e.a. (2013)

### 2.3.2. Bevoordelende effecten van MTS bij scholieren met dyslexie

Onderzoek toont aan dat vereenvoudigde teksten het leesbegrip en woordherkenning van kinderen met dyslexie significant kunnen verbeteren (Rivero-Contreras e.a., 2021). Bovendien blijkt uit experimenten dat frequent woordgebruik de ontcijfertijd bij mensen met dyslexie significant vermindert, en dat teksten met verminderde lexicaal complexiteit minder leesfouten opleveren voor mensen met dyslexie (Gala & Ziegler, 2016; Rello, Baeza-Yates, Dempere-Marco e.a., 2013). Deze studies benadrukken ook moeilijkheden van kinderen met dyslexie bij het lezen van woorden met onregelmatige lettergreepcombinaties. Mensen zonder dyslexie bereiken doelwaarden onder optimale omstandigheden, zoals aangegeven door de richting van de pijl op figuur 2.2. Het gebruik van veelvoorkomende woorden vermindert de decodeertijd en verbetert het leesbegrip voor mensen met dyslexie.

Hoewel onderzoeken de positieve effecten van lexicaal vereenvoudiging voor lezers met dyslexie onderstrepen, is er relatief weinig onderzoek gedaan naar de effecten van syntactische vereenvoudiging op kinderen en scholieren met dyslexie. In het experiment van Linderholm e.a. (2000) had het aanpassen van causale structuren een significant effect op het leesbegrip en de foutenmarge van de bevraagden met een lage leesgraad. Door coherenteonderbrekingen te herstellen en tekstgebeurtenissen in een tijdsafhankelijke volgorde te plaatsen, konden zowel vaardige als minder vaardige lezers profiteren van de revisies. Verbaal parafraseren had geen significant effect op lezers met dyslexie, volgens Rello, Baeza-Yates en

Saggion (2013). De bevraagden waren tussen de 13 en 37 jaar oud, met een gemiddelde leeftijd van 21 jaar. Het tekstformaat bleef ongewijzigd, maar lettertypes werden aangepast.

Een andere vorm van aanpassingen waarmee geëxperimenteerd werd om de leesbaarheid van teksten voor de doelgroep te verhogen, is het personaliseren van samenvattingen (Nandhini & Balasundaram, 2013). Het experiment in het onderzoek maakt gebruik van onaangepaste zinnen uit de oorspronkelijke tekst die op maat van de lezer zijn gepresenteerd en herstructureert deze volgens de oorspronkelijke tekst. Door de belangrijkste zinnen onaangepast te laten en de structuur aan te passen, wordt de tekst toegankelijker gemaakt voor de lezer. Hoewel de resulterende logische structuur door de onderzoekers in twijfel werd getrokken, was de leesbaarheid van teksten bij de deelnemers significant beter dan bij de oorspronkelijke tekst, zonder negatieve effecten op het leesbegrip.

Tot slot hebben onderzoeken aangetoond dat scholieren met dyslexie gevoeliger zijn voor veranderingen in visuele parameters, zoals lettertype, karakterafstand, tekst- en achtergrondkleur en grijswaarden. Om de leesbaarheid te verbeteren, worden minimalistische ontwerpen met pictogrammen en afbeeldingen aanbevolen, evenals lettergrootte groter dan 14pt en een sans-serif, monospaced of roman lettertype. Volgens Bezem en Lugthart (2016), Rello en Baeza-Yates (2015) en Rello en Bigham (2017) zijn lichtgrijze achtergronden met zwart lettertype op een gele achtergrond, of zachtgele, -groene of lichtblauwe achtergrondkleuren de beste kleurencombinaties. Het gebruik van lettertypen zoals OpenDys heeft geen effect op lezers met of zonder dyslexie, terwijl cursieve lettertypen worden afgeraad, aldus Rello en Baeza-Yates (2013) en Rello en Baeza-Yates (2015).

In tabel 2.6 worden de bewezen strategieën opgesomd met hun samenhangend voordeel.

Techniek	Bewezen voordeel
Frequent woordgebruik	Lagere decodeertijd Beter leesbegrip
Verwerpen van onregelmatige lettergrepen	Verminderde decodeertijd Beter leesbegrip
Causale structuren aanpassen	Beter leesbegrip Minder fouten bij het intensief lezen
Tekstgebeurtenissen in een tijdsafhankelijke volgorde plaatsen	Beter leesbegrip bij het reviseren
Coherentieonderbrekingen herstellen	Beter leesbegrip bij het reviseren
Gepersonaliseerde samenvatting	Betere leesbaarheid
Zachtkleurige achtergrond	Betere leesbaarheid
Niet-cursieve, sans-serif lettertypen	Betere leesbaarheid
Lettertype groter dan 14pt	Betere leesbaarheid

**Tabel 2.6:** Bewezen voordelen van MTS op mensen met dyslexie.

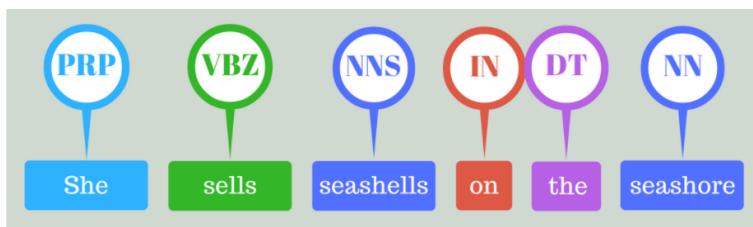
### 2.3.3. Aanpak voor ATS.

Met de laatste evolutie in machinaal leren is dit een proces dat geautomatiseerd kan worden. *Automatic text simplification* of ATS is een onderdeel van natuurlijke taalverwerking binnen machinaal leren (ML). Dit omvat verschillende technieken zoals tekstanalyse, taalherkenning, -generatie, spraakherkenning en -synthese, en semantische analyse. NLP stelt computers in staat om menselijke taal te begrijpen en te communiceren op een natuurlijke manier. De begrippen die volgen worden behandeld in Eisenstein (2019) en Sohom (2019) en zijn cruciaal voor de daaropvolgende concepten.

Zo dient tokenisatie om zinnen op basis van tokens te splitsen. Er zijn vier manieren om tokens in een tekst te splitsen en zo een woordenschat op te bouwen, namelijk op woord-, karakter-, subwoord- en zinniveau, volgens onderzoek van Menzli (2023). Bij karaktertokenisatie neemt de inputlengte toe, maar dit heeft volgens Ribeiro e.a. (2018) weinig bruikbare *use cases*. Het opsplitsen van zeldzame woorden in kleinere stukken om een woordenschat op te bouwen biedt voordelen ten opzichte van woordtokenisatie, aldus (Iredale, 2022).

In NLP is het lemmatiseren gebaseerd op *stemming*, ofwel een NLP-taak waarbij de stam van een woord wordt genomen, maar het houdt ook rekening met de betekenis van elk woord. Er zijn Nederlandstalige modellen beschikbaar voor lemmatiseren, zoals JohnSnow<sup>4</sup>. Bij omgekeerd lemmatiseren wordt een afgeleide van de stam bepaald, bijvoorbeeld enkelvoud of meervoud voor zelfstandige naamwoorden zoals 'hond' (Eisenstein, 2019). Bij het *parsen* krijgt elk woord of zinsdeel een label toegewezen, zoals zelfstandig naamwoord, bijwoord, werkwoord, bijzin of stopwoord. Het identificeren van zinsdelen wordt *chunking* genoemd. *Parsing* is vatbaar op ambiguïteit, omdat bijvoorbeeld een 'plant' niet gelijk is aan de vervoeging van het werkwoord 'planten' (Eisenstein, 2019).

Om de betekenis van elk woord in een tekst te begrijpen, moet een machine in staat zijn om de betekenis achter elk token te begrijpen. Dit is waar *sequence labeling* om de hoek komt kijken, volgens Eisenstein (2019). Elk woord in een tekst wordt gekoppeld aan een label voor *Part-of-Speech* (PoS) of *Named Entity Recognition* (NER). Deze fase van NLP achterhaalt de structuur van een tekst. PoS-tagging richt zich op de grammaticale categorieën van woorden, terwijl NER-labeling zich richt op het herkennen van specifieke entiteiten in een tekst. Bij PoS-tagging worden de woorden in een zin geanalyseerd. Elk woord wordt gekoppeld aan een grammaticale categorie, zoals een zelfstandig naamwoord, werkwoord, bijvoeglijk naamwoord of bijwoord. PoS-tagging helpt bij het begrijpen van de syntactische structuur van een zin en is nuttig bij parsing en machinevertaling. Een voorbeeld van PoS-tagging is te zien in figuur 2.3 en is afkomstig uit Bilici (2021).



**Figuur (2.3)**

Voorbeeld van PoS-labeling (Bilici, 2021).

NER-labeling wordt gebruikt om namen van personen, organisaties en locaties te herkennen en te classificeren. Het is een techniek om specifieke informatie uit tekst te halen, zoals het identificeren van de namen van personen, plaatsen of bedrijven die in nieuwsartikelen worden genoemd, of het extraheren van belangrijke data of getallen uit financiële rapporten, aldus Jurafsky e.a. (2014). Er zijn

<sup>4</sup>[https://nlp.johnsnowlabs.com/2020/05/03/lemma\\_nl.html](https://nlp.johnsnowlabs.com/2020/05/03/lemma_nl.html)

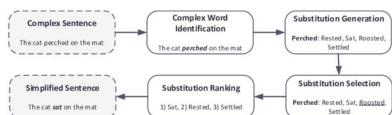
vier verschillende vormen van NER-labeling, zoals beschreven door J. Li e.a. (2018): *dictionary-based*, *rule-based*, *ML-based* en *deep learning-based*. De eerste twee maken gebruik van vooraf gedefinieerde woordenboeken en regels, terwijl de laatste twee gebruik maken van statistische of neurale netwerken om te leren hoe entiteiten te herkennen. Elke vorm maakt gebruik van verschillende kenmerken en representaties om entiteiten te modelleren. Poel e.a. (2008) heeft een neurale netwerkmodel onderzocht voor PoS-tagging van Nederlandstalige teksten. Het model behaalde een nauwkeurigheid van 97,88% voor bekende woorden en 41,67% voor onbekende woorden en maakte gebruik van de Corpus Gesproken Nederlands (CGN) als trainingsdata. In de verwerking van tekst maken NLP-systemen gebruik van embeddings om woorden numeriek te representeren. Traditionele word embeddings bouwen een woordenschat op zonder de betekenis ervan in context te begrijpen. Contextuele word embeddings begrijpen daarentegen wel de context van een woord (Eisenstein, 2019).

## 2.4. De verschillende soorten ATS

Tekst vereenvoudiging kan bijdragen aan het begrijpen van complexe informatie. Zoals onderzocht door Siddharthan (2014), zijn er vier soorten transformaties bij geautomatiseerde tekst vereenvoudiging, waaronder lexicale vereenvoudiging, waarbij complexe woorden worden vervangen door eenvoudigere synoniemen. Bij *lexical simplification* (LS) of lexicale vereenvoudiging worden ingewikkelde woorden vervangen door eenvoudigere synoniemen. Bijvoorbeeld, 'adhesief' kan vervangen worden door 'klevend'. Kandula e.a. (2010) noemt twee manieren om lexicale vereenvoudiging te bewerkstelligen: het vervangen van het woord door een synoniem of het genereren van extra uitleg. De zinsstructuur blijft hetzelfde en de kerninhoud en benadrukking van de tekst blijven behouden. Het doel van lexicale vereenvoudiging is om de moeilijkheidsgraad van de woordenschat in een zin of tekst te verlagen.

Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat lexicale vereenvoudiging een belangrijke bijdrage kan leveren aan het begrijpen van complexe informatie, en in dit kader wordt de pipeline zoals weergegeven in figuur 2.4 vaak gebruikt, bijvoorbeeld in onderzoeken van Bingel e.a. (2018), Bulté e.a. (2018) en Paetzold en Specia (2016). Deze pipeline omvat bij de vermelde onderzoeken telkens minstens vier stappen, waarbij de eerste stap *Complex Word Identification* (CWI) is, een ge-superviseerde NLP-taak die moeilijke woorden of *multi-word expressions* (MWE) in een tekst identificeert (Gooding & Kochmar, 2019; Shardlow, 2013). Na CWI kan lexicale vereenvoudiging (LS) worden toegepast, waarbij complexe woorden worden vervangen door eenvoudigere synoniemen of verder worden uitgelegd met voorbeelden of definities (Kandula e.a., 2010; Zeng e.a., 2005). Het is van cruciaal belang dat CWI goed wordt uitgevoerd, omdat een lage *recall* van dit component zal re-

sulteren in een uitvoertekst waarin moeilijke woorden niet worden vereenvoudigd, zoals opgemerkt door Shardlow (2013). Er zijn verschillende manieren geïdentificeerd om substitutiegeneratie uit te voeren, zoals opgesomd in tabel 2.7. Recent onderzoek, zoals dat van Zhou e.a. (2019), gebruikt ook een extra *Substitution Ranking* (SR) stap om substituties te rangschikken op basis van relevantie.



**Figuur (2.4)**

Afbeelding van Althunayyan en Azmi (2021)

Databank	Ondersteunde talen
Engels	WordNet SWORDS LSBert
Nederlands	Celex NT2Lex Cornetto
Meertalig (Engels, Duits, Spaans en Portugees)	PHOR-in-One

**Tabel 2.7:** Beschikbare Nederlandstalige, Engelstalige en meertalige lexicale databanken anno mei 2023.

Om de complexiteit van een tekst te verminderen, kan syntactische vereenvoudiging worden toegepast door de grammatica en zinsstructuur aan te passen. Dit kan gedaan worden door het combineren van twee zinnen tot één eenvoudigere zin of door de syntax te vereenvoudigen, terwijl de inhoud behouden blijft. Een voorbeeld van zo'n model is ontwikkeld door Kandula e.a. (2010) voor medische informatie. Het model bestaat uit drie modules, die zinnen met meer dan tien woorden vereenvoudigen en eventueel vervangen door kortere zinnen. Het omvat een PoS Tagger, een Grammar Simplifier en een Output Validator als onderdelen van de architectuur.

1. Ten eerste wordt de PoSTagger-functie uit het open-source pakket OpenNLP<sup>5</sup>

<sup>5</sup><https://opennlp.apache.org/>

gebruikt.

2. Vervolgens splitst de *Grammar Simplifier*-module lange zinnen in kortere zinnen door middel van het identificeren van POS-patronen en het toepassen van transformatieregels.
3. Tot slot controleert de *Output Validator*-module de grammatica en leesbaarheid van de output van de *Grammar Simplifier*.

Geautomatiseerde tekstvereenvoudiging is geen nieuw concept. Volgens onderzoeken van Canning e.a. (2000) en Siddharthan (2006) waren de eerste aanpakken op geautomatiseerde tekstvereenvoudiging gebouwd op rule-based modellen. Deze modellen bewerken de syntax door zinnen te splitsen, te verwijderen of de volgorde van de zinnen in een tekst aan te passen. Lexicale vereenvoudiging kwam hier niet aan de pas. Enkel bij recentere onderzoeken van Bulté e.a. (2018) en Coster en Kauchak (2011) werd het duidelijk hoe lexicale en syntactische vereenvoudiging gecombineerd kon worden.

Vroegere onderzoeken tonen aan dat geautomatiseerde tekstvereenvoudiging al geruime tijd bestaat. Zo hebben Canning e.a. (2000) en Siddharthan (2006) onderzocht dat de eerste methoden gebaseerd waren op *rule-based* modellen die de syntaxis van de tekst bewerken door zinnen te splitsen, te verwijderen of te herschikken. Lexicale vereenvoudiging speelde hierbij geen rol. Pas bij recentere onderzoeken, zoals die van Coster en Kauchak (2011) en Bulté e.a. (2018), werd het duidelijk hoe lexicale en syntactische vereenvoudiging gecombineerd konden worden.

Om wetenschappelijke artikelen toegankelijker en begrijpelijk te maken, is het van belang om de kernpunten van een artikel op een duidelijke en beknopte manier samen te vatten. Hoewel samenvatten niet gericht is op het vereenvoudigen van de tekst, is het wel een techniek die noodzakelijk is om de semantiek achter een tekst met zo min mogelijk woord- of tekens te kunnen begrijpen. Full-text-search en gepersonaliseerde informatiefiltering benadrukken het belang van deze op maat gemaakte samenvattingen. Een samenvattingssysteem bestaat uit drie fases: analyse van de brontekst, identificatie van de kernpunten en samenvoeging van deze kernpunten tot één overzichtelijke tekst. Het machinaal samenvatten van teksten is geen nieuw concept en kan op twee manieren worden gedaan: door extractie en door abstractie (DuBay, 2004; Hahn & Mani, 2000).

Bij het extraherend samenvatten van teksten worden de belangrijkste zinnen gemarkeerd en opnieuw geformuleerd. Dit kan echter leiden tot onsamenhangende uitvoertekst, zoals Khan (2014) heeft aangetoond. Om de kernzinnen te bepalen,

kunnen verschillende methoden worden gebruikt, zoals woordfrequentie, zinpositie -en gelijkenissen, de cue-methode, titels, de rest van het document, proper nouns, woordgebruik en de afstand tussen text units met entiteiten, aldus Khan (2014). Verschillende technieken voor het extraherend samenvatten van teksten, waaronder graafgebaseerde methoden, maximal marginal relevance (MMR) en metaheuristiek gebaseerde ES, zijn onderzocht door Verma en Verma (2020) en worden verder beschreven in tabel 2.8.

MMR-gebaseerde ES	Deze traditionele techniek gebruikt de maximaal marginale relevantiescore (MMR) om de relevantie en diversiteit van gemarkeerde zinnen te bepalen. Zorgt ervoor dat de geselecteerde zinnen niet te veel overlappen in inhoud en relevantie. Kan leiden tot betere samenvattingen, maar vereist meer rekenkracht en tijd.
Graafgebaseerde ES	Deze techniek vertegenwoordigt een document als een graaf van zinnen en gebruikt algoritmen om de belangrijkste zinnen te bepalen en redundantie te vermijden. Kan zowel voor lange wetenschappelijke artikelen als korte nieuwsartikelen goede resultaten opleveren (Lin & Bilmes, 2010; McDonald, 2007).
Metaheuristiek-gebaseerde ES	Deze techniek maakt gebruik van optimalisatie-algoritmen zoals genetische algoritmen en zwermostimalisatie om de belangrijkste zinnen in een tekst te vinden (Premjith e.a., 2015; Verma & Verma, 2020). Evaluatiefunctie kan in een lokaal optimum vastlopen afhankelijk van de gebruikte criteria. (Rani & Kaur, 2021).

**Tabel 2.8:** De drie manieren om extraherende samenvatting mogelijk te maken volgens Verma en Verma (2020).

De extraherende samenvatting van nieuwsartikelen kan beïnvloed worden door de vooroordelen of *bias* van de auteur, zo blijkt uit experimenten uitgevoerd door McKeown e.a. (1999). Bij deze vorm van samenvatten worden de zinnen overgenomen zoals ze zijn. Hahn en Mani (2000) bouwde verder op deze experimenten door het combineren van *knowledge-rich* en *knowledge-poor* methoden, wat resulteerde in significante verbeteringen. Bij het extraherend samenvatten is het van belang om de meest relevante tekstgedeeltes te selecteren, meestal in de vorm van zinnen. Om de lexicale en statistische relevantie van een zin te kunnen bepalen, worden twee methoden genoemd door Hahn en Mani (2000):

- Het lineaire gewichtsmodel, waarbij elke teksteenheid wordt gewogen op basis van factoren zoals de positie van de zin en het aantal keren dat deze voorkomt.
- Het gewichtsmodel op basis van de statistische relevantie van een eenheid, waarbij rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van woorden in titels.

Om de nauwkeurigheid van modellen te verbeteren, hebben Nallapati e.a. (2017) *SummaRuNNer* ontwikkeld: een oplossing voor het extraherend samenvatten van teksten met behulp van een neuraal netwerk. Het systeem is opgebouwd met *PyTorch* en bestaat uit drie modellen: een recurrent neuraal netwerk, een convolutioele recurrent neuraal netwerk en een hiérarchical attention network.

Extraherende samenvattingen kunnen leiden tot een onsaamenhangende tekst. Een oplossing hiervoor is abstraherende samenvatting, die vergelijkbaar is met parafraseren. Er zijn twee benaderingen om een tekst op een abstraherende manier samen te vatten: de semantisch-gebaseerde en de structuurgebaseerde benadering. De structuurgebaseerde methode gebruikt regels om belangrijke informatie in de tekst te vinden, maar dit kan leiden tot samengevatted zinnen van lage taalkundige kwaliteit en grammaticale fouten. De semantisch-gebaseerde benadering daarentegen gebruikt de betekenis van de tekst om korte en duidelijke samenvattingen te maken met minder redundante zinnen en een betere taalkundige kwaliteit, hoewel er mogelijk een extra parsingfase nodig is. Onderzoek door Cao (2022) richt zich op het gebruik van deep learning-methoden om automatisch abstraherende samenvattingen te genereren. Modellen zoals RNN's, CNN's en Seq2Seq kunnen worden gebruikt voor abstraherende samenvattingen door de betekenis van de tekst te begrijpen en belangrijke informatie over te brengen (Suleiman & Awajan, 2020).

Wanneer het aankomt op het samenvatten van lange tekstdocumenten zoals boeken of wetenschappelijke tijdschriften, is een andere aanpak vereist vanwege de lengte van het oorspronkelijke document. Het opsplitsen van de tekst kan leiden tot het breken van samenhangende paragrafen, wat later kan resulteren in redundante tekst in het samengevatte document. Volgens onderzoek van zowel Hsu e.a. (2018) als Huang e.a. (2019) zou een ideale samenvatting van een lang document zowel extraherend als abstraherend moeten zijn. Om deze reden zou een hybride samenvattingspijplijn twee fasen moeten bevatten: een inhoudselectiefase waarin de kernzinnen worden geëxtraheerd door middel van extraherende samenvatting en een parafraserende fase waarin de geïdentificeerde kernzinnen abstraherend worden samengevat.

Bij het ontwerpen van een ondersteunende toepassing voor dyslexie moet rekening worden gehouden met de individuele behoeften en uitdagingen van elke scholier, volgens Gooding (2022). Dyslexie kan zich namelijk op verschillende manieren uiten bij verschillende scholieren, waarbij bijkomende symptomen niet altijd van invloed zijn op de spellingprestaties van een scholier. Om deze reden is het belangrijk om een toepassing te ontwerpen die rekening houdt met de diversiteit van dyslexie.

## **2.5. Beschikbare tools en taalmodellen**

Het kan moeilijk zijn voor scholieren met dyslexie om goed te lezen en te schrijven. Gelukkig zijn er verschillende softwareprogramma's en tools beschikbaar om hen te ondersteunen. Deze sectie gaat in op de nationale en internationale software die specifiek is ontworpen voor scholieren met dyslexie om hen te helpen bij het lezen van teksten. Er zal voornamelijk worden gekeken naar beschikbare software in Vlaamse middelbare scholen, chatbots zoals Bing AI en ChatGPT, en software die speciaal is ontwikkeld om dyslexie bij het lezen te ondersteunen. Deze sectie beantwoordt de volgende deelvraag:

- Welke toepassingen, tools en modellen zijn er beschikbaar om Nederlandstalige geautomatiseerde tekstvereenvoudiging met AI mogelijk te maken?

Scholieren met dyslexie krijgen in het middelbaar onderwijs enkel ondersteuning in de vorm van voorleessoftware (De Craemer e.a., 2018; OnderwijsVlaanderen, 2023). Het ministerie van Onderwijs in Vlaanderen biedt licenties aan voor verschillende softwarepakketten zoals SprintPlus, Kurzweil3000, Alinea Suite, IntoWords en TextAid, die scholieren kunnen gebruiken om zinnen te markeren en deze vervolgens samen te vatten. Het samenvatten gebeurt echter op een manier waarbij de zinnen lexicaal en syntactisch identiek blijven. Helaas bieden deze softwarepakketten geen functie voor het vereenvoudigen van teksten. Volgens Tops e.a. (2018) is het belangrijk om deze software zo vroeg mogelijk in de schoolcarrière te introduceren, zodat scholieren er snel vertrouwd mee raken en het optimaal kunnen gebruiken in verdere studies. Hoewel Tops e.a. (2018) de handige aspecten van deze software benadrukt, is het te laat om deze software pas in het hoger onderwijs te introduceren.

Momenteel hebben scholieren met dyslexie in het middelbaar onderwijs beperkte tekstvereenvoudigingsfunctionaliteiten in de bestaande voorleessoftware. Dit onderstreept de noodzaak aan nieuwe erkende tools die tekstvereenvoudiging in het onderwijs mogelijk maken. Tools zoals Simplish en Reworkify kunnen een oplossing bieden. Hoewel Simplish oorspronkelijk Engelstalig is, is het inmiddels mogelijk om een vereenvoudigde tekst te genereren van Nederlandstalige teksten, al is

deze functionaliteit betalend voor niet-Engelstalige teksten. Rewordify is enkel in staat om Engelstalige teksten te vereenvoudigen. Er zijn echter maar weinig proof-of-concepts beschikbaar en de taalmodellen waarop deze applicaties werken zijn niet gekend om deze tools te kunnen repliceren. Bovendien zijn er geen API's beschikbaar om mee te werken.

Voor samenvatting zijn er echter meer tools beschikbaar. Enkele voorbeelden hiervan zijn Resoomer, Paraphraser, Editpad, Scribbr en Quillbot. Al zijn er onderzoeken over geautomatiseerde lexicale en syntactische vereenvoudiging voor scholieren met dyslexie, het aantal onderzoeken over samenvatten voor deze doelgroep is schaars. Zoals eerder aangehaald is er wel onderzoek gedaan naar de verschillende manieren om een tekst samen te vatten, maar er is geen toepassing of onderzoek dat dit concreet uitwerkt. Stajner (2021) wijzen erop dat toepassingen voor tekstvereenvoudiging regelmatig als *showcase* van de technologie ontwikkeld worden en zelden tot weinig rekening houden met gepersonaliseerde samenvatting om zo rekening te houden met de verschillende noden.

Er zijn weinig toepassingen beschikbaar om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen, maar er bestaan enkele gratis en betalende opties, waaronder SciSpace<sup>6</sup> en Scholarcy<sup>7</sup>. Hoewel het proof-of-concept voor een webtoepassing genaamd Lexi, nu genaamd Hero, oorspronkelijk was ontworpen om teksten te vereenvoudigen voor mensen met dyslexie (Bingel e.a., 2018), is het niet geschikt voor wetenschappelijke artikelen. Het is echter nu herwerkt als browserextensie voor selecte nieuwssites. Deze tools worden samengevat in tabel 2.9.

<sup>6</sup><https://typeset.io/>

<sup>7</sup><https://www.scholarcy.com/>

Tool	Algemene functionaliteit
Sprintplus Kurzweil3000 Alinea Suite IntoWords TextAid	Voorleessoftware met ondersteuningsmogelijkheden voor woordenschat
Resoomer Paraphraser Editpad Scribbr Quillbot	Samenvattingstool zonder specifieke casus
SciSpace Scholarcy	Samenvattingstool voor wetenschappelijke artikelen.
Simplish Rewordify	Tool voor tekst vereenvoudiging met bijhorende analyse

**Tabel 2.9:** Overzicht van gekende voorleessoftware, tekstvereenvoudigings- en samenvattingstools die intuïtief zijn ontwikkeld voor de eindgebruiker (leerkracht of scholier).

Huggingface wordt beschouwd als een platform of portaalsite voor het delen van ML-modellen en datasets. Het biedt een breed scala aan API's en tools die gemakkelijk te downloaden en trainen zijn voor pretrained modellen voor veelvoorkomende NLP-taken, zoals tekstclassificatie, taalmodellering en samenvatting. Ontwikkelaars kunnen deze modellen finetunen op specifieke datasets om snel modellen te bouwen en in te zetten voor vereenvoudigings- en samenvattingstaken. Bruikbare taalmodellen met hun respectievelijke casus worden weergegeven in tabel 2.10.

Taalmodel	Specifieke casus
Google Pegasus	Samenvattingstaken voor kort tot middelgrote documenten.
Longformer Encoder-Decoder	Samenvatting van lange wetenschappelijke artikelen
Haining Scientific Abstract Simplification <sup>8</sup>	Het lexicaal vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen.
BART Large Scientific Summarisation <sup>9</sup>	Het samenvatten van wetenschappelijke artikelen.
T5 finetuned text simplification model <sup>10</sup>	Tekstvereenvoudiging voor algemeen gebruik.
Keep It Simple <sup>11</sup>	Ongesuperviseerde tekstvereenvoudiging met ATS.

**Tabel 2.10:** HuggingFace beschikbare en ge-finetunedede taalmodellen

Het taalmodel GPT-3 is ontwikkeld door OpenAI en maakt gebruik van een tweestapsleerparadigma. Het model wordt eerst ongesuperviseerd getraind met een taalmodelleringsdoel en wordt vervolgens gesuperviseerd gefinetuned. Het aantal parameters van het model is sterk toegenomen van 1,5 miljard bij GPT-2 naar 175 miljard bij GPT-3, en het model is getraind op niet-gecategoriseerde data van het internet met behulp van datasets zoals Common Crawl, WebText2, Books1, Books2 en Wikipedia (C. Li, 2022; Radford e.a., 2019). GPT-3 heeft verschillende versies, waaronder GPT-3.5 die als engine dient voor ChatGPT, een conversatie-chatbot. Omdat onbegrijpelijke en ontoegankelijke zinsstructuren niet alleen voor leken, maar ook voor vakexperten een obstakel vormen, is het belangrijk om te benadrukken dat GPT-3.5 gericht is op conversationele doeleinden, terwijl GPT-3 in het algemeen bedoeld is om met hoogstens één prompt te werken (Hubbard & Dunbar, 2017; McNutt, 2014).

Volgens Gooding (2022) kan een toepassing zoals ChatGPT de leesbaarheid van een tekst op twee manieren bevorderen. Ten eerste kan het verschillende versies van een tekstvereenvoudiging leveren, waardoor de gebruiker een keuze kan maken uit verschillende mogelijke vereenvoudigingen. Dit wordt geïllustreerd in figuur 2.6, waar Gooding aangeeft dat de invoertekst op verschillende manieren kan worden vereenvoudigd op basis van de prompt. Verder bespreekt Gooding in figuur 2.7 de prompt-gebaseerde evaluatiemaniere van GPT-3. Het model kan de verschillen tussen de gegenereerde teksten begrijpen en de gebruiker feedback geven. In

figuur 2.5 laat Gooding zien hoe het model lexicale, conceptuele en syntactische vereenvoudiging kan toepassen op een paragraaf uit een boek van de Russische schrijver Dostoevsky.



Can you simplify the following paragraph:

At some ideas you stand perplexed, especially at the sight of sin. And you must ask yourself whether to combat it with force or with humble love. Always decide to combat it with humble love. If you decide this once and for all, you can conquer the whole world! Humble love is a frightening force, of which there is nothing stronger.

Here is a simpler version of the paragraph:

When you see something bad, like sin, you might be confused. Ask yourself if you should use force or love to fight it. Always choose love. If you do, you can win against anything. Love is the strongest power.

**Figuur (2.5)**

Afbeelding van Gooding 2022



Can you simplify the following paragraph in three different versions:

At some ideas you stand perplexed, especially at the sight of sin. And you must ask yourself whether to combat it with force or with humble love. Always decide to combat it with humble love. If you decide this once and for all, you can conquer the whole world! Humble love is a frightening force, of which there is nothing stronger.

Here are three simplified versions of the paragraph:

1. When you see something bad, like sin, you might be confused. Ask yourself if you should use force or love to fight it. Always choose love. If you do, you can win against anything. Love is the strongest power.
2. When you encounter ideas that confuse you, especially when it comes to sin, you may be unsure how to react. You must ask yourself if it is better to fight back with force or with humble love. It is always better to choose humble love. If you make this decision once and for all, you can overcome anything. Humble love is a powerful and intimidating force that is stronger than anything else.
3. If you see something bad, like sin, and you don't know what to do, remember that love is always the answer. Choose love over force. If you do, you will be able to conquer anything. Humble love is the most powerful force in the world.

**Figuur (2.6)**

Afbeelding van Gooding 2022



Which of the three simplified versions is the simplest?



Of the three simplified versions, the first one is the simplest. It uses the shortest and simplest words and phrases to convey the main idea of the original paragraph, which is that humble love is the strongest force and can be used to overcome anything. The other two versions add more details and examples, which make them slightly more complex than the first version. However, all three versions are simpler than the original paragraph and effectively convey the same idea.

**Figuur (2.7)**

Afbeelding van Gooding 2022.

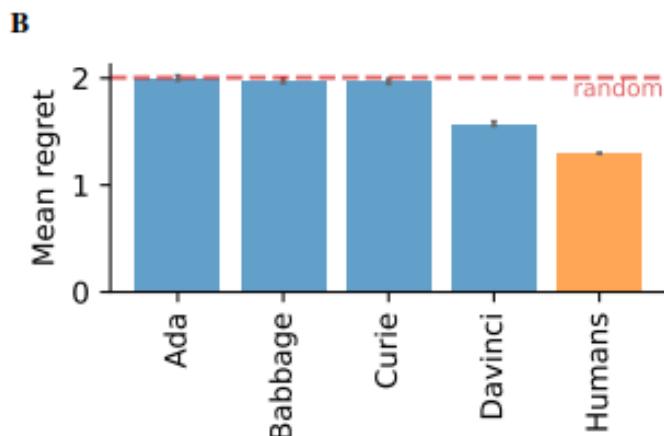
OpenAI biedt documentatie aan voor het GPT-3 taalmodel met vier verschillende engines, namelijk Davinci, Curie, Babbage en Ada. In maart 2023 is daar een vijfde engine bij gekomen, namelijk GPT-3 Turbo die wordt gebruikt door Chat-GPT. Davinci-003 is het meest geavanceerde model, geschikt voor taken zoals het schrijven van essays en het genereren van code, en levert de meest menselijke antwoorden. Curie is goed in nuance, maar minder menselijk dan Davinci, terwijl Ada en Babbage minder krachtig zijn en beter geschikt zijn voor eenvoudige taken zoals het aanvullen van tekst en sentimentanalyse (Greg e.a., 2023). Deze engines maken gebruik van dezelfde set hyperparameters, die kunnen worden aangepast en staan opgesomd in tabel 2.11.

Parameter	Omschrijving
model	Het GPT-3 model om te gebruiken: davinci, curie, babbage, ada, text-davinci-002, text-curie-001, text-babbage-001, text-ada-001, davinci-codex
temperature	De gulzigheid van een generatief model. Een lagere waarde zal conservatieve en voorspelbare tekst teruggeven. Hogere waarden zullen meer gevarieerde en onverwachtse tekst teruggeven, wat beter werkt bij creatieve toepassingen: een kommagetal tussen 0 en 1.
max_tokens	Het maximaal aantal tokens (woorden of subwoorden) dat het generatief model kan teruggeven: een getal tussen 1 and 2048.
top_p	Vergelijkbaar met temperature, maar deze waarde onderhoudt de probability distribution voor common tokens. Hoe lager de waarde, hoe waarschijnlijker de woordenschat dat het model zal overwegen bij het genereren van tekst. Een hoge waarde is toepasselijker wanneer een toepassing gericht is op nauwkeurigheid en correctheid: een kommagetal tussen 0 en 1.
stop	Een tekstwaarde (woord/symbool) tot waar het model zal genereren. When the model generates a string that matches any of the specified strings, it stops generating text: een lijst van string-waarden, of een enkele string.
presence_penalty	Factor die bepaalt hoe regelmatig woorden voorkomen: een kommagetal tussen 0 en 1

**Tabel 2.11:** Tabel met alle GPT-3 parameters.

Er zijn al diverse vergelijkende onderzoeken uitgevoerd naar de mogelijkheden van de OpenAI's ChatGPT en GPT-3 modellen, hoewel deze nog volop in ontwikkeling zijn. Een studie uitgevoerd door Binz en Schulz (2023) toonde aan dat de menselijkheid van de antwoorden die worden gegenereerd door de modellen onder de davinci-engine, werden beoordeeld op basis van de *mean-regret score*. Uit deze studie bleek dat deze modellen in staat zijn om redelijk menselijke antwoorden te produceren, zoals geïllustreerd in figuur 2.8. Uit het experiment van Tanya Goyal (2022) blijkt dat zero-shot samenvattingen met GPT-3 beter presteren dan *fine-tuned* modellen. Ook zijn er al enkele tools beschikbaar die gebruikmaken van de GPT-3 API, waaronder Jasper AI en ChatSonic, zoals aangehaald door Mottesi (2023). Voor het onderwijs zijn er mogelijkheden dankzij de hoge toegankelijkheid en granulaire personalisatie van het GPT-3 model, aldus Roose (2023) en Garg (2022). Wel is het zo dat GPT-3 niet geschikt is voor alle taken, zoals sentimentana-

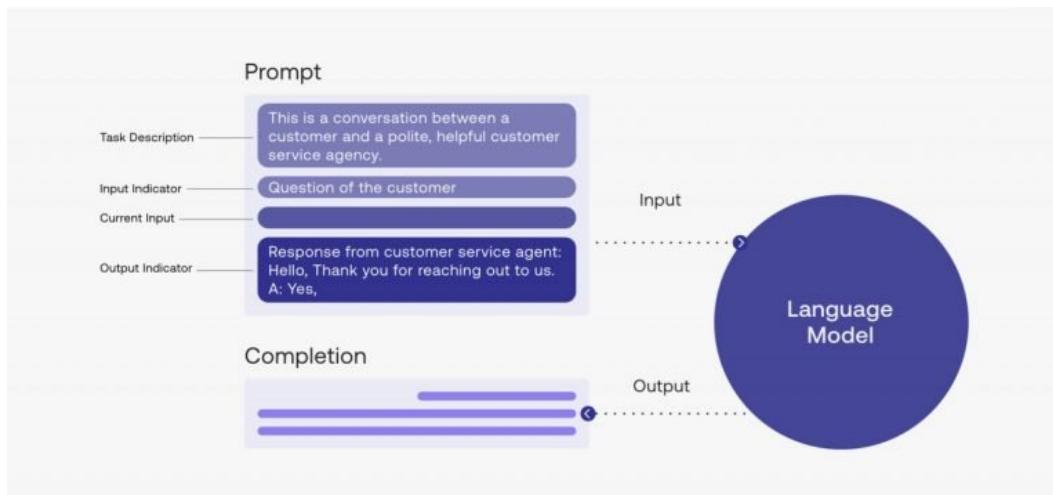
lyse en -classificatie, waarvoor een kleinschaliger taalmodel beter presteert (C. Li, 2022). Ten slotte wordt er ook aandacht besteed aan de ecologische effecten van de grote omvang van deze modellen, waarvoor alternatieve oplossingen zoals het gebruik van Cloud-infrastructuur en geschikte model finetuning worden voorgesteld, volgens Strubell e.a. (2019) en Simon (2021).



**Figuur (2.8)**

Experiment uit Binz en Schulz (2023) dat de mean-regret van de vier GPT-3 engines uittest.

De generatie van tekst en karakters door LLM's wordt gebaseerd op de waarschijnlijke uitkomst van een gegeven input. LLM's zoals GPT-3, BERT en T5 zijn bekend en dienen vaak als basis voor gefinetunedede modellen. Door gebruik te maken van een neuraal netwerk, kan het model patronen in de input herkennen en deze gebruiken om voorspellingen te doen over de output (Liu e.a., 2020). Het schrijven van een input of prompt is voor iedereen toegankelijk en intuïtieve tools zoals chatbots zijn ontworpen om een breed publiek te bereiken (McFarland, 2023). In dit kader is prompt engineering een belangrijke vaardigheid om effectief te communiceren met LLM's, zoals ChatGPT (Harwell, 2023). De vaardigheid van prompt engineering wordt geïllustreerd in figuur 2.9.

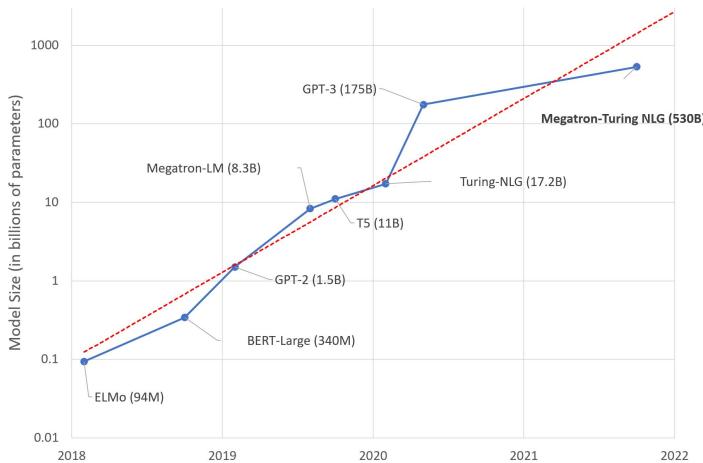
**Figuur (2.9)**

Afbeelding uit McFarland (2023)

Volgens onderzoek van Liu e.a. (2020) kunnen prompts worden gebruikt om werk te produceren dat is aangepast aan het doel. Het is belangrijk om een concrete en geoptimaliseerde prompt te hebben, inclusief een duidelijke scope, specifieke sleutelwoorden, de context en gepersonaliseerde keuzes (McFarland, 2023). Bij het opstellen van een prompt voor een zoekopdracht is het cruciaal om voldoende parameters op te nemen om te voorkomen dat het model te algemeen blijft en afwijkt van de intentie van de gebruiker. Effectieve prompt engineering voor AI leidt tot hoogwaardige trainingsgegevens, waardoor het AI-model nauwkeurige voorspellingen en beslissingen kan maken (Liu e.a., 2020). Prompt patterns zijn ontstaan samen met prompt engineering en lijken op software patterns. Deze patronen bieden herbruikbare oplossingen voor veelvoorkomende problemen in een bepaalde context, vooral bij de interactie met LLM's. White e.a. (2023) benoemt vier *prompt patterns*:

- Intent-prompts waarbij een LLM een instructie krijgt met een specifiek verwacht antwoord.
- Restriction-prompts die het antwoord van een LLM inperkt. Deze pattern is noodzakelijk om een LLM binnen de lijnen te houden.
- Contextualization-prompts verzekeren dat de output van een LLM relevant is. Een context wordt aan de LLM meegegeven.
- Expansion/reduction-prompts genereren een beknopte output met voldoende details.

BERT is een meertalige LLM die gebruik maakt van contextual word embeddings. Het model is getraind op 110 miljoen parameters uit 104 verschillende talen, waaronder Nederlands. Voor de Nederlandse taal zijn er twee varianten van BERT beschikbaar: RobBERT en BERTje. RobBERT wordt beschouwd als krachtiger dan BERTje. Het belangrijkste verschil tussen GPT-3 en BERT is volgens Mottesi (2023) de architectuur. GPT-3 is een autoregressief model dat alleen rekening houdt met de linkercontext bij het voorspellen of genereren van tekst, terwijl BERT bidirectioneel is en zowel de linker- als de rechtercontext in overweging neemt. De bidirectionele werking van BERT is geschikt voor sentimentanalyse, waarbij begrip van de volledige zincontext noodzakelijk is. Omdat GPT-3 toegang heeft tot meer informatie (45TB) dan BERT (3TB), kan dit een voordeel bieden tijdens taalbewerkingen zoals vereenvoudigen, parafraseren of vertalen. Ten slotte verschillen de LLM's ook qua grootte. Hoewel beide modellen erg groot zijn, is GPT-3 aanzienlijk groter dan BERT, mede door de uitgebreide trainingsdatasetgrootte (Brown e.a., 2020). Er is echter een nieuw generatief taalmodel genaamd LLaMa, dat sterker is dan GPT-3 en vergelijkbare modellen, terwijl het slechts tien keer minder parameters gebruikt. Helaas is LLaMa momenteel nog niet beschikbaar als online webtoepassing of API (Hern, 2023; Touvron e.a., 2023). De evolutie van pre-trained taalmodellen wordt in 2.10 weergegeven. De performantie van de modellen ten opzichte van de grootte volgt een lineaire functie.



**Figuur (2.10)**

Afbeelding van Simon (2021)

Microsoft en OpenAI hebben een nauwe samenwerking waarbij het conversionele taalmodel van Bing gebruikmaakt van GPT-3. Met de Prometheus-technologie kan deze chatbot verder bouwen en verwijzingen bieden naar andere websites (Ribas, 2023). Deze verwijzingen zijn mogelijk omdat Prometheus de Bing index-,

ranking- en antwoordresultaten combineert met het redeneervermogen van OpenAI's GPT-modellen. Via de *Bing Orchestrator* genereert Prometheus iteratief een set interne queries om zo binnen de gegeven gesprekscontext nauwkeurige antwoorden op gebruikersvragen te bieden (Ribas, 2023). Bing AI is momenteel in de testfase en is beschikbaar als webpagina en browserextensie voor Microsoft Edge. Het gebruik van extraherende en abstraherende samenvattingen maakt de chatbot interessant, maar er is nog onderzoek nodig naar de credibiliteit en correctheid van de verstrekte verwijzingen. Het is belangrijk om op te merken dat er geen officiële API beschikbaar is en de limiet tijdens een conversatie beperkt is tot 2000 tokens, in tegenstelling tot GPT-3.

Experten halen het GPT-3 model en ChatGPT aan als de toekomst voor gepersonaliseerde en adaptieve uitleg aan scholieren. Bing AI biedt een extra dat revolutio-nair kan zijn bij het opzoeken van uitleg voor zoektermen, zonder het verlies aan bronvermelding. Huidige toepassingen staan mogelijks in een spreekwoordelijke schaduw eenmaal leessoftware voor scholieren met dyslexie worden ontwikkeld met AI. De mogelijkheden van GPT-3 zijn eindeloos en toepassingen die hiervan gebruik maken, kunnen in het onderwijs ingezet worden als ondersteunende software.

## **2.6. De valkuilen bij AI en NLP.**

AI en ML zijn volop in groei. NLP gebruikt AI en ML om menselijke taal te verwerken, terwijl NLU deze technologieën gebruikt om menselijke taal te begrijpen. Hoewel deze technologieën veelbelovend zijn, moeten AI-ontwikkelaars rekening houden met veelvoorkomende en genegeerde uitdagingen en valkuilen (Khurana e.a., 2022; Roldós, 2020; Sciforce, 2020). Deze sectie beantwoordt de volgende onderzoeksraag:

- Met welke valkuilen bij taalverwerking met AI moeten ontwikkelaars rekening houden?

Het ontwikkelen van NLP- en NLU-toepassingen is duur en vormt een obstakel voor veel IT-professionals vanwege factoren zoals het gebrek aan NLP-expertise, de kwaliteit en kwantiteit van data, de integratie en deployment van modellen en de transparantie van modellen (IBM, 2022). Bij de ontwikkeling en finetuning van een NLP-toepassing met AI verkiezen software-ontwikkelaars *black-box* modellen. Hoewel het verschil in nauwkeurigheid minimaal is, wordt de afweging gemaakt op basis van de transparantie van het model. Na een transformatie wordt niet aangegeven waarom specifieke transformaties zijn uitgevoerd, zoals het vervangen van een woord door een eenvoudiger synoniem. *White-box* taalmodellen zijn schaars (Sikka & Mago, 2020).

Sequence labeling kan worden bemoeilijkt door homoniemen, zoals beschreven in onderzoek door Roldós (2020). Een voorbeeld hiervan is het woord 'bank', dat voor de machine niet duidelijk aangeeft of het gaat om de financiële instelling of het meubelstuk. Methoden zoals Word Sense Disambiguation (WSD), PoS-tagging en contextual embeddings kunnen de betekenis van woorden bepalen op basis van de context (Eisenstein, 2019; Liu e.a., 2020). Het verbeteren van NLP-systeem met synoniemen en antoniemen kan worden bereikt door het gebruik van candidate generation en synonym detection, terwijl meertalige transformers zoals BERT een oplossing bieden voor de beperkte toepassingen in andere talen dan het Engels (Dandekar, 2016; Roldós, 2020).

Verschillende studies hebben aangetoond dat tekstvereenvoudiging bedoeld is om gelijke kansen te bieden aan iedereen. Bij het ontwikkelen van adaptieve tekstvereenvoudigingstoepassingen is het echter belangrijk om ethische overwegingen en bewustzijn van de behoeften van de eindgebruiker in acht te nemen, zoals beschreven in onderzoeken van Niemeijer e.a. (2010), Xu e.a. (2015), en Gooding (2022). Om de eindgebruiker meer controle te geven, moet deze de keuze hebben om te kiezen welke delen van de tekst vereenvoudigd moeten worden, wat kan worden bereikt door synoniemen te gebruiken of zinnen te markeren die moeilijk te begrijpen zijn.

Hoewel iedereen kan converseren met een chatbot, vereist het verkrijgen van gepaste en verwachte antwoorden een doordachte input. Onnauwkeurige prompts of een gebrek aan trainingsdata kunnen leiden tot onjuiste output. Door het gebruik van conditionele expressies of het finetunen van hyperparameters kan echter de betrouwbaarheid van de antwoorden worden vergroot (Jiang, 2023; Miszczak, 2023).

Het beoordelen van vereenvoudigde teksten vereist de nodige opvolging van ontwikkelaars in vergelijking met andere ML- of NLP-taken. Evaluatiemetrieken zoals ROUGE en BLEU zijn beperkt omdat ze geen rekening houden met de semantiek tussen een referentietekst en een vereenvoudigde of samengevatte tekst. Om dit probleem op te lossen, beveelt Fabbri e.a. (2020) aan dat ontwikkelaars menselijke evaluatie inschakelen om de vereenvoudigde tekst van een taalmodel te beoordelen. De onderzoekers dringen aan op verdere studie naar nieuwe standaarden en beste praktijken voor betrouwbare menselijke beoordeling. Bovendien moeten de doelgroepen voor wie de tekst wordt vereenvoudigd, nauw betrokken worden bij het proces (Iskender e.a., 2021). Tabel 2.12 geeft een synthese schema met prevalentie struikelblokken bij de ontwikkeling van NLP-toepassingen.

Probleem	Oplossing
Dure ontwikkeling en onderhoud van taalmodellen	Voorkeur voor black-box modellen bij ontwikkeling en finetuning. API's kunnen als alternatief dienen op zelf-gehoste taalmodellen.
Homoniemen kunnen sequence labeling bemoeilijken	Word Sense Disambiguation, PoS-tagging en contextual embeddings.
Paternalisme	Ontwikkeling van gepersonaliseerde tekstvereenvoudigingstoepassingen moeten de eindgebruiker meer controle geven, zoals het kiezen welke delen van de tekst vereenvoudigd moeten worden, het gebruik van synoniemen of het markeren van zinnen die moeilijk te begrijpen zijn.
Onnauwkeurige prompts	Gebruik van conditionele expressies bij prompts of one-shot summary uitvoeren.
Onnauwkeurige evaluatie van tekstvereenvoudiging	Menselijke evaluatie toepassen of gebruik maken van ROUGE-L metrieken die wel de semantiek in acht nemen.

**Tabel 2.12:** Samenvattend schema met vaak voorkomende struikelblokken bij NLP-toepassingen.

## 2.7. Conclusie

Wetenschappelijke artikelen intensief lezen is voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar niet enkel moeizaam, maar gaat verder dan dat. Deze scholieren kunnen moeite ondervinden bij het ontcijferen en automatiseren van woordherkenning. MTS en aangepaste visuele weergaven bieden bewezen voordelen voor scholieren met dyslexie, maar de leesbaarheid van wetenschappelijke artikelen neemt af. Het gebruik van vakjargon, ingewikkelde woordenschat en moeizame syntax sluiten een algemeen publiek uit en maken het enkel mogelijk voor wetenschappelijk geletterden om deze artikelen te lezen. Een uniform formaat biedt echter kansen voor geautomatiseerde vereenvoudiging van tekst, waarbij experts tactieken hebben ontwikkeld om teksten te vereenvoudigen op maat voor scholieren met dyslexie, zoals het toepassen van leesbaarheidsformules of intuïtie, en het vereenvoudigen van zinnen op lexicaal, syntactisch en semantisch niveau en samenvattingen. Er zijn taalmodellen beschikbaar in de vorm van API's of open-source software die deze transformaties kunnen uitvoeren. Momenteel fungeert software die door de overheid wordt uitgeleend aan scholieren met dyslexie voornamelijk als voorleessoftware, maar nieuwe technologieën zoals GPT-

3 en LLM's bieden mogelijkheden voor tekstvereenvoudiging. Ontwikkelaars moeten zich echter bewust zijn van het feit dat andere taalmodellen zoals BERT voor taken zoals semantische analyse soms betere resultaten leveren met minder rekenkracht.

# 3

## Methodologie

Om de onderzoeksraag verder te kunnen beantwoorden, is het nodig om de ver-gaarde kennis uit de literatuurstudie toe te passen in drie onderzoeksmethoden. Zo is het voornaamste doel van dit onderzoek om een prototype te ontwikkelen voor een gepersonaliseerd ATS dat wetenschappelijke artikelen vereenvoudigt voor scholieren in de derde graad van het middelbaar onderwijs die dyslexie hebben. Voorafgaand aan de ontwikkeling van het prototype is het toch nodig om een goed inzicht te krijgen in de benodigde functionaliteiten en taalmodellen.

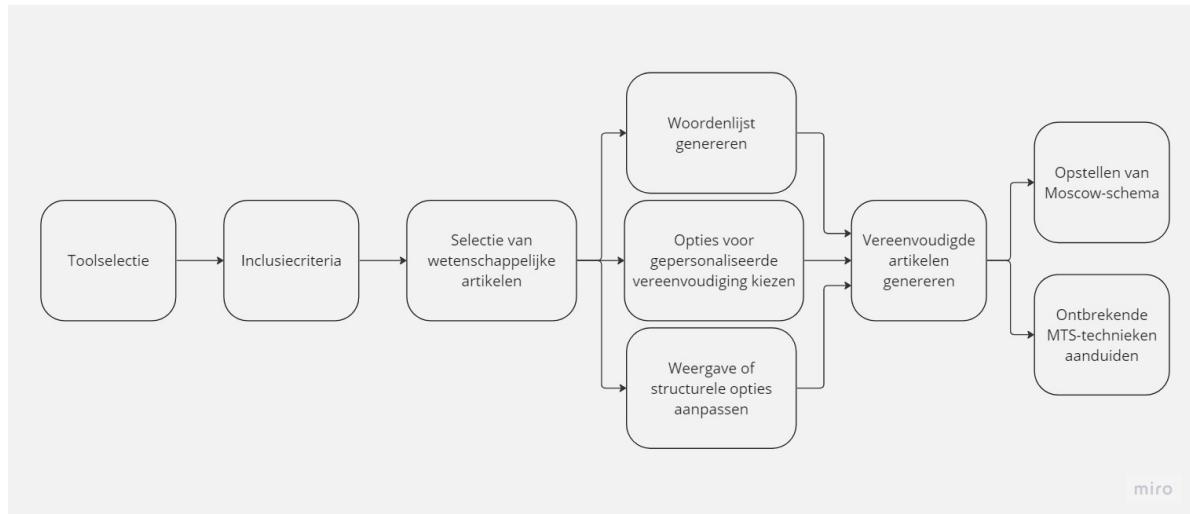
### 3.1. Requirementsanalyse

Om het ontwikkelingsproces van het prototype gericht te sturen, moet het onderzoek zich te richten op de toegepaste MTS- en ATS-technologieën in bestaande tools. Zo gebeurt het verkennen en experimenteren op ATS-functionaliteiten bij beschikbare tools door een kwalitatief onderzoek in de vorm van een requirements-analyse. Het resultaat van deze onderzoeksfase is een Moscow-schema dat de benodigde functionaliteiten voor een ATS definieert, met als doel een vergelijkbare tekstvereenvoudiging te bieden voor wetenschappelijke artikelen zoals gepersonaliseerde MTS dat doet. Daarnaast achterhaalt de onderzoeksfase de ontbrekende MTS-functionaliteiten die tabel 2.6 in de literatuurstudie uitwees. De geteste applicaties, opgesomd in tabel 3.1, vertegenwoordigen de meest geavanceerde ATS-tools die nu beschikbaar zijn. Deze lijst omvat erkende toepassingen van de overheid en toepassingen die leerkrachten of scholieren kunnen gebruiken om teksten te vereenvoudigen. Met deze onderzoeksmethode kan het onderzoek een antwoord geven op de volgende twee deelvragen van het onderzoek.

- Welke functies ontbreken AI-toepassingen om geautomatiseerde tekstvereenvoudiging mogelijk te maken voor scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs?

- Welke manuele methoden voor tekstvereenvoudiging komen niet in deze tools voor?

Zo vereist de requirementsanalyse een bedachtzame aanpak, weergegeven op de flowchart op figuur 3.1.



**Figuur (3.1)**

Het benodigde stappenplan bij de requirementanalyse.

Allereerst start het onderzoek met een toolselectie. Zoals aangewezen in sectie 2.5, leent de overheid vijf softwarepakketten uit aan middelbare scholen, maar de requirementsanalyse betreft enkel drie van deze vijf, omwille van de functionaliteiten die de literatuurstudie eerder uitwees die toepasselijk zijn voor de casus van tekstvereenvoudiging met ATS. Naast deze softwarepakketten kunnen online beschikbare tools ook scholieren met dyslexie ondersteunen bij het intensief lezen van wetenschappelijke artikelen met ATS, zoals bewezen in Bingel e.a. (2018). Daarom betreft de requirementsanalyse enkel tools met onderschreven ATS-functionaliteiten en laat daarmee pure samenvattingstools erbuiten. Tabel 3.1 toont een overzicht van de te experimenteren tools.

Erkende software	Online beschikbare tools
Sprintplus (E1)	SimpliSh (O1)
Kurzweil3000 (E2)	SciSpace (O2)
AlineaSuite (E3)	Rewordify (O3) ChatGPT (O4) Bing Chat (O5)

**Tabel 3.1:** Shortlist van uit te testen tools en toepassingen voor tekstvereenvoudiging.

Vervolgens moet het onderzoek richtlijnen formuleren waarop de requirements-analyse kan af te oetsen. Zo vormen de eerder benoemde MTS-technieken uit tabellen 2.5 en 2.3 de bouwstenen voor het valideren van de functionaliteiten bij tools op de shortlist. Met behulp van de richtlijnen beschreven in tabel 3.2, experimenteert deze onderzoeksfase met de toegelichte tools om de beschikbare en ontbrekende MTS-technieken te achterhalen, alsook of deze tools in staat zijn om wetenschappelijke artikelen te kunnen vereenvoudigen.

MTS-techniek	Functionaliteit
Lexicale vereenvoudiging	Rekening houden met doelgroep buiten vakgebied door eenvoudigere synoniemen te schrijven Woorden met minder lettergrepen gebruiken Extra uitleg schrijven bij zinnen Paragrafen herschrijven zodat ze eerst uitleg geven op een high-level niveau, vervolgens lagen van complexiteit toevoegen om de lezer te begeleiden Woordenlijst aanmaken Synoniemenlijst aanmaken Idiomen vervangen door eenvoudigere synoniemen
Syntactische vereenvoudiging	Zinnen inkorten Verwijswoorden aanpassen Voorzetseluitdrukkingen aanpassen Samengestelde werkwoorden aanpassen Actieve stem toepassen Onregelmatige werkwoorden gebruiken
Structurele aanpassingen	Achtergrondkleur aanpassen Woord- en karakterspatiëring Consistente lay-out Duidelijk zichtbare koppenstructuur Huidige positie benadrukken Waarschuwingen geven omtrent formulieren en sessies Inhoud visueel groeperen Tekst herschrijven als tabel Tekst herschrijven als opsomming

**Tabel 3.2:** Richtlijnen waarop toepassingen worden afgetoetst in de requirementsanalyse.

Het testmateriaal bestaat uit twee bestaande en gepubliceerde wetenschappelijke artikelen. Deze artikelen behandelen onderwerpen die interessant kunnen zijn voor scholieren in de derde graad van het middelbaar onderwijs. Beide artikelen volgen de kenmerken van een wetenschappelijk artikel zoals beschreven in tabel 2.3 en bevatten daarmee vakjargon en wetenschappelijke concepten in een com-

Titel	Bronvermelding
De controle op het gebruik van algoritmische surveillance- onder druk? Een exploratie door de lens van de relationele ethiek	(Van Brakel, <a href="#">2022</a> )
Nederland versus België: verschillen in economische dynamiek en beleid.	(Sleuwaegen, <a href="#">2022</a> )

**Tabel 3.3:** Bronvermeldingen voor de twee wetenschappelijke artikelen.

pact formaat. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de twee artikelen en de bijhorende bronvermelding.

Vervolgens komen experimenten over de opties rond gepersonaliseerde vereenvoudiging aan bod. Alvorens de gepersonaliseerde tekstvereenvoudigingsmethoden aan bod komen, moeten de tools kunnen beschikken over de inhoud van de wetenschappelijke artikelen. Bij SprintPlus, Kurzweil3000, AlineaSuite, Simplish, Reworkify en SciSpace gebeurt de upload met een pdf-bestand, in tegenstelling tot Bing Chat en ChatGPT waarbij tekst de enige vorm van invoer is. Bij deze twee chatbots gebeurt de invoer met *plain-text* als invoer of per link. De teksthoud uit de PDF extraheren gebeurt dan manueel en deze tekst dient daarna als invoer voor de chatbot. Beide chatbots krijgen dezelfde tekst voorafgaand van een prompt. Met vijf verschillende prompts kan het onderzoek de functionaliteit om lexicale, syntactische of structurele aanpassingen op een tekst achterhalen. Tabel 3.4 vermeldt de toegepaste prompts. Tijdens het experiment krijgen de chatbots eerst een link naar het wetenschappelijk artikel mee, zoals aangegeven in figuur C.2. Als de chatbot deze functionaliteit niet heeft, dan krijgt de chatbot de teksthoud van het wetenschappelijk artikel als *plain-text* mee. Vijf prompts, weergegeven in tabel 3.4, dienen als testmiddel om de chatbots te evalueren op hun gebruikte lexicale en syntactische vereenvoudigingstechnieken of de structurele aanpassingen waartoe zij in staat zijn.

Naam	Prompt
P1	Vereenvoudig deze tekst.
P2	Vereenvoudig deze tekst voor studenten (16-18 jaar) door moeilijke woorden te vervangen, vakjargon te schrappen, woorden langer dan 18 letters te vervangen, acroniemen voluit te schrijven, een woord slechts eenmaal door een synoniem te vervangen, korte uitleg te geven wanneer dat nodig is, en percentages te vervangen.
P3	Vereenvoudig een tekst door deze op te delen in kortere zinnen van maximaal tien woorden. Verander voornaamwoorden als 'zij', 'hun' of 'hij' in namen. Vervang complexe zinsconstructies en voorzetzelzinnen door eenvoudiger alternatieven, maar laat ze ongewijzigd als er geen eenvoudiger optie beschikbaar is.
P4	Schrijf de tekst als opsomming.
P5	Schrijf de tekst in tabelformaat.
P6	Genereer op basis van deze tekst een woorden- en synoniemenlijst.

**Tabel 3.4:** De toegepaste GPT-3-prompts in de requirementsanalyse.

Daarna komt het experimenteren met de opmaakopties aan bod. Kurzweil, Sprint-Plus en AlineaSuite laten via een apart scherm bij instellingen toe om lettertype, -kleur en -grootte aan te passen. Alsook om de achtergrondkleur aan te passen naar wens van de scholier. Na het grondig zoeken op de respectievelijke websites kunnen geen opmaakopties van het uitvoerbestand aangepast worden, waardoor het testen van deze functionaliteit niet mogelijk is.

Ten slotte test het onderzoek de capaciteiten om het formaat van teksten aan te passen aan de hand van structurele aanpassingen. Zo vragen P4 en P5 specifiek naar een structurele aanpassing, terwijl P1, P2 en P3 minstens een doorlopende tekst als resultaat verwachten. Andere beschikbare tools missen checkboxen of keuzelijsten om deze keuze aan te reiken, waardoor het testen van deze functionaliteit niet mogelijk is.

Op basis van de testen kan de volgende criteria worden afgetoetst, weergegeven in tabel ??.

Richtlijn	E1	E2	E3	O1	O2	O3	O4	O5
Rekening houden met doelgroep	-	-	-	-	-	-	P2	P2
Woorden met minder lettergrepen gebruiken	-	X	-	X	-	-	P1-6	P1-6
Extra uitleg schrijven bij zinnen	-	X	-	-	-	-	P1-3	P1-3
Paragrafen herschrijven zodat ze eerst uitleg geven op een high-level niveau	-	-	-	-	-	-	P2	P2
Woordenlijst aanmaken	X	X	X	X	-	-	P6	P6
Synoniemenlijst aanmaken	-	X	-	-	-	-	P6	P6
Idiomen vervangen door eenvoudigere synoniemen	-	-	-	X	-	-	P1-3,6	P1-3,6
Zinnen inkorten	-	-	-	X	X	X	P3-5	P3-5
Verwijswoorden aanpassen	-	-	-	-	-	-	P3	P3
Voorzetseluitdrukkingen aanpassen	-	-	-	-	-	-	P3	P3
Samengestelde werkwoorden aanpassen	-	-	-	-	-	-	P3	P3
Actieve stem toepassen	-	-	-	-	-	-	-	-
Enkel regelmatige werkwoorden gebruiken	-	-	-	-	-	-	P3	P3
Achtergrondkleur aanpassen	X	X	X	-	-	-	-	-
Woord- en karakterspatiëring	-	X	X	-	-	-	-	-
Consistente lay-out	X	X	X	-	-	-	P1-6	P1-6
Duidelijk zichtbare koppenstructuur	-	-	-	-	-	-	-	-
Huidige positie benadrukken	-	-	-	-	-	-	-	-
Waarschuwingen geven omtrent formulieren en sessies	-	-	-	X	-	X	-	-
Inhoud visueel groeperen	-	X	X	-	-	-	-	-
Tekst herschrijven als tabel	-	-	-	-	-	-	P4, P6	P4, P6
Tekst herschrijven als opsomming	-	-	-	-	-	-	P5	P5
Artikel opladen als PDF	X	X	X	X	X	X	-	-
Artikel opladen als <i>plain-text</i>	-	-	-	-	-	-	P1-6	P1-6
Artikel opladen via link	-	-	-	-	X*	-	P1-6*	-

**Tabel 3.5:** Afgetoetste criteria volgens de experimenten.

Deze experimenten leiden tot een Moscow-schema die dient als bouwsteen voor

de ontwikkeling van het prototype voor gepersonaliseerde ATS van wetenschappelijke artikelen, specifiek op maat voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs. Op basis van de afgetoetste richtlijnen uit tabel ?? is het volgende Moscow-schema, weergegeven in tabel 3.6, opgesteld.

MoSCoW-principe	Functionaliteit
Must-have	Gepersonaliseerde vereenvoudiging aanbieden, waaronder lexicale en syntactische vereenvoudiging aanbieden, na het toevoegen van een respectievelijke API-sleutel. Wetenschappelijke artikelen in PDF-vorm opladen. Formaatwijzigingen toepassen aan de oorspronkelijke tekst. Personaliseerbare toepassing: lettertype -en grootte aanpassen, tekstformaat aanpassen, achtergrondkleur aanpassen Lokale opzet
Should-have	Glossary genereren na handmatige selectie van moeilijke woorden Personaliseerbare PDF- of Worddocumentlay-out Uitvoer als PDF of Word-bestand teruggeven. Tekstanalyse voor en na de vereenvoudiging aanbieden.
Could-have	Glossary genereren na automatische selectie van moeilijke woorden
Wont-have	Beschikbaarheid tot de tool zonder Docker Desktop, in de vorm van online webtoepassing of browserextensie. Beschikbaarheid tot de standaard- en gepersonaliseerde opties zonder API-sleutels

**Tabel 3.6:** Het Moscow-schema, opgebouwd door middel van de requirementsanalyse.

## 3.2. Vergelijkende studie

Om teksten effectief te vereenvoudigen met ATS is een geschikt taalmodel ver eist. Specifiek om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen, moet een toepassing voor gepersonaliseerde ATS gebruik maken van een taalmodel dat het beste hierop aansluit. Om het prototype nauwkeurig af te stemmen, vereist een antwoord op de volgende vraag.

- Welk taalmodel of LLM is geschikt voor ATS van wetenschappelijke artikelen voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs, met dezelfde of gelijkaardige kwaliteiten als gepersonaliseerde MTS?

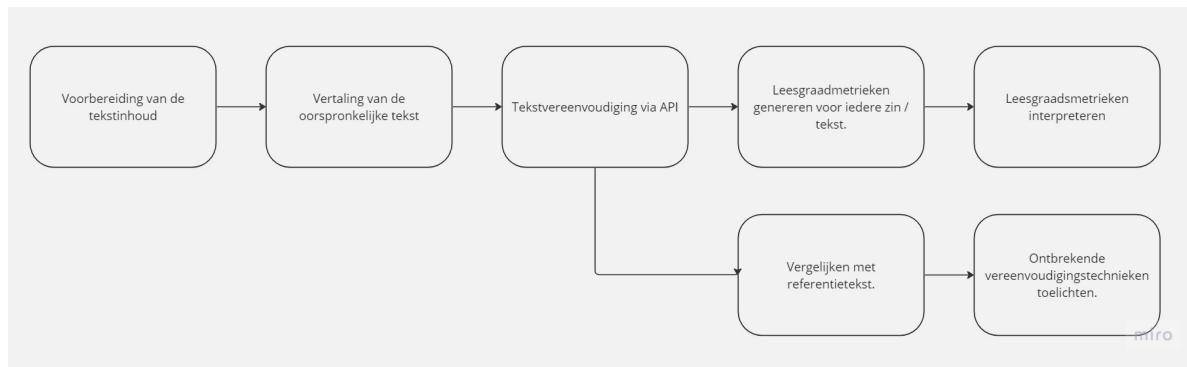
Gezien de schaarse hoeveelheid aan gespecialiseerde taalmodellen, gericht op wetenschappelijke artikelen vereenvoudigen, beoordeelt de vergelijkende studie alle vermelde taalmodellen die op ATS gericht zijn, beschreven in reftable:vergelijkende-studie-taalmodellen.

Verwijzing	Taalmodel
T1	Haining Scientific Abstract Simplification
T2	BART-based Scientific Lay Summarizer
T3	Keep It Simple
T4	GPT-3

**Tabel 3.7:** Gebruikte taalmodellen in de vergelijkende studie

Deze onderzoeksfase doelt op het beoordelen van de taalmodellen via een *mixed-methods* onderzoek. Zowel leesgraadmetrieken als subjectieve metingen aan de hand van een referentietekst komen in deze onderzoeksfase aan bod. De gebruikte wetenschappelijke artikelen zijn dezelfde zoals die in de requirementsanalyse getoond in tabel 3.3. De MTS-referentieteksten zijn geschreven door twee leerkrachten binnen het vakgebied onderwijs, en twee scholieren van de derde graad in het middelbaar onderwijs zonder dyslexie. Deze vier personen baseren zich op vooraf meegekregen richtlijnen, toegelicht in de bijlage B. Dit proces omvat vijf fasen, weergegeven op het stappenplan in figuur 3.2. Zinnen worden vereenvoudigd met ATS om zo het taalmodel met de beste ATS-capabiliteiten voor gepersonaliseerde ATS op te halen. Zo vergelijkt deze onderzoeksfase de leesgraadsmetrieken van de oorspronkelijke wetenschappelijke artikelen zoals in 3.1, met referentieteksten vereenvoudigd via MTS en teksten vereenvoudigd met ATS.

Eerst volgt er een voorbereiding van de teksthoud. Allereerst haalt het script de inhoud van de map met wetenschappelijke artikelen op om deze vervolgens in een tekstbestand te plaatsen, zoals weergegeven in listing D.1. Dezelfde twee wetenschappelijke artikelen, namelijk Sleuwaegen (2022) en Van Brakel (2022), komen in de vergelijkende studie aan bod. Vervolgens vertaalt het script de zinnen in het oorspronkelijk bestand naar het Engels. Het script, verwezen in script D.2, doorloopt alle tekstbestanden en vertaalt de teksthoud met de *deep\_translator* Python-bibliotheek. Het resultaat van deze fase is een csv-bestand bestaande uit

**Figuur (3.2)**

Het gevolgde stappenplan voor de vergelijkende studie.

twee kolommen. Het resultaat van dit script is een csv-bestand met daarin twee kolommen, alle Nederlandstalige en alle vertaalde Engelstalige zinnen van één artikel. Een pipe-symbool dient als separator voor het csv-bestand.

Na de vertaling vindt het aanspreken van het taalmodel plaats, weergegeven in code [D.3](#). Vooraf vindt een tokenisatiefase plaats. De tokenisatie met Spacy gebruikt de embeddingsmodellen weergegeven in tabel [3.8](#). Daarna vinden de API-calls plaats. API-calls in de *scientific\_simplify*-functie naar HuggingFace of OpenAI regelen de taalverwerking. De request naar de HuggingFace API bestaat uit de parameters weergegeven in tabel [3.9](#). Deze taalmodellen moeten eerst beginnen en daarom krijgt de request een extra parameter, namelijk *wait\_for\_model*. Verder past dit script geen extra parameters van de taalmodellen aan. Tabel [3.10](#) visualiseert de gebruikte prompts voor de testen bij het GPT-3 model. Zowel T1 als T4 maken gebruik van een *nul-temperature* en een *top-p* waarde van 90% om zo een probabilistisch vertrouwd antwoord te verkrijgen, net als om een hoge woordfrequentie te krijgen zoals aangegeven in [2.11](#). Bij T1 zijn deze parameters ingebakken. Nadien verwerken de taalmodellen iedere zin uit de tekst. Ten slotte beantwoordt de HuggingFace of GPT API in JSON-formaat, bevattende de vereenvoudigde versie van de opgegeven zin. T1, T2 en T3 vereenvoudigen de Engelstalige zinnen, in tegenstelling tot T4 en verwante prompts die de Nederlandstalige zinnen vereenvoudigen. Zoals aangehaald kunnen prompt-gebaseerde testen verschillende resultaten krijgen, afhankelijk van de gegeven input. Daarom benadert de vergelijkende studie drie verschillende prompts, gebaseerd op de tekstvereenvoudigingstechnieken beschreven in [2.5](#). De tokenlengte kan een request doen falen. Daarom breekt het script de tekst per paragraaf op.

Taal	Embeddingsmodel
Nederlands	NL Core News Medium <sup>1</sup>
Engels	EN Core Web Medium <sup>2</sup>

**Tabel 3.8:** Gebruikte SpaCy word-embeddings

Naam parameter	Waarde
Inputs	De oorspronkelijke zin. Enkel bij T1 komt 'simplify:' voor deze zin.
Max length	De lengte van de oorspronkelijke zin + 10 tokens.
Wait for model	Altijd ingesteld op <i>True</i> .

**Tabel 3.9:** Meegegeven parameters bij HuggingFace-requests

Naam	Prompt
P1	Vereenvoudig deze tekst
P2	Vereenvoudig deze tekst voor studenten (16-18 jaar) door moeilijke woorden te vervangen, vakjargon te schrappen, woorden langer dan 18 letters te vervangen, acroniemen voluit te schrijven, een woord slechts eenmaal door een synoniem te vervangen, korte uitleg te geven wanneer dat nodig is, en percentages te vervangen.
P3	Vereenvoudig een tekst door deze op te delen in kortere zinnen van maximaal tien woorden. Verander voornaamwoorden als 'zij', 'hun' of 'hij' in namen. Vervang complexe zinsconstructies en voorzetzelzinnen door eenvoudiger alternatieven, maar laat ze ongewijzigd als er geen eenvoudiger optie beschikbaar is.

**Tabel 3.10:** De GPT-3-prompts die in de vergelijkende studie aan bod komen.

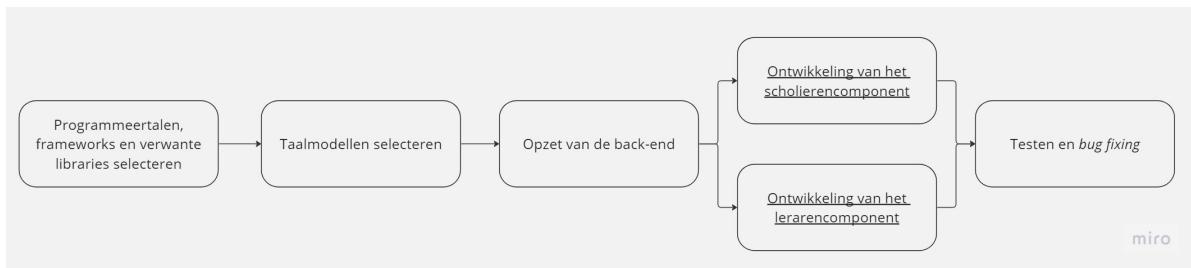
Vervolgens berekent het script in de vierde fase de benodigde leesgraadsmetrieken met de *readability* Python-bibliotheek. Leesgraadsformules dienen, zoals aangegeven in Nenkova en Passonneau (2004), als objectieve maatstaf bij deze vergelijkende studie. De bekomen leesgraadmetrieken ondergaan een vergelijking met elkaar en met die van een referentietekst. De vergelijking verloopt eerst objectief

aan de hand van de leesgraadsmetrieken benoemd in tabel 3.11. Code-blok D.4 maakt een dataframe aan met de Pandas-bibliotheek. Het resultaat van dit script is een dataframe met alle leesbaarheidsmetrieken uit de *readability*-library. Ten slotte eindigt het script door de dataframe op te slaan als CSV-bestand. Het visualiseren en interpreteren van de resultaten komt aan bod in de vijfde fase door middel van een Jupyter-notebook, waarbij de notebook Matplotlib gebruikt om resultaten te visualiseren.

Leesgraadsmetrik	Vereenvoudigingstechniek
FOG	Lexicale en syntactische vereenvoudiging
FRE	Lexicale en syntactische vereenvoudiging
Aantal woorden per zinnen	Syntactische vereenvoudiging
Aantal complexe woorden per zin volgens Dale Chall index	Lexicale vereenvoudiging
Aantal lange woorden per zin	Lexicale vereenvoudiging
Aantal gebruikte hulpwerkwoorden	Syntactische vereenvoudiging.
Aantal zinnen met een vervoeging van het werkwoord 'zijn'	Syntactische vereenvoudiging.

**Tabel 3.11:** De objectieve metrieken voor de vergelijking van de vereenvoudigde teksten met de oorspronkelijke tekst en de referentieteksten.

In tegenstelling tot de objectieve maatstaf kan de subjectieve evaluatie niet via leesgraadsmetrieken verlopen. De referentietekst dient hier als hulpmiddel om de referentietekst, ofwel het verwachte resultaat, te vergelijken met de vereenvoudigde tekst door een taalmodel. Naast leesgraadsmetrieken moeten de vereenvoudigde teksten eveneens de semantiek van de tekst kunnen behouden, alsook de volledige kern van de tekstinhoud nog steeds bijhouden. Zo moeten de referentieteksten capabel zijn om alle meegegeven vragen te beantwoorden. De aftoetsing gebeurt volgens de metrieken weergegeven in tabel 3.12.

**Figuur (3.3)**

Algemeen overzicht van de ontwikkeling van het prototype voor ATS van wetenschappelijke artikelen.

<b>Metriek</b>	<b>Vereenvoudigingstechniek</b>
Inschatting van de doelgroep	Lexicale vereenvoudiging
Schrijven als tabelvorm of opsomming	Structurele aanpassing

**Tabel 3.12:** De subjectieve metrieken voor de vergelijking van de vereenvoudigde teksten door ATS met de referentieteksten.

### 3.3. Prototype voor tekstvereenvoudiging

Met de benodigde functionaliteiten en de geschikte taalmodel voor gepersonaliseerde ATS, kan het onderzoek een volgende stap zetten richting de onderzoeks-vraag. Deze sectie omschrijft de ontwikkeling van een prototype voor gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs en biedt daarmee een antwoord op de volgende deel-vraag:

- Hoe kan een intuïtieve en lokale webtoepassing worden ontwikkeld die zowel scholieren met dyslexie als docenten helpt bij het vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen met behoud van semantiek, jargon en zinsstructuren?

Deze ontwikkeling volgt de flowchart weergegeven op 3.3. Verder verduidelijkt figuur E.2 het stappenplan voor het scholierencomponent en figuur E.1 verduidelijkt het stappenplan voor het lerarencomponent.

Allereerst bepaalt het onderzoek het gebruikte taalmodel voor gepersonaliseerde ATS omdat deze keuze de beperkingen en mogelijkheden van de technologieën, zoals API-oproepen of lokale configuratie, kan beïnvloeden. Na de keuze van het taalmodel, dat in 3.2 gebeurt, bepaalt het onderzoek de gebruikte technologieën en frameworks voor de back-end en de front-end. De beschikbaarheid van GPT-3 en HuggingFace-taalmodellen via API-calls maakt Python en JavaScript een geschikte keuze voor dit prototype, alsook twee vaardigheden die prevalent aanwezig

zijn bij ontwikkelaars. Voor een snelle en gratis ontwikkeling, maakt het prototype gebruik van open-source pakketten. Tabel 3.13 toont een breed overzicht van alle gebruikte programmeertalen. Hierop vult tabel 3.14 aan door een overzicht te geven van alle gebruikte Python-libraries.

Technologie	Functionaliteit
Python	De back-end van het prototype die API-calls en de NLP-functionaliteiten zoals PoS-tagging en lemmatizing verwerkt.
JavaScript	De toepassing gebruikersvriendelijker maken, personalisatie-opties voor de site doorvoeren en de functies gebouwd in Javascript dienen als alternatief op commandline instructies.
HTML en CSS	Het visuele uiterlijk van de website aanpassen naargelang de gekozen parameters van de eindgebruiker.
Jinja	Informatie uit de back-end (Python) doorgeven aan de front-end (JavaScript).
Docker	Lokale uitrol van de webtoepassing.
Bash	Intuïtief script om de webtoepassing op te starten voor Linux en Mac-systemen.
Powershell	Intuïtief script om de webtoepassing op te starten op Windows-systemen.

**Tabel 3.13:** Gebruikte programmeertalen in het prototype voor tekstvereenvoudiging.

Python-bibliotheek	Functionaliteit
Flask	Het framework van de webtoepassing. Deze combineert front-end en back-end en past binnen de scope van een prototype.
PDFMiner	Teksthoud van PDF's inlezen.
EasyOCR	PDF-pagina's inscannen als afbeelding in JPG-formaat om vervolgens de tekst te extraheren.
NumPy	De reshape-functie vereenvoudigt de manier om arrays van zinnen bij elkaar te plaatsen om zo een paragraaf te bekomen.
Spacy	PoS-tagging en het lemmatiseren van woorden.
OpenAI	GPT-3 API aanspreken.
Requests	HuggingFace API aanspreken en informatie ophalen van een lexcale databank API.
BeautifulSoup	HTML-content <i>parsen</i> zodat de aangepaste inhoud van een leerkracht correct geformatteerd kan worden naar een PDF.

**Tabel 3.14:** Gebruikte Python-libraries en hun respectievelijke functie in het prototype.

### 3.3.1. Ontwikkeling en personaliseerbaarheid van de webpagina's ontwikkelen

De homepagina, weergegeven op figuur H.1, biedt een kort overzicht van de twee algemene functionaliteiten, alsook instellingen waar gebruikers de webtoepassing kunnen aanpassen naargelang hun voorkeuren. Zoals aangeraden in 2 door 2023, moeten ontwikkelaars rekening houden met de personalisering van de website. Deze functionaliteit gaat volgens hem vaak onopgemerkt en heeft nochtans een bewezen effect op het leesgedrag -en begrip van zowel mensen met als zonder dyslexie. De webtoepassing maakt gebruik van de standaardparameters, uitgewezen in Rello en Baeza-Yates (2013) en Rello, Baeza-Yates, Dempere-Marco e.a. (2013). Op een apart scherm kan de eindgebruiker de volgende elementen aanpassen naar hun toebehoren. Het prototype kan na aanpassing van de parameters eruit zien zoals weergegeven in figuur H.2. JS maakt het mogelijk om deze parameters dynamisch en on-the-spot aan te passen. Na een aanpassing zal de back-end de sessievariabelen aanpassen naargelang de gekozen parameters, zodat de eindgebruiker niet per pagina deze parameters moet instellen. Voor dit prototype zijn er twee soorten eindgebruikers: leerkrachten die wetenschappelijke artikelen met ATS willen vereenvoudigen op maat van scholieren en de scholieren die dit zelf wil-

len doen. Beide doelgroepen hebben hun eigen noden, maar toch een centraal doel voor ogen: het gepersonaliseerd vereenvoudigen van een wetenschappelijk artikel.

### Wetenschappelijke artikelen opladen

Vervolgens komt het extraheren van tekstinformatie uit een PDF-bestand aan bod. Zo kunnen eindgebruikers met het prototype wetenschappelijke artikelen op één van twee manieren inladen: *plaintext* of via een PDF-bestand. Deze functie wordt hergebruikt voor het leraren- en het scholierencomponent. Echter zijn niet alle *PDF extractors* foutbestendig, want zoals eerder aangewezen in tabel 3.1 kunnen extractors ook tekst niet opnemen. Als valnet biedt het prototype een OCR-optie aan. Deze functionaliteit omvat de ontwikkeling van functionaliteiten aan de front-end en aan de back-end.

De front-end kent enkel de toevoeging van een checkbox en twee *input-tags*, namelijk een *file-input* en een *textarea-input*. De *file-input* geeft de binaries van het PDF-bestand mee van de front-end naar de back-end die het PDF-bestand tijdelijk *in-memory* opslaat. Een checkbox duidt aan of de gebruiker kiest voor OCR-optie. Ten slotte maakt het formulier gebruik van een POST-request om alle meegekregen informatie door te sturen naar de back-end. Na het ontvangen van de request van de front-end, handelt de Flask back-end het bestand verder af zoals aangewezen in code-blok: F.1. Eerst controleert de *back-end* het type invoer. Vervolgens spreekt de Flask back-end de Reader-klasse aan die de tekst formatteert tot een bruikbaar formaat voor de webtoepassing. De back-end krijgt de keuze van de gebruiker tussen normale en OCR-upload mee als boolean, waarbij 1 gelijk staat aan een OCR-afhandeling.

1. PDFMiner itereert doorheen de PDF en extraheert vervolgens de tekst op iedere pagina. Deze methode resulteert in een string-object met alle geëxtraheerde tekst uit een PDF. De uitgewerkte code staat uitgeschreven in F.2.
2. De Python-bibliotheek EasyOCR voorziet een eenduidige en ontwikkelaarsvriendelijke manier om PDF-pagina's op te slaan als JPG of PNG. De library itereert doorheen alle pagina's in een PDF en slaat de pagina's op als JPG. Vervolgens leest EasyOCR de tekst op iedere pagina in en houdt dit bij tot het einde van het script. Na het inlezen van de tekst, verwijdert het script de aangemaakte afbeeldingen om zo memory space te besparen. Net zoals bij de eerste methode, resulteert deze methode in een string-object met alle tekst uit de PDF. De uitgewerkte code staat uitgeschreven in F.3

Na het extraheren van de teksthoud, komt een formatteerfase aan bod waarbij het systeem de tekst omvormt naar het gewenste formaat van de gebruiker. Alleen eerst transformeert de back-end de geëxtraheerde tekst naar arrays van zinnen

met Spacy sentence embeddings. Zoals aangegeven in ?? staat de standaardparameter voor het aantal zinnen per paragraaf ingesteld op vijf zinnen, maar gebruikers kunnen dit aanpassen via het HTML-formulier bij de instellingen. Om de PoS-tag bij het respectievelijke woord bij te houden, maakt het prototype gebruik van een *key-value pair* datastructuur. Zo verwijst de sleutel naar het woord in een zin en de waarde verwijst naar de PoS-tag die aan het woord toebehoord. Het prototype is alleen ontworpen voor Nederlandstalige en Engelstalige wetenschappelijke artikelen. Daarmee laadt het alleen twee embeddingsmodellen van Spacy op, zoals vermeldt in tabel 3.8. Hardcoderen is uit den boze en daarom maakt het prototype gebruik van een *dictionary* die de naam van deze embeddingsmodellen bijhoudt, zoals aangegeven in ?.?. Zo is het systeem en hoeft er enkel een taalherkenning plaats te vinden. Fouttolerantie aanbieden kan in de vorm van een standaardtaal in de dictionary, namelijk het Nederlands, of door vooraf de taal van de opgeladen tekst via een HTML-formulier aan de gebruiker te vragen. In de front-end komt een

### 3.3.2. Lerarencomponent

Na het ingeven van een wetenschappelijk artikel, kunnen leerkrachten beschikken over een tool waarin zij de tekst in beperkte mate kunnen manipuleren, om vervolgens opties mee te geven voor gepersonaliseerde ATS. Figuur H.3 toont een mogelijke weergave van deze HTML-pagina. kunnen leerkrachten beschikken over de functionaliteiten, weergegeven in tabel 3.15. Het HTML-formulier omvat alle benodigde tekstvereenvoudigingstechnieken op lexicaal en syntactisch niveau die 3.2 verder uitwees.

Leraren kunnen handmatig zinnen uit de tekst verwijderen. Hiervoor gebruikt de front-end een eventlistener die de aangeklikte span-tag van klasse 'sentence' verwijdert. Naast zinnen verwijderen kunnen leraren ook woorden aan een woordlijst toevoegen. Hiervoor gebruikt de front-end een JS-script met een eventlistener die een woord en de toebehorende zin toevoegt aan een textarea. Deze textarea gebruikt een pipe-symbool als separator om nadien de text te splitsen en een array te bekomen. Om de leerkracht opties aan te reiken voor gepersonaliseerde ATS, biedt de HTML-pagina een checkbox aan die een lijst van keuzes uitklapt. Zo krijgt de back-end deze parameters om deze nadien te verwerken in de prompt voor het taalmodel. De technieken voor MTS waarvan GPT-3 capabel in is, aangewezen in de vergelijkende studie, zijn hier terug te vinden. Leraren kunnen ook het uitvoerbestand personaliseren met lettertypes, gekozen regeleinde, woord-spatiëring en de marge van het document. Nadat de back-end de inhoud van dit formulier ontvangt, verwerkt de GPT-klasse de aanvraag verder. Deze klasse verwerkt twee functionaliteiten, namelijk het opzoeken van de definitie of een synoniem van een specifiek woord en gepersonaliseerde ATS.

Functionaliteit	Gebruikte JS of Python techniek
Specifieke meegeven per paragraaf	Naast een optie om voor het hele document één prompt te gebruiken, voegt het prototype ook een optie toe om. Hiervoor past de web-inhoud een key-value structuur toe.
Opties voor gepersonaliseerde ATS aangeven.	Met behulp van een HTML-formulier kunnen leerkrachten checkboxes afvinken waaraan de gegenereerde tekst moet voldoen. Deze verschillende opties zijn terug te vinden in <a href="#">3.2</a> .
Werkwoorden, bijvoeglijke en zelfstandige naamwoorden markeren	Front-end aanpassing met eventlistener. De tekstkleur van het aangeduid type woorden verandert naar het gekozen kleur.
Zinnen verwijderen	Front-end filter aangesproken door een <i>eventlistener</i> .
Woord toevoegen aan woordenlijst	Een eventlistener handelt de functionaliteit af door de woorden en hun zin van voorkomen tijdelijk op te slaan in een storage. Het formulier houdt dit bij en geeft het vervolgens mee bij het indienen. Deze woorden en hun respectievelijke zin van voorkomen dienen om de woordenlijst op te vullen in het gegenereerde PDF of Word-bestand.
Sleutel en sessieherkenning	Detectie met JS of een sessievariabele bestaat.

**Tabel 3.15:** Alle beschikbare functionaliteiten in

Parameter	Gebruikte waarde
Prompt	Geef een eenvoudige definitie voor 'woord' in max 1 zin. Context context.
Temperature	0
Max tokens	De lengte van het woord vermeerdert met tien tokens.
Model	Da Vinci 3
Top-p	90%
Stream	False

**Tabel 3.16:** Gebruikte parameters om de definitie van een woord te genereren met GPT-3.

Allereerst dient de *look-up* functie om de definitie van een woord te achterhalen. Met behulp van de prompt beschreven in listing F.6 stuurt de Python back-end een API-call naar de GPT-3 API. Om de uitvoer zo probabilisch mogelijk te maken, gebruikt de GPT-3 API-call een minimale temperature. Tabel 3.16 weergeeft de gebruikte parameters bij de API-call om een woord op te zoeken. Daarna haalt het script het verkregen antwoord uit de JSON-response om deze vervolgens tijdelijk bij te houden in een dictionary.

Daarna komt de vereenvoudiging van zinnen aan bod. Echter moet het script rekening houden met twee aspecten. Allereerst kan de leerkracht kiezen voor een opsomming van de tekst. Daarnaast moet de inputlengte conform zijn aan de richtlijnen van de GPT-3 API. Wetenschappelijke artikelen zijn bijna altijd groter dan de mogelijk inputlengte en daarom maakt het script gebruik van een splitsingsfase. Zo breekt het script de volledige tekst op per 1000 tokens, zodat de inputprompt over marge beschikt en daardoor alle nodige gepersonaliseerde ATS-opties mee kan geven. De code voor de gepersonaliseerde ATS staat weergegeven in listing F.6.

Ten slotte moet de plain-text van vereenvoudigde teksthoud en de woordenlijsten in een formaat worden gegoten. Zo bouwt de Creator-kLASSE PDF's en docx-documenten op volgens de meegegeven personalisatie en maakt gebruik van Pandoc via Python. De code voor deze klasse is terug te vinden op F.7. Pandoc maakt gebruik van een tweestapsbeweging, waarbij het eerst *plain-text* naar een markdownformaat omzet en vervolgens het Markdown-bestand naar een PDF of Word-document converteert. Daarvoor is een YAML-header nodig die de elementen, beschreven in tabel 3.17, moet bevatten. Het script voegt de meegekregen instelling-

gen toe aan de LaTeX YAML-header. De verschillende functionaliteiten van deze klasse staan opgesomd in tabel 3.18. Om de woordenlijst in een PDF te maken, bouwt het script eerst een dictionary op bestaande uit de positie van de paragraaf als key en als values het woord, de PoS-tag en de opgehaalde gepersonaliseerde betekenis. De key is hier niet het woord, want het prototype moet rekening houden met homoniemen. Als de dictionary leeg is, dan wordt dit deel overgeslaan. Het script slaat de vereenvoudigde tekst nadien op in een dictionary-structuur. Vervolgens print het script de vereenvoudigde tekst uit naar het markdown-bestand door alle titels van de dictionary te itereren. Een titel uitprinten in markdown syntax moet voorafgaan aan twee hashtags en gevolgd door een breakline. Na de titel print het script de vereenvoudigde tekst per paragraaf uit. Bij een opsomming gaat een asterisk-symbool vooraf. De uitvoer is het pad waarnaar het PDF- of DOCX-bestand moet worden opgeslaan. Vervolgens zet Pandoc het Markdown-bestand om naar een PDF-bestand gebouwd met de XeLateX engine of een Word-bestand met de meegekregen binaries. Pandoc Flask kan alleen één bestand aan de gebruiker teruggeven. Als oplossing comprimeert het prototype met `zipfile` de PDF- en Wordbestand tot één bestand.

Label in YAML-header	Voorbeeldwaarde
Title	Surveillance met artificiële intelligentie.
Mainfont	Arial
Titlefont	Arial Black
Date	14-06-2023
Document	Article
Margin	3cm
Word-spacing	0.3cm
Lineheight	singleheight

**Tabel 3.17:** Benodigde labels voor een gepersonaliseerd document met Pandoc.

Naam van de functie	Functionaliteit
Create header	De nodige YAML-header voor het markdown-bestand aanmaken.
Generate glossary	Een woordenlijst aanmaken.
Generate summary	Deze functie vult het markdown-bestand met de vereenvoudigde tekst, gesplitst door de titels die de leerkracht heeft gekozen.
Generate summary with summation	Indien de leerkracht een opsomming wenste, dan dient de titel nog steeds al separator, maar het script print de zinnen uit als opsomming conform aan de Markdown-syntax.
Create PDF	De functies gebruikt alle bovenstaande functies indien nodig en maakt de PDF- en Word-bestanden. Nadien zal de functie de twee bestanden comprimeren tot één zip-bestand.

**Tabel 3.18:** De gebruikte functies in de Creator-kLASSE.

### 3.3.3. Scholierencomponent

De taken van de NLP engineer blijven vrijwel identie, daarmee verwijst dit onderdeel terug naar tabel E.2. Daarnaast vallen de taken van de systeemingenieur in dezelfde lijn als die bij het lerarencomponent, daarmee verwijst dit component opnieuw naar de taken verwezen in tabel E.4. Figuur E.2 geeft een stappenplan weer voor de ontwikkeling van het scholierencomponent.

Allereerst wordt de pagina voor de weergaven van het wetenschappelijk artikel opgebouwd in HTML, CSS en Jinja. De iteratiestructuur uit het lerarencomponent, verwezen in ?? kan overgenomen worden om code te herbruiken. De algemene weergave van dit component oogt in dezelfde lijn als dat van de uitgeteste chatbots, maar afgetoetst op de benodigde kenmerken verwezen in tabel 2.2. Figuur H.4 presenteert een voorbeeldweergave van het scholierencomponent. De front-end beschikt al over de PoS-tags en daarmee kan de gebruiker zelf kleuren selecteren om specifieke woorden te markeren. Figuur H.5 toont een voorbeeldweergave van deze functionaliteit. De werkwoorden worden hieronder afgebeeld in het donkerblauw, in tegenstelling tot bijvoeglijke naamwoorden die een donkergroene kleur hebben. Adjectieven uit de tekst verwijderen is mogelijk zonder taalmodel. Aangezien alle woorden gekoppeld worden aan een PoS-tag, is het eenvoudig om de woorden gelinkt aan de span-tag van de adjetieven uit te filteren.

Scholieren kunnen weergegeven tekst markeren met hun cursor om deze vervol-

gens te vereenvoudigen op maat van hun noden. Zo kan de webpagina waarbij een scholier een opsomming wilt van een tekst er uit zien zoals in figuren H.6 en H.7. Allereerst wordt de gemarkerde tekst en de meegegeven gepersonaliseerde opties via JS opgeslaan en doorgegeven aan de back-end. Vervolgens handelt de back-end de API-call naar GPT uit met een prompt waarin dynamisch de personalisatieopties aan worden geconcateneerd. Als de tekst doorlopend is, dan verwerkt JS dit resultaat als een p-tag. Als de scholier eerder koos voor een opsomming, dan wordt er in de prompt ook expliciet een formaat verwacht. Op basis van dit formaat wordt er een ul-tag aangemaakt waarin de array van zinnen wordt geitereerd met een li-tag.

Scholieren kunnen zelf vragen stellen door de tekst te markeren en vervolgens op de verwante knop te drukken. Daarna stuurt een JS-call zowel de vraag van de gebruiker en de gemarkerde tekst naar de Flask back-end. Die verwerkt de aanvraag met de functie in de zelfgemaakte GPT-klasse. Om het systeem robuust te maken, krijgt de prompt een extra veiligheidsmaatregel mee, namelijk 'op basis van deze tekst ///'. Om transparantie van het model te garanderen, geeft de back-end ook de prompt mee aan de front-end. Deze twee stappen worden afgebeeld in figuren H.8 en H.9.

#### **3.3.4. Lokale opzet**

Ten slotte maakt het prototype gebruik van Docker voor de lokale opzet. Doordat het prototype enkel API's van taalmodellen aanspreekt, werkt het prototype met enkel één Docker-container. Code F.11 toont de gebruikte code van de Dockerfile. Voor het opstarten van de webapplicatie moet de Docker-container eerst de benodigde word-embeddings van Spacy installeren. Een scriptbestand in Powershell, zoals weergegeven in F.12, of Bash zoals weergegeven in F.13, maakt de opstart van deze webapplicatie intuïtiever dan via commandline. Het Pipreq-commando genereert een lijst van Python-bibliotheken die Docker vooraf moet installeren.

# 4

## Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten uit de requirementsanalyse, vergelijkende studie en de ontwikkeling van het prototype besproken.

### 4.1. Requirementsanalyse

Huidige door de overheid erkende software kunnen woorden- en synoniemenlijsten genereren na een handmatige selectie van de woorden. Toch kunnen de geteste softwarepakketten geen syntactische vereenvoudiging toepassen op de oorspronkelijke tekst. Daarnaast ontbreken deze erkende software de nodige opmaakopties om een gepersonaliseerde leeservaring aan te bieden. Online beschikbare tools zijn in staat om ATS op zowel Nederlandstalige als Engelstalige wetenschappelijke artikelen toe te passen. Echter houdt geen enkele tool (bewust) rekening met de doelgroep. Daardoor worden alle moeilijke woorden indien mogelijk vervangen door een eenvoudiger synoniem. Indien er geen eenvoudiger synoniem is, dan wordt het woord behouden in de vereenvoudigde tekst en het taalmodel voegt geen ondersteunende definitie toe. Daarnaast maken deze geteste tools geen gebruik van gepersonaliseerde opmaakopties, noch van de webtoepassing noch van het uitvoerbestand. Alle prompts bij ChatGPT en Bing Chat kunnen de benoemde technieken voor lexicale vereenvoudiging toepassen. Enkel schrijven naar de actieve verloopt stroef en alle prompts resulteren in een zin met identieke semantiek, maar geschreven in de passieve stem. De twee chatbots voldoen niet aan de gebruiken een statische weergave en zijn daarmee niet personaliseerbaar. De twee chatbots zijn als enige in staat om structurele aanpassingen in de vorm van opsommingen of tabelstructuren toe te passen op de oorspronkelijke tekst.

ChatGPT en Bing Chat bewijzen dat gepersonaliseerde ATS met evenwaardige kwaliteiten als gepersonaliseerde MTS mogelijk is, maar de online toepassingen ontbre-

ken de nodige opmaakopties om een gepersonaliseerde leeservaring aan te kunnen bieden. Alsook kunnen deze tools geen wetenschappelijke artikelen op een intuïtieve manier inlezen, maar vereisen deze het manueel extraheren van de tekstinhoud om vervolgens deze in de chatbot chunk-by-chunk in te voeren. Daarnaast zijn deze toepassingen niet in staat om teksten naar de actieve stem te schrijven bij geen van de uitgeteste prompts. Passieve zinnen bij de verschillende prompts resulteren in een zin met dezelfde semantiek, maar opnieuw in de passieve vorm. Enkel indien expliciet aangegeven, houdt GPT-3 rekening met de doelgroep waar andere toepassingen niet ertoe in staat zijn.

## 4.2. Vergelijkende studie

De vergelijkende studie beoordeelt de uitvoer van de uitgeteste taallmodellen, beschreven in 3.7, met een subjectieve en een objectieve benadering. Zo achterhaalt deze onderzoeks methode welk taalmodel of LLM beter aansluit bij het aanbieden van gepersonaliseerde ATS voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

Na de geteste taallmodellen bestaat de vereenvoudigde tekst bij T1, T2 en T3 uit meer zinnen dan in de oorspronkelijke tekst, zoals weergegeven in tabel ???. Daarnaast hebben de vereenvoudigde versies van T1, T2 en T3 gemiddeld minder woorden per zin dan het oorspronkelijke artikel. Alleen P3 van T4 slaagt erin om gemiddeld minder woorden per zin te gebruiken dan de oorspronkelijke en de referentieteksten van zowel leerlingen en de referentieteksten van leerkrachten, vergeleken met P1 en P2 die elk gemiddeld meer dan 19 woorden per zin gebruiken, zoals te zien is in figuren G.1 en G.2. De FRE-scores van alle geteste taallmodellen en MTS-referentieteksten zijn niet significant hoger of lager dan die van het oorspronkelijke wetenschappelijke artikel, zoals weergegeven in figuren G.3 en G.4. Evenzo zijn de FOG-scores ook niet significant hoger of lager bij de vereenvoudigde wetenschappelijke artikelen, zoals aangegeven in figuren G.5 en G.6. T1, T2 en T3 gebruiken bij zowel A1 als A2 langere woorden vergeleken met de oorspronkelijke tekst, in tegenstelling tot alle T4 prompts die wel langere woorden wegwerken en zo een gelijk resultaat bekomen als de MTS referentieteksten. Deze verhouding wordt aangewezen in figuur G.9 en figuur G.10. Daarnaast vervangen T1, T2 en T3 ook minder complexe woorden vergeleken met T4 en de MTS-referentietekst. Dit verschil wordt geïllustreerd in figuur G.7 en figuur G.8.

Taallmodellen T1, T2 en T3 zijn niet in staat om syntactische vereenvoudiging op een tekst toe te passen. Alleen T4 kan via P1, P2 en P3 de zinsyntax verlagen. Hoewel alle geteste taallmodellen in staat zijn om lexicale vereenvoudiging te realiseren, wordt de nauwkeurigheid van de doelgroepsinschatting in twijfel getrokken. De referentieteksten schatten de doelgroep correct in door bekend jargon niet aan te passen,

maar wel nieuwe jargon aan te passen als er een beschikbaar synoniem is. Daarnaast kan P1 van T4 ook de coherentie van een meegegeven paragraaf bevorderen, door onder meer omslachtige zinsstructuren aan te passen naar signaalwoorden. In tegenstelling tot T4 zijn T1, T2 en T3 niet in staat om het formaat van de uitvoer aan te passen. De uitvoer blijft een doorlopende tekst. In de referentietekst past één van de auteurs het formaat aan naar tabelvorm voor enkele paragrafen, waar de inhoud beter in tabelvorm kan gestructureerd worden. Enkel prompts P5 en P6 wordt er explicet gevraagd om een formaatwijziging, anders geeft T4 vrijwel altijd een doorlopende tekst terug. Zonder de expliciete aanduiding, zoals uitgetest in sectie 3.1, is T4 niet in staat om deze structurele aanpassing bewust uit te voeren.

T4 heeft verschillende voordelen ten opzichte van T1, T2 en T3 bij gepersonaliseerde ATS voor wetenschappelijke artikelen. Ten eerste kan T4 het aantal zinnen verminderen, terwijl T1, T2 en T3 juist meer zinnen genereren in de vereenvoudigde tekst. T4 slaagt er ook in om gemiddeld minder woorden per zin te gebruiken dan de oorspronkelijke tekst, terwijl de andere modellen dit niet kunnen bereiken. Daarnaast weet T4 langere woorden weg te laten en complexe woorden beter te vervangen dan T1, T2 en T3. Dit resulteert in vereenvoudigde wetenschappelijke artikelen die vergelijkbaar zijn met de referentieteksten. T4 is ook uniek in zijn vermogen om de zinsyntax te verlagen en de coherentie van een paragraaf te verbeteren door signaalwoorden toe te passen. Een ander voordeel van T4 is dat het flexibeler is in het aanpassen van het formaat van de uitvoer. Terwijl T1, T2 en T3 alleen doorlopende tekst produceren, kan T4 ook het formaat wijzigen naar een tabelvorm of opsomming indien explicet gevraagd. Deze voordelen maken T4 een aantrekkelijke keuze ten opzichte van T1, T2 en T3 bij gepersonaliseerde ATS van wetenschappelijke artikelen voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

### **4.3. Opbouw van het prototype**

De ontwikkeling van een prototype voor een gepersonaliseerde ATS van wetenschappelijke artikelen heeft tot doel om ontwikkelaars inzicht te verschaffen in de mogelijkheden om een coherente en lokale webtoepassing te ontwikkelen. Dit prototype is bedoeld om zowel scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs als docenten te ondersteunen bij het vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen, met behoud van de semantiek, jargon en zinsstructuren. Het prototype is uitgerust met functionaliteiten waarmee wetenschappelijke artikelen op consistente wijze kunnen worden ingeladen, waarna de gebruikers gepersonaliseerde ATS kunnen toepassen. Deze functionaliteiten zijn vergelijkbaar met andere geteste tools in de requirementsanalyse, maar gaan verder dan wat momenteel beschikbaar is in chatbots die geavanceerde logica gebruiken voor gepersonaliseerde ATS. Na evaluatie blijkt het prototype te voldoen aan de gespecifi-

ceerde functionaliteiten zoals vastgesteld in het Moscow-schema of tabel 3.6. Hiermee overtreft het prototype alle andere geteste tools in tabel 2.9 op alle fronten. Eerdere belemmeringen, zoals het wijzigen van het formaat, waren enkel mogelijk via de commandline of via een chatbot. Het huidige prototype heeft echter intuitieve handelingen geïmplementeerd om deze obstakels te overwinnen. Bovendien stelt het prototype gebruikers in staat om op basis van gegeven parameters automatisch personaliseerbare PDF- en Word-documenten te genereren. Zowel scholieren als docenten kunnen ook de opmaakopties van de toepassing aanpassen aan hun persoonlijke voorkeuren bij het lezen van wetenschappelijke artikelen. Een opmerkelijke eigenschap van het prototype is het vermogen om de semantiek van de oorspronkelijke wetenschappelijke artikelen te behouden. Dit wordt gerealiseerd door woordenlijsten te reproduceren na een zorgvuldige handmatige selectie van moeilijke woorden. Het prototype is lokaal op te zetten met behulp van Docker, hoewel voor het gebruik ervan een internetverbinding vereist is, net als bij andere tools in tabel 2.9.

# 5

## Conclusie

In deze scriptie is gezocht naar een antwoord op de volgende onderzoeksraag:

- Hoe kan een wetenschappelijke artikel automatisch vereenvoudigd worden, gericht op de unieke noden van scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs?

Uit de requirementsanalyse werden nieuwe inzichten gegeven omtrent het bestaand toepassen van ATS. Zo beschikken online tools echter te weinig over gepersonaliseerde ATS-functionaliteiten, zoals gebleken in sectie 3.1. Daarnaast maken weinig tools gebruik van gepersonaliseerde weergaveopties, die echter een bewezen effect hebben op het leesbegrip van een scholier met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

Uit de vergelijkende studie blijkt dat GPT-3 de leesbaarheid van een wetenschappelijke tekst kan bevorderen door gebruik te maken van eenvoudigere synoniemen en structurele aanpassingen waaronder het schrijven van tekst als een opsomming. Andere geteste taalmodellen uit HuggingFace behalen zwakkere resultaten en ver eisen een extra vertaalfase, die redundant is bij het aanspreken van de GPT-3 API.

Uit de ontwikkeling van het prototype voor gepersonaliseerde ATS is gebleken dat open-source AI en NLP-technologieën hoogstaand genoeg zijn om kwaliteitsvolle tekstvereenvoudigingssoftware te ontwikkelen. Zo kunnen ontwikkelaars gebruik maken van PDFMiner om teksthoud uit wetenschappelijke artikelen te extrahe ren, OpenAI's GPT-3 model via de API om gepersonaliseerde ATS mogelijk te maken en ten slotte Pandoc om dynamische en gepersonaliseerde PDF-documenten au tomatisch te genereren. Binnen een webapplicatie kunnen complexe commandline-

handelingen afgehandeld worden door eenduidige handelingen gebouwd in Javascript en HTML&CSS.

Ontwikkelaars hebben toegang tot T1, T2 en T3 via HuggingFace voor lexicale vereenvoudigingstaken. Deze taalmodellen zijn echter ontoereikend voor gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging en daarom is T4 een geschikter model voor het vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen op maat. GPT-3 presteert goed op gepersonaliseerde vereenvoudigingstaken, maar het is belangrijk om op te merken dat geen enkel taalmodel de doelgroep altijd nauwkeurig kan inschatten. Extra trainingsdata, zoals leerstof of wetenschappelijke artikelen die wel op het niveau van een 16-18-jarige is geschreven, kan het model steunen bij de doelgroepsinschatting. Het gebruik van Engelstalige prompts waarin expliciet de gewenste uitvoertaal wordt vermeld, resulteert in coherenter teksten dan bij een Nederlandstalige prompt.

# 6

## Discussie

Voor dit onderzoek zijn drie onderzoeksmethoden toegepast om te bepalen hoe ontwikkelaars een optimale vorm van gepersonaliseerde ATS kunnen bieden aan scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

Uit de resultaten van de requirementsanalyse blijkt dat zowel erkende toepassingen als online tools onvoldoende functionaliteiten bieden voor gepersonaliseerde ATS en te weinig personaliseringsopties voor opmaak. Dit resultaat komt overeen met de verwachting dat bestaande tools niet specifiek gericht zijn op gepersonaliseerde ATS voor scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn de populariteit van samenvattingstools in vergelijking met vereenvoudigingstools, de complexiteit die gepaard gaat met de ontwikkeling van een dergelijke toepassing en het gebrek aan initiatief binnen dit vakgebied.

Hoewel ChatGPT en Bing Chatbot functionaliteiten bieden voor gepersonaliseerde ATS, ontbreken eenduidige handelingen waardoor gebruikers moeite kunnen hebben met het vereenvoudigen van wetenschappelijke artikelen. Daarnaast houdt het model van ChatGPT geen rekening met referenties buiten de getrainde data, wat problemen kan veroorzaken op het gebied van data-integriteit. In tegenstelling tot Bing AI, dat wel rekening houdt met externe referenties en daarmee een goede basis vormt voor ontwikkelaars om meer referentiemateriaal aan te bieden in ondersteunende onderwijsstoepassingen. Verder onderzoek naar de toepassing van deze AI via een mogelijke API is absoluut noodzakelijk en kan baanbrekend zijn voor de onderwijssector. Aan de andere kant kunnen bestaande toepassingen zoals Kurzweil worden uitgebreid, zodat ze de functionaliteiten hebben om gepersonaliseerde ATS aan te bieden aan scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

Het experiment in de vergelijkende studie maakte gebruik van het GPT-3-model met de Da Vinci 3 engine en is alleen gefinetuned op basis van API-parameters. Zo bevat het ook geen extra vooraf getrainde data van wetenschappelijke artikelen. Uit een vergelijkende studie van taalmodellen voor gepersonaliseerde ATS bleek dat zowel de drie geteste HuggingFace-modellen via API als het geteste GPT-3-model via API in staat waren om moeilijke woorden te identificeren en te vervangen. Hoewel de vrij beschikbare modellen op HuggingFace lexcale vereenvoudiging mogelijk kunnen maken, staan ze in de schaduw van GPT-3, dat als API vrij beschikbaar is voor ontwikkelaars. Daarom kan het GPT-3-model een baanbrekende oplossing bieden voor gepersonaliseerde ATS van wetenschappelijke artikelen, omdat het snel en efficiënt moeilijke woorden kan herkennen in doorlopende tekst en structurele aanpassingen kan maken aan de oorspronkelijke tekst.

Dit resultaat bevestigt de verwachting dat GPT-3 beter in staat is om gepersonaliseerde ATS aan te bieden in vergelijking met vrij beschikbare HuggingFace-taalmodellen. Een mogelijke verklaring hiervoor is de trainingsdata en de complexiteit van het taalmodel, mede door het aantal parameters dat ze bevatten. Er werd een licht effect waargenomen op de verschillen in lexcale complexiteit tussen de HuggingFace-taalmodellen die wel getraind waren op wetenschappelijke artikelen en taalmodellen die getraind waren op algemene data. Meer onderzoek is echter nodig om deze verschillen beter te begrijpen binnen de context van wetenschappelijke artikelen. De studie kon geen gebruik maken van het opvolgende GPT-model, namelijk GPT-4, en er werd geen rekening gehouden met het hoofdstuk waarin een zin werd beoordeeld. Daarom kon er geen antwoord gegeven worden op vragen over het verschil na tekstvereenvoudiging per hoofdstuk in een wetenschappelijk artikel, wat verder onderzoek vereist.

LLM's, waaronder GPT-3, kunnen vragen beantwoorden en tekstvereenvoudiging vergemakkelijken. Er is meer onderzoek nodig naar de verschillen op taalgebied in relatie tot de toename van parameters bij grotere taalmodellen, zoals GPT-4 en LLaMa. Verder onderzoek is nodig naar de effecten van het meegeven van doelgroepen via prompts en of deze rekening houden met de doelgroep. Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op het potentieel van de combinatie van GPT-3 en full-text-search technologieën. Meer onderzoek is nodig naar de verschillen tussen taalmodellen die getraind zijn op wetenschappelijke artikelen en taalmodellen die getraind zijn op algemene data binnen de context van wetenschappelijke artikelen. Er is ook weinig onderzoek gedaan naar het verschil tussen het laten schrijven van prompts en het gebruik van vooraf gedefinieerde prompts, wat verdere aandacht verdient. Er is behoefte aan onderzoek naar het gebruik van nieuwe modellen zoals GPT-4 en Bing AI in het onderwijs. Verder onderzoek is nodig om de bruikbaarheid van deze scores te bepalen en te begrijpen hoe deze scores zich verhouden tot de kwaliteit van de vereenvoudigde tekst.

Het prototype voor de webtool is ontwikkeld met behulp van kennis en tools die worden aangeleerd in alle richtingen Toegepaste Informatica bij Vlaamse hogeschoolen en dient echter als een haalbaarheidsmeting voor ontwikkelaars bij het ontwikkelen van een dergelijke toepassing. Het is belangrijk dat de lezer zich bewust is van het feit dat de webtool gebaseerd is op eerder onderzochte kenmerken en technieken die de impact van tekstvereenvoudiging met MTS hebben aangeïntroduceerd bij scholieren met dyslexie.

Daarnaast is het prototype ontwikkeld met het oog op een snelle en eenduidige implementatie van technieken die voordien enkel beschikbaar waren per command-line. Tijdens de ontwikkeling van het prototype is gebleken dat ontwikkelaars met vrij beschikbare middelen en API's in staat zijn om gepersonaliseerde ATS-toepassingen te bieden aan scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs. Zo kunnen ontwikkelaars het stappenplan volgen om een vergelijkbaar resultaat te behalen, alsook de taken binnenin een projectteam parallel te laten uitvoeren volgens de flowchart.

Dit resultaat komt overeen met de verwachting dat ontwikkelaars nu over de benodigde tools beschikken om een dergelijk prototype voor gepersonaliseerde ATS te maken. Een mogelijke verklaring hiervoor is de beschikbaarheid van *open-source* tools en Python-bibliotheken die ontwikkelaars in staat stellen complexe taken eenvoudig uit te voeren. Toch moet de lezer ervan bewust zijn dat het prototype niet getest is bij het doelpubliek tijdens het intensief lezen van een wetenschappelijk artikel. Daarom kan het alleen dienen als een meting van de haalbaarheid voor ontwikkelaars. Er is momenteel een gebrek aan wetenschappelijke vakliteratuur met betrekking tot tekstvereenvoudiging met ATS voor deze specifieke doelgroep. Logopedisten of studenten in deze richting kunnen dit prototype gebruiken om experimenten uit te voeren die het effect op leesbegrip bij scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs onderzoeken. Onderzoekers binnen het vakdomein secundair onderwijs kunnen de effecten van deze tool observeren bij leerlingen en leerkrachten in het middelbaar onderwijs. Er is echter meer onderzoek nodig om de inzet van gepersonaliseerde ATS-toepassingen en browserextensies voor tekstvereenvoudiging in het onderwijs te verbeteren. Er is behoefte aan een toepassing die alle functionaliteiten kan combineren. Bovendien is er behoefte aan meer onderzoek naar tekstvereenvoudiging met ATS voor de specifieke doelgroep van scholieren met dyslexie. Ten slotte is er onderzoek nodig naar de verbetering van de inzet van gepersonaliseerde ATS-toepassingen en browserextensies voor tekstvereenvoudiging in het onderwijs. Ook moet er onderzoek worden gedaan naar het gebruik van gepersonaliseerde ATS-toepassingen en browserextensies voor tekstvereenvoudiging bij scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

# A

## Onderzoeksvoorstel

### Samenvatting

Ingewikkelde woordenschat en zinsbouw hinderen scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs bij het lezen van wetenschappelijke artikelen. Gepersonaliseerde *automated text simplification* (ATS) helpt deze scholieren bij hun leesbegrip. Daarnaast kan artificiële intelligentie (AI) dit proces automatiseren om de werkdruk bij leraren en scholieren te verminderen. Dit onderzoek achterhaalt met welke technologische en logopedische aspecten AI-ontwikkelaars rekening moeten houden bij de ontwikkeling van een AI-toepassing voor geautomatiseerde en gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging. Hiervoor is de volgende onderzoeksraag opgesteld: "Hoe kan een wetenschappelijk artikel automatisch worden vereenvoudigd, gericht op de unieke noden van scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs?". Een requirementsanalyse achterhaalt de benodigde functionaliteiten om gepersonaliseerde en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging mogelijk te maken. Vervolgens wijst de vergelijkende studie uit welk taalmodel kan worden ingezet om de taak van gepersonaliseerde en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging mogelijk te maken. De requirementsanalyse wijst uit dat toepassingen om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen, gemaakt zijn voor een centrale doelgroep en geen rekening houden met de unieke noden van een scholier met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs. Toepassingen voor gepersonaliseerde ATS zijn mogelijk, maar ontwikkelaars moeten meer inzetten op de unieke noden van deze scholieren.

### A.1. Introductie

Het Vlaams middelbaar onderwijs staat op barsten. Leraren en scholieren worden overspoeld door werkdruk en stress. Bovendien is de derde graad van het middelbaar onderwijs een belangrijke mijlpaal voor de verdere loopbaan van scholieren,

al hebben zij volgens Dapaah en Maenhout (2022) dan moeite om grip te krijgen op de vakliteratuur bij STEM-vakken. Het STEM-agenda<sup>1</sup> van de Vlaamse Overheid moet het STEM-onderwijs tegen 2030 aantrekkelijker te maken, door de ondersteuning voor zowel leerkrachten als scholieren te verbeteren. Toch wordt het aanpakken van de steeds complexere wetenschappelijke taal, zoals beschreven in Barnett en Doubleday (2020), niet opgenomen in het STEM-agenda. Wetenschappelijke artikelen vereenvoudigen, op maat van de noden voor een scholier met dyslexie in het middelbaar onderwijs, is tijds- en energie-intensief voor leerkrachten en scholieren. Automatische en adaptieve tekstvereenvoudiging biedt hier een baanbrekende oplossing om de werkdruk in het middelbaar onderwijs te verminderen. Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen met welke technologische en logopedische aspecten AI-ontwikkelaars rekening moeten houden bij de ontwikkeling van een adaptieve AI-toepassing voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging. De volgende onderzoeksraag is opgesteld: "Hoe kan een wetenschappelijke artikel automatisch vereenvoudigd worden, gericht op de verschillende behoeften van scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs?". Het doel wordt bereikt door een antwoord op de volgende deelvragen te formuleren. Eerst geeft de literatuurstudie een antwoord op de eerste vier deelvragen. Daarna vormt het veldonderzoek een antwoord op de vijfde deelvraag. Ten slotte beantwoordt de vergelijkende studie de zesde en laatste deelvraag. De resultaten van dit onderzoek zetten AI-ontwikkelaars aan om een toepassing te maken om scholieren met dyslexie te kunnen ondersteunen in de derde graad middelbaar onderwijs.

1. Welke aanpakken zijn er voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging? Aansluitende vraag: "Hoe worden teksten handmatig vereenvoudigd voor scholieren met dyslexie?"
2. Welke specifieke noden hebben scholieren van de derde graad middelbaar onderwijs bij het begrijpen van complexere teksten?
3. Wat zijn de specifieke kenmerken van wetenschappelijke artikelen?
4. Met welke valkuilen bij taalverwerking met AI moeten ontwikkelaars rekening houden?
5. Welke toepassingen, tools en modellen zijn er beschikbaar om Nederlandstalige geautomatiseerde tekstvereenvoudiging met AI mogelijk te maken?
6. Welke functies ontbreken AI-toepassingen om geautomatiseerde én adaptieve tekstvereenvoudiging mogelijk te maken voor scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs? Aansluitende vraag: "Welke manuele methoden voor tekstvereenvoudiging komen niet in deze tools voor?"

<sup>1</sup><https://www.vlaanderen.be/publicaties/stem-agenda-2030-stem-competenties-voor-een-toekomst-en-missiegericht-beleid>

## A.2. State-of-the-art

### A.2.1. Tekstvereenvoudiging

De voorbije tien jaar is artificiële intelligentie (AI) sterk verder ontwikkeld. Vasista (2022) benadrukt dat de toename in kennis voor nieuwe toepassingen zorgde. Tekstvereenvoudiging vloeide hier uit voort. Momenteel bestaan er al robuuste toepassingen die teksten kunnen vereenvoudigen, zoals Resoomer<sup>2</sup>, Paraphraser<sup>3</sup> en Prepostseo<sup>4</sup>. Binnen het kader van tekstvereenvoudiging is er bestaande documentatie beschikbaar waar onderzoekers het voordeel van toegankelijkheid aanhalen, maar volgens Gooding (2022) ontbreken deze toepassingen de extra noden die scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs vereisen.

Shardlow (2014) haalt aan dat het algemene doel van tekstvereenvoudiging is om ingewikkelde bronnen toegankelijker te maken. Het zorgt voor verkorte teksten zonder de kernboodschap te verliezen. Siddharthan (2014) haalt verder aan dat tekstvereenvoudiging op één van drie manieren gebeurt. Er is conceptuele vereenvoudiging waarbij documenten naar een compacter formaat worden getransformeerd. Daarnaast is er uitgebreide modificatie die kernwoorden aanduidt door gebruik van redundantie. Als laatste is er samenvatting die documenten verandert in kortere teksten met alleen de topische zinnen. Met deze concepten zijn ontwikkelaars volgens Siddharthan (2014) in staat om ingewikkelde woorden te vervangen door eenvoudigere synoniemen of zinnen te verkorten zodat ze sneller leesbaar zijn.

Tekstvereenvoudiging behoort tot de zijtak van *Natural Language Processing* (NLP) in AI. NLP omvat methodes om menselijke teksten om te zetten in tekst voor machines. Documenten vereenvoudigen met NLP kan volgens Chowdhary (2020) op twee manieren: extract of abstract. Bij extractieve vereenvoudiging worden zinnen gelezen zoals ze zijn neergeschreven. Vervolgens bewaart een document de belangrijkste taalelementen om de tekst te kunnen hervormen. Deze vorm van tekstvereenvoudiging komt volgens (Sciforce, 2020) het meeste voor. Daarnaast is er abstracte vereenvoudiging waarbij de kernboodschap wordt bewaard. Met de kernboodschap wordt er een nieuwe zin opgebouwd. Volgens het onderzoek van Chowdhary (2020) heeft deze vorm potentieel, maar het zit nog in de kinderschoenen.

### A.2.2. Noden van scholieren met dyslexie

Het experiment van Franse wetenschappers

Gala en Ziegler (2016) illustreert dat manuele tekstvereenvoudiging schoolteksten toegankelijker

maakt voor kinderen met dyslexie. Dit deden ze door simpelere synoniemen en

<sup>2</sup><https://resoomer.com/nl/>

<sup>3</sup><https://www.paraphraser.io/nl/tekst-samenvatting>

<sup>4</sup><https://www.prepostseo.com/tool/nl/text-summarizer>

zinsstructuren te gebruiken. Tien kinderen werden opgenomen in het experiment, variërend van 8 tot 12 jaar oud. Verwijswoorden werden vermeden en woorden kort gehouden. De resultaten waren veelbelovend. Het leestempo lag hoger en de kinderen maakten minder leesfouten. Ook bleek er geen verlies van begrip in de tekst bij geteste kinderen. Resultaten van de studie werden gebundeld voor de mogelijke ontwikkeling van een AI-tool.

De visuele weergave van tekst beïnvloedt de leessnelheid bij scholieren met dyslexie. Zo haalt het onderzoek van Rello e.a. (2012) tips aan waarmee teksten en documenten rekening moeten houden bij scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs. Het gaat over speciale lettertypes, spreiding tussen woorden en het gebruik van inzoomen op aparte zinnen. Het onderzoek haalt verder aan dat teksten voor deze unieke noden aanpassen tijdervend is, dus tekst vereenvoudiging door AI kan een revolutionaire oplossing bieden. De Universiteit van Kopenhagen is met bovenstaande idee aan de slag gegaan. Onderzoekers Bingel e.a. (2018) hebben gratis software ontwikkeld, genaamd Hero<sup>5</sup>, om tekst vereenvoudiging voor scholieren in het middelbaar onderwijs met dyslexie te automatiseren. De software bestudeert met welke woorden de gebruiker moeite heeft, en vervangt die door simpelere alternatieven. Hero bevindt zich nu in beta-vorm en wordt enkel in het Engels en Deens ondersteund. Als alternatief is er Readable<sup>6</sup>. Dit is een Engelstalige AI-toepassing dat zinnen beoordeeld met leesbaarheidsformules.

Roldós (2020) haalt aan dat NLP in de laatste decennia volop in ontwikkeling is, maar ontwikkelaars botsen nog op uitdagingen. Het gaat om zowel interpretatie- als dataproblemen bij AI-modellen. Het onderzoek haalt twee punten aan. Aller eerst is het voor een machine moeilijk om de context van homoniemen te achterhalen. Bijvoorbeeld bij het woord ‘bank’ is het niet duidelijk voor de machine of het gaat over de geldinstelling of het meubel. Daarnaast zijn synoniemen een probleem voor tekstverwerking.

Het onderzoek van Sciforce (2020) haalt aan dat het merendeel van NLP-toepassingen Engelstalige invoer gebruikt. Niet-Engelstalige toepassingen zijn zeldzaam. De op komst van AI technologieën die twee datasets gebruiken, biedt een oplossing voor dit probleem. De software vertaalt eerst de oorspronkelijke tekst naar de gewenste taal, voordat de tekst wordt herwerkt. Hetzelfde onderzoek bewijst dat het vertalen van gelijkaardige talen, zoals Duits en Nederlands, een minimaal verschil opleverd. Volgens Plavén-Sigray e.a. (2017) houden onderzoekers zich vaak in hun eigen taal bubbel, wat negatieve gevolgen heeft voor de leesbaarheid van een wetenschappelijk artikel. Bovendien vormt de stijgende trend van het gebruik aan acroniemen Barnett en Doubleday (2020) een extra hindernis. Donato e.a. (2022) haalt aan dat onbegrijpelijke literatuur, waaronder studiemateriaal geschreven door de docent en online wetenschappelijke artikelen, één van de redenen is waarom scholieren

<sup>5</sup><https://beta.heroapp.ai/>

<sup>6</sup><https://readable.com/>

met dyslexie in het middelbaar onderwijs van richting veranderen.

### **A.2.3. Huidige toepassingen**

Vlaanderen heeft weinig zicht op de geïmplementeerde AI software in scholen. Dit werd vastgesteld door (Martens e.a., 2021a), een samenwerking tussen de Vlaamse universiteiten en overheid voor AI. vergeleken met andere Europese landen, maakt België het minst gebruik van leerling-georiënteerde hulpmiddelen. Degenen die wel gebruikt worden, zijn vooral online leerplatformen voor zelfstandig werken. Ook maakt België amper gebruik van beschikbare software die de leermethoden en -noden van leerlingen evaluateert (Martens e.a., 2021b).

Verhoeven (2023) haalt aan dat AI-toepassingen zoals ChatGPT, Google Bard en Bing AI kunnen helpen om routinematisch werk te verminderen in het onderwijs. Echter haalt Deckmyn (2021) aan dat GPT-3, het model van ChatGPT, sterker staat in het maken van Engelstalige teksten vergeleken met Nederlandstalige teksten. De databank waar het GPT-3 model mee is getraind, bestaat uit 92% Engelstalige woorden, terwijl er 0,35% Nederlandse woorden aanwezig zijn in dezelfde databank. Ontwikkelaars moeten de evolutie van deze modellen opvolgen, voordat er Nederlandstalige toepassingen mee worden gemaakt.

### **A.2.4. Ontwikkelen met AI**

Python staat bovenaan de lijst van programmeertalen voor NLP-toepassingen. Volgens het onderzoek van Thangarajah (2019) is dit te wijten aan de eenvoudige syntax, kleine leercurve en grote beschikbaarheid van kant-en-klare bibliotheken. Wiskundige berekeningen of statistische analyses kunnen worden uitgevoerd met één lijn code. Malik (2022) haalt de twee meest voorkomende aan, namelijk NLTK<sup>7</sup> en Spacy<sup>8</sup>. Deep Martin<sup>9</sup> bouwt verder op het onderzoek van Shardlow (2014) naar een pipeline voor lexicaal vereenvoudiging. Deep Martin maakt gebruik van custom transformers om invoertekst te converteren naar een vereenvoudigde versie van de teksthoud.

Voor Germaanse talen zijn er enkele datasets en word embeddings beschikbaar die de complexiteit van woorden bijhouden. Zo zijn er in de Duitse taal Klexicon<sup>10</sup> en TextComplexityDE<sup>11</sup>. Een onderzoek van Suter e.a. (2016) bouwde een rule-based NLP-model met 'Leichte Sprache', wat een dataset is met eenvoudige Duitstalige zinsconstructies. Nederlandstalige datasets zijn in schaarse hoeveelheden beschikbaar, dus het vertalen uit een Germaanse taal is hier een optie.

Volgens Garbacea e.a. (2021) is het belangrijk dat AI-ontwikkelaars niet alleen aandacht besteden aan het aanpassen van woorden en zinnen, maar ook aan de ge-

<sup>7</sup><https://www.nltk.org/>

<sup>8</sup><https://spacy.io/>

<sup>9</sup><https://github.com/chrislemke/deep-martin>

<sup>10</sup><https://github.com/dennlinger/klexikon>

<sup>11</sup><https://github.com/babaknaderi/TextComplexityDE>

bruiker meegeven waarom iets is aangepast. De onderzoekers wijzen op twee ethische aspecten. Eerst moet de toepassing duidelijk aangeven waarom een woord of zin is aangepast. Het model moet de moeilijkheidsgraad van de woorden of zinnen bewijzen. Iavarone e.a. (2021) beschrijft een methode met regressiemodellen om de moeilijkheidsgraad te bepalen door een gemiddeld moeilijkheidspercentage per zin te berekenen. Daarnaast benadrukt Garbacea e.a. (2021) het belang van het markeren van de complexere delen van een tekst. Hiervoor haalt hetzelfde onderzoek methoden aan zoals *lexical* of *deep learning*.

Er is een tactvolle aanpak nodig om een vereenvoudigde tekst met AI te beoordelen. De studie van Swayamdipta (2019) haalt aan dat er extra nood is aan NLP-modellen waarbij de tekst zijn kernboodschap behoudt. Samen met Microsoft Research bouwden ze NLP-modellen die gericht waren op de bewaring van zinsstructuur en -context door *scaffolded learning*. Hiervoor maakten de onderzoekers gebruik van een voorspellingsmethode die de positie van woorden en zinnen in een document beoordeelde. De Flesch-Kincaid leesbaarheidstest is volgens Readable (2021) een alternatieve manier om vereenvoudigde tekstinhoud te beoordelen, zonder de nood aan *pre-trained* modellen. Deze score kan eenvoudig worden berekend met de Python-library *textstat*<sup>12</sup>.

### **A.3. Methodologie**

Een *mixed-methods* onderzoek toont aan hoe toepassingen automatisch een wetenschappelijke artikel kunnen vereenvoudigen, gericht op scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs. Het onderzoek houdt vijf grote fasen in. De eerste fase is het proces van geautomatiseerde tekstvereenvoudiging beschrijven. Dit gebeurt via een grondige studie van vakliteratuur en wetenschappelijke teksten. Ook blogs van experts komen hier aan bod. Na het verwerven van de nodige inzichten wordt er een verklarende tekst opgesteld.

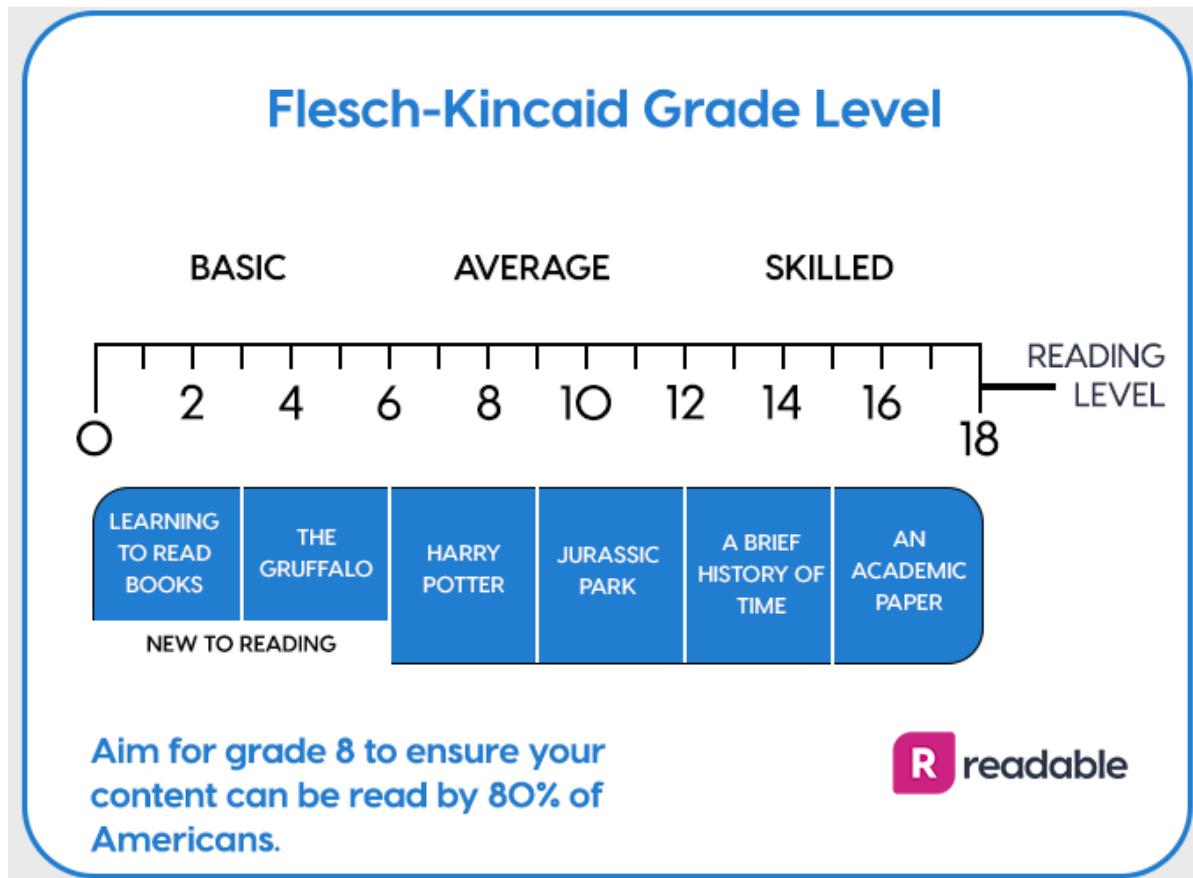
De tweede fase bestaat uit het analyseren van wetenschappelijke werken over de bewezen voordelen van tekstvereenvoudiging bij scholieren met dyslexie van de derde graad middelbaar onderwijs. Hiervoor zijn geringe theissen beschikbaar, die zorgvuldigheid vragen tijdens interpretatie. De resulterende tekst bevat de voordelen samen met hun wetenschappelijke onderbouwing.

De derde fase is opnieuw een beschrijving. Hier worden de valkuilen bij taalverwerking met AI-software nagegaan. Deze fase van het onderzoek brengt mogelijke nadelen en tekortkomingen van AI-software bij tekstvereenvoudiging aan het licht. Dit gebeurt aan de hand van een technische uitleg.

De vierde fase omvat een toelichting over beschikbare AI toepassingen voor tekstvereenvoudiging. Aan de hand van een veldonderzoek op het internet en bij bedrijven wordt een longlist opgesteld van beschikbare toepassingen voor tekstvereenvoudiging in het middelbaar onderwijs. Met een requirementsanalyse wordt

---

<sup>12</sup><https://pypi.org/project/textstat/>



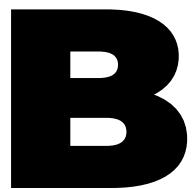
**Figuur (A.1)**  
(Readable, 2021)

er een shortlist opgesteld van software. Het toetsen van verschillende tools wordt ook betrokken in deze fase. De shortlist vormt de basis voor de ontwikkeling van een prototype voor geautomatiseerde en adaptieve tekstvereenvoudiging.

De vijfde en laatste fase van het onderzoek bestaat uit het testen en beoordelen van gekozen AI-toepassingen voor tekstvereenvoudiging. In dit experiment proberen scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs de shortlisted AI toepassingen en het prototype uit. Het doel van het experiment is om de effectiviteit en gebruikersvriendelijkheid van deze toepassingen te beoordelen. Na een grondige analyse wordt er met de resultaten bepaalt of de toepassingen aan de unieke noden van een scholier met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs voldoen om wetenschappelijke artikelen te vereenvoudigen voor scholieren in het middelbaar onderwijs.

#### **A.4. Verwacht resultaat, conclusie**

Er wordt verwacht dat de huidige softwareoplossingen voor tekstvereenvoudiging onvoldoende aansluiten bij de noden van scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs. Het prototype is moeilijk af te stemmen op de specifieke noden van deze doelgroep. Ontwikkelaars die werken met bestaande modellen moeten *custom transformers* inzetten om bevredigende resultaten te krijgen. Bovendien ontbreken er Nederlandstalige word embeddings die de complexiteit van elk woord bijhouden en aan kant-en-klare modellen die de inhoud van wetenschappelijke artikelen kunnen vereenvoudigen. Word embeddings uit een Germaanse taal gebruiken, gevolgd door vertaling naar het Nederlands is wel een aanvaardbaar alternatief.



## Algemene richtlijnen voor de referentieteksten

Het onderzoek achterhaalt hoe scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs ondersteund kunnen worden bij het intensief lezen van een wetenschappelijk artikel. De ondersteuning wordt aangeboden in de vorm van tekstvereenvoudiging met AI. Tekstvereenvoudiging omvat het lexicaal en syntactisch vereenvoudigen, alsook het samenvatten van de kerngedachte per hoofdstuk. Om tekstvereenvoudiging met AI te testen, moeten handmatig en automatisch vereenvoudigde teksten met elkaar worden vergeleken.

De opdracht voor deze bijdrage is het manueel vereenvoudigen van een gekregen wetenschappelijk artikel. Dit wetenschappelijk artikel is zes pagina's (voorpagina uitgesloten) lang. Het doelpubliek voor dit vereenvoudigd artikel zijn scholieren met dyslexie in de derde graad ASO/TSO middelbaar onderwijs. Concreet zou dit een artikel moeten zijn dat tijdens een STEM-les wordt gegeven aan deze doelgroep. Op pagina 2 vindt u tekstvereenvoudigingstechnieken terug. Deze aanpassingen hebben een beneficieel effect op scholieren met dyslexie een wetenschappelijk artikel bij het intensief lezen van wetenschappelijke teksten. U dient deze gekregen aanpassingen te volgen voor deze bijdrage. De beschreven technieken en elementen dienen in de manuele vereenvoudigde tekst terug te vinden zijn.

Op basis van de richtlijnen op pagina 2 worden dezelfde instructies aan een AI-model gegeven. Met de richtlijnen en de door u handmatig vereenvoudigde tekst kan het onderzoek evalueren of AI-taalmodellen capabel zijn om manuele tekstvereenvoudigingstechnieken, specifiek voor scholieren met dyslexie, toe te passen op wetenschappelijke artikelen. De tekst dat een AI-model vereenvoudigd wordt afgetoetst op basis van bestaande metrieken en de kenmerken van uw vereenvou-

digde versie.

Voor de vereenvoudigde versie van het artikel moet u als taaldocent of auteur geen rekening houden met marges, lettertypes of spatiëring. Deze aanpassingen mogen, maar enkel de tekstuele inhoud van het gekregen document wordt in het experiment opgenomen. Een Word-document of PDF-document is voldoende. Daarnaast moet er ook geen rekening worden gehouden met de afbeeldingen in het artikel.

Aanpassingen die niet op pagina 2 omschreven zijn om de tekst eenvoudiger te maken, zijn vrijblijvend. Indien deze aanpassing volgens u een meerwaarde biedt, dan moet de werkwijze voor de start van het document kort beschreven worden. De aanpassing moet eenmalig bovenaan het document worden vermeld. Bijvoorbeeld: 'De zin werd gesplitst omdat deze langer is dan tien woorden.' Zo kunnen wij bij het onderzoek rekening houden met deze extra handeling. Het AI-model wordt dan met deze extra parameter in het achterhoofd beoordeeld.

Namens mijn promotor, copromotors en mezelf wil ik u hartelijk bedanken voor uw interesse in dit onderzoek.

### B.0.1. Lexicale vereenvoudiging

- Een moeilijk woord achterhalen gebeurt op basis van intuïtie en inschatting van de doelgroep. De woordenschat die zelden voorkomt in de dagelijkse lees- en schrijftaal van STEM-vakken voor scholieren tussen 16 en 18 jaar oud, moet worden aangepast. Vakjargon die al in de tweede graad ASO en TSO aan bod is gekomen, mag behouden blijven.
- Een woord dat langer is dan achttien letters, wordt als moeilijk beschouwd en moet vervangen worden door een korter (en eenvoudiger) alternatief.
- Acroniemen worden voluit geschreven.
- Vervang een moeilijk woord in het artikel door slechts één synoniem. Bijvoorbeeld, als het woord 'adhesief' wordt vervangen door 'klevend', gebruik dan geen andere synoniemen voor 'klevend' in de rest van het artikel.
- Indien een woord geen eenvoudiger synoniem heeft, mag het woord kort worden uitgelegd. Dit kan tussen ronde haakjes, of in een aparte zin. Bijvoorbeeld: "Ik voelde me melancholisch." wordt aangepast naar "Ik had een diep gevoel van droefheid en verlies."
- Vermijd het directe overnemen van percentages indien deze voorkomen in het artikel. Vervang dit door benamingen zoals 'een kwart', 'de helft'.

### B.0.2. Syntactische vereenvoudiging

- Te lange zinnen worden opgebroken of gesplitst. De zinnen in het vereenvoudigde artikel zijn hoogstens tien woorden lang.
- Verwijswoorden zoals 'zij', 'hun' of 'hij' worden naar namen veranderd. Bijvoorbeeld voornamen of entiteitsnamen (bijvoorbeeld Nationale Bank).
- Tangconstructies worden vervangen. Dit kan door de bijzin naar het begin of het einde van een zin te plaatsen, de zin te splitsen in twee kortere zinnen of door het onderwerp en de persoonsvorm dichter bij elkaar te plaatsen door minder informatie tussenin te plaatsen.
- Voorzetseluitdrukkingen en samengestelde werkwoorden worden vervangen indien mogelijk. Indien er geen eenvoudigere alternatieven zijn, mogen deze onaangepast blijven.

### B.0.3. Samenvatten

- Het vereenvoudigde artikel volgt dezelfde structuur en chronologische volgorde zoals dat van het oorspronkelijk artikel. Iedere hoofdstuk in het wetenschappelijk artikel is hoogstens twee paragrafen lang. Per paragraaf zijn er hoogstens vijf zinnen.

- Het vereenvoudigd artikel is hoogstens 500 woorden lang.
- Citeren mag indien deze zinnen aan de bovenstaande criteria (lexicale en syntactische vereenvoudiging) voldoen.
- Het gebruik van opsommingen of *bullet-points* wordt aangemoedigd.
- De bronvermelding wordt overgenomen. De referentie gebeurt zoals die uit het oorspronkelijke document (Vancouver) en mag direct overgenomen worden: '[4]' blijft '[4]'.

## **B.1. Specifieke richtlijnen voor AI**

De kerngedachte van iedere paragraaf moet terug te vinden zijn in de vereenvoudigde tekst. Na de tekstvereenvoudiging moeten de volgende vragen in hoogstens twee paragrafen beantwoord kunnen worden:

- **Inleiding:** Wat is het doel van dit onderzoek? Uit welk eerder onderzoek of uit welke probleemstelling vloeide dit onderzoek voort?
- **Socio-technische ontwikkeling:** Welke drie technische ontwikkelingen worden aangehaald in het onderzoek? Wat zijn de sociotechnische ontwikkelingen die het traditionele controle- en handhavingskader onder druk zetten als gevolg van de opkomst van algoritmische surveillance in het politiewerk?
- **Juridisch kader:** Wat zijn de tekortkomingen van het huidige juridisch kader en de controle-instrumenten die momenteel worden ingezet voor de verwerking van gegevens door middel van AI, en biedt het recente voorstel van de EU voor een AI-wet voldoende bescherming van grondrechten en handhavingsmechanismen?
- **Herdenken van algoritmische surveillance-controle:** Hoe kan de visie van Ubuntufilosofie en relationele ethiek bijdragen aan een herziening? Hoe kan relationele controle helpen bij het beschermen van kwetsbare groepen tegen schendingen van mensenrechten door algoritmische surveillance?
- **Concrete stappen:** Welke concrete stappen omtrent ethiek worden er aangehaald? Hoe kan relationele controle helpen bij het herdenken van controlemechanismen en rekening houden met sociaal-technische ontwikkelingen zoals asymmetrische machtsrelaties en de toenemende macht van technologiebedrijven?
- **Conclusies:** Wat besluiten de onderzoekers? Indien verder onderzoek vereist is, naar welk onderzoek kijken ze specifiek uit?

## **B.2. Specifieke richtlijnen voor A2**

Het doel is om de kerngedachte van iedere paragraaf in de vereenvoudigde tekst terug te kunnen vinden, alsook een antwoord moet kunnen geven op de onderstaande vragen per sectie. Enkel de doorlopende tekst moet worden vereenvoudigd, dus geen extra uitleg over de grafieken en visualisaties. Daarnaast moet de vereenvoudigde tekst een antwoord kunnen geven op de vragen in hoogstens vier paragrafen beantwoord kunnen worden:

- **Inleiding:** Wat is de probleemstelling voor dit onderzoek? Welk doel heeft deze bijdrage? Opmerking: uitzonderlijk moet deze sectie tot hoogstens één paragraaf worden samengevat.

- **Beleidsaanpak:**

- Welke economische problemen zijn er ontstaan als gevolg van de oliecrisis en invoerconcurrentie in Nederland en België?
- Wat waren de belangrijkste beleidswijzigingen? Welke gevolgen waren er?
- Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen de Nederlandse en Belgische economie en wat zijn de belangrijkste uitdagingen waar deze landen momenteel voor staan?
- Hoe verschillen de aanpak en uitgaven van de overheid in België en Nederland en wat zijn de gevolgen daarvan voor hun economieën en overheidsfinanciën?

- **Competitiviteit**

- Welke factoren hebben geleid tot het verschil in economische prestaties tussen Nederland en België, en wat is de rol van de werkzaamheidsgraad in deze verschillen?
- Wat zijn de belangrijkste redenen voor het verschil in groeiprestaties tussen Nederland en België, en welke factoren spelen hierbij een rol, met name op het gebied van arbeidsmarkt, innovatie en ondernemerschap?
- Welke observaties worden er gemaakt over ondernemerschap en innovatie in Nederland en België?
- Wat is het verband tussen de inkomende en uitgaande buitenlandse directe investeringen als percentage van het BBP en de internationale化atie van bedrijven in Nederland en België?

- **Structurele evoluties in beide landen:**

- Welke factoren hebben geleid tot de de-industrialisatie in België en Nederland en welke impact heeft dit gehad op de werkgelegenheid en productiviteit in beide landen?

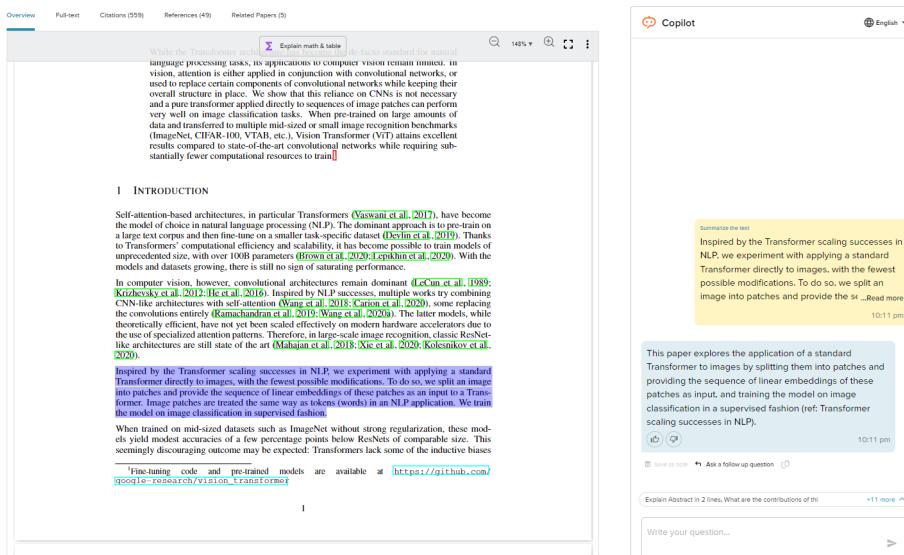
- Hoe beïnvloedt de ongelijke groei tussen de dienstensector en de industriële sector de productiviteit en de economische groei in België?
- Hoe verschilt de dynamiek van de drie gewesten in België met betrekking tot de economische bevoegdheden en de neerwaartse convergentiekrachten in de EU?

Opmerking: Er worden hier drie vragen gesteld, maar u mag nog steeds hoogstens vier paragrafen gebruiken om deze sectie samen te vatten en te vereenvoudigen.

- **Conclusies:** Wat besluiten de onderzoekers? Indien verder onderzoek vereist is, naar welk onderzoek kijken ze specifiek uit? Opmerking: uitzonderlijk moet deze sectie tot hoogstens twee paragrafen worden samengevat.

# C

## Requirementsanalyse: schermafbeeldingen van uitgevoerde experimenten



**Figuur (C.1)**

Informatie opvragen van een wetenschappelijk artikel met SciSpace

## C. Requirementsanalyse: schermafbeeldingen van uitgevoerde experimenten

The first screenshot shows the original text from a journal article about reading comprehension. The second screenshot shows the simplified version generated by Bing Chat.

**Original Text (Screenshot 1):**

Dit is een mogelijke samenvatting van de tekst:  
De tekst gaat over hoe het leren lezen de luisterende hersenen verandert. De auteurs bespreken hoe het lezen twee netwerken in de hersenen activeert: een fonologisch netwerk dat zich richt op de klanken van woorden en een orthografisch netwerk dat zich richt op de vormen van letters. Ze stellen voor dat het lezen van een vaardigheid is die geleerd kan worden door audio-visuele oefeningen en longitudinale studies te gebruiken om de veranderingen in de hersenen en het gedrag te volgen terwijl kinderen leren lezen [1]. Ze suggereren dat deze benadering kan helpen om beter te begrijpen hoe het lezen invloed heeft op andere cognitieve processen, zoals taal, geheugen en aandacht.  
Is dit wat je zocht?

Meer informatie: 1. frontiersin.org 2. frontiersin.org 3. frontiersin.org 2 van 8

**Simplified Text (Screenshot 2):**

Wat kan je mij meer vertellen over het aanleren van deze vaardigheid in de visuele cortex?

✓ Zoeken naar 'Learning to read visual cortex'  
✓ Antwoorden voor u genereren..

Volgens sommige onderzoeken verandert het leren lezen de visuele cortex door een specifieke hersenplaats in de linker occipito-temporale cortex te activeren, die de **visuele woordvormgebied** (VWFA) wordt genoemd. Het herkennen van woorden [1] [2] maakt de stimul in het geleerde schrift en helpt bij het herkennen van woorden [1] [2]. Het leren lezen recyclent dus de visuele corticale netwerken zonder ze te vernietigen of te verdriegen [2] [3]. Het VWFA is ook betrokken bij andere taken die visuele expertise vereisen, zoals gezichtsherkenning of schaakspel [4].  
Heb je nog meer vragen?

Meer informatie: 1. science.org 2. science.org 3. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov 3 van 8

**Figuur (C.2)**

Tekstvereenvoudiging via de link van een wetenschappelijk artikel met Bing Chat

**Color code**

- Black: Words in Black don't change between the two versions.
- Green: Words in Green mean they have been translated adequately.
- Purple: Words in Purple display a further explanation in foot notes.
- Olive: Words in Olive contain two or more possible meanings (a tooltip is provided for these words, place the mouse cursor on top of olive words to see possible meanings).
- Blue: Words in Blue are recognized in Wikipedia (normally names, places, people, organizations, etc.).
- Orange: Words in Orange are not currently available in Basic English.
- Red: Words in Red are names, special terms or not recognized by the translating tool.

**Note :** Double click on any word to add it to your personal dictionary.

### Input Text

Artificial intelligence has been applied more into occupations by companies and individuals. However, the effects within the benefits are both imaginable and unpredictable. Sexual discrimination in jobs is also a debatable topic. The purpose of this paper is to combine the topics of both AI and sexual discrimination and discuss their effects in the job field in the future. Automation, big data and the algorithm applied in the job field would be some of the points to discover. To briefly summarize, automation is the use of machines and computers that reduces human intervention. Big data is a collection of data from various sources, it is related to AI because the more data input into AI the better it becomes. Since AI absorbs the information and learns from them. AI algorithm takes the data input and uses mathematics and logic to produce the output. [1] Gender discrimination in AI not only reflects the pre-existing biases in the society, but it could also reinforce them through automation, hiring systems and decision making. This paper is not totally against the use of AI but advocates that artificial intelligence should be used in a more careful, gender responsible way to reduce sexual discrimination in the job field.

### Simplified

artificial intelligence [1] has been made a request more into work by companies and beings, however, the effects within the gets help are both idea forming and not able to say before hand. sex caused decision making in regular work is also an about which argument is possible thing talked of. The purpose of this paper is to trading group the interests of both AI and sex caused decision making and have a discussion about their effects in the regular work field in the future. automation [2], greatly sized facts and the algorithm [3] applies to the automation of the work field. Big data is a collection of data from various sources, it is related to AI because the more facts input into AI the better it becomes. Since AI takes up the news given and learns from them. AI algorithm [4] takes the facts input and uses mathematics and tests, reasoning to produce the out put. [1] sex statement decision making in AI not only gives back (light, heat, sound) the in existence beforehand has a tendency in a certain direction in the society, but it could also make stronger them through automation [2], getting use of person for money system and decision making. This paper is not totally against the use of AI but Advocates [4] that artificial intelligence [5] should be used in a more careful, sex statement responsible way to get changed to other form sex caused decision making in the regular work field.

Menu ▾

artificial intellig... science that gives great weight to ways of making come into existence intelligent machines that work and have reactions like those of man. Continue reading.

automation<sup>2</sup> the technology of making machines, instruments, process, and the like go through a certain train of operations without further impulse or control from outside after being started. Continue reading

algorithm<sup>3</sup> a word coming from the name of the expert in mathematics /Al-Khwarizmi@who (780-850ac), used to give the way to work out or solve points to be answered. Continue reading.

Advocates<sup>4</sup> A barrister or solicitor representing a party in a hearing before a Court. Continue reading.

**Figuur (C.3)**

Illustratie van de tekstanalyse bij Simplish na een tekstvereenvoudiging.

**Problem:** Many people read very little, because it's too hard to do. Look at the text that we inserted into the yellow box below, starting with, *The waif tried to save...* Can you understand it? Millions of people can't, because the words are too difficult.

**Settings**

**Save & close**

**Sample Original:**  
Rewordify.com is a sublime web site that expedites learning in myriad ways. It helps with reading betterment, and it invites discourse on more topics.

**Sample Output:**  
Rewordify.com is an amazing web site that speeds up learning in many ways. It helps with reading (improvement/ positive change), and it invites intelligent conversation about more topics.

**Display mode:** ?

- Reward hard words; click/tap to see original
- Don't reward words; click/tap to see definitions
- Display hard word and easier word inline
- Display original / rewordified in two columns
- Display original with vocabulary column

**Rewordifying level:** ?

- Easiest
- Level 1 (default)
- Level 2
- Level 3
- Level 4
- Hardest

**Highlighting mode:** ?

- Yellow/purple
- Green/light red
- Blue/orange
- Underline
- None

**Help improve learning outcomes**

Rewordify.com's [amazing features](#) have helped millions of people read billions of words more easily.

**Figuur (C.4)**

Illustratie van de tekstanalyse bij Rewordify.

# D

## Code voor tekstanalyse

---

```
1 import os, re
2
3 def add_newline_after_dot(input_file, output_file):
4     with open(input_file, 'r', encoding='utf-8') as file:
5         text = file.read()
6         text = re.sub(r'\d', '', text)
7         modified_text = text.replace('.', '.\n')
8         with open(output_file, 'w', encoding='utf-8') as file:
9             file.write(modified_text)
10
11 folder_path = 'scripts\\pdf'
12 original_scientific_papers = [f for f in os.listdir(folder_path)]
13
14 for paper in original_scientific_papers:
15     input_file = folder_path + '/' + paper
16     output_file = folder_path + '/' + 'RE_' + paper
17     add_newline_after_dot(input_file, output_file)
```

---

**Listing D.1:** Script voor fase 1 van de vergelijkende studie.

---

```
1 import os
2 import pandas as pd
3 from deep_translator import GoogleTranslator
4
5 output_csv = 'results.csv'
6
7 def translate_dutch_to_english(dutch_text_file):
8     with open(dutch_text_file, 'r', encoding='utf-8') as file:
9         dutch_sentences = file.readlines()
10        dutch_sentences = [sentence.strip() for sentence in dutch_sentences]
11
12    english_sentences = []
13    for sentence in dutch_sentences:
14        translated = GoogleTranslator(source='nl', target='en').translate(sentence)
15        english_sentences.append(translated)
16    df = pd.DataFrame({'Dutch': dutch_sentences, 'English': english_sentences})
17    df.to_csv(str(dutch_text_file).split('.')[0] + '.csv', index=False)
18
19
20 folder_path = 'scripts/pdf/'
21 original_scientific_papers = [f for f in os.listdir(folder_path)]
22
23 for paper in original_scientific_papers:
24     if paper.startswith('RE_') and paper.endswith('.txt'):
25         print(f'STARTING {paper}')
26         dutch_text_file = folder_path + paper
27         translate_dutch_to_english(dutch_text_file)
28
```

---

**Listing D.2:** Script voor de tweede fase van de vergelijkende studie.

```
1 from pdfminer.high_level import extract_pages
2 from pdfminer.layout import LTTextContainer
3 import spacy
4 from langdetect import detect
5 import pandas as pd
6 import os
7 import readability
8 import requests, spacy, os, numpy as np
9 import time, json, requests
10 from langdetect import detect
11 from googletrans import Translator
12 from bs4 import BeautifulSoup
13 from deep_translator import GoogleTranslator
14
15
16
17 folder_path = 'scripts\\pdf'
18 dutch_spacy_model = "nl_core_news_md"
19 english_spacy_model = "en_core_web_sm"
20
21 dict = {
22     'nl':'nl_core_news_md',
23     'en':'en_core_web_sm'
24 }
25
26 total_df = None
27 gt = Translator()
28
29 huggingfacemodels = {
30     'T1':"https://api-inference.huggingface.co/models/haining/
31         scientific_abstract_simplification",
31     'T2': "https://api-inference.huggingface.co/models/sambydlo/bart-large-
32         scientific-lay-summarisation",
32     'T3': "https://api-inference.huggingface.co/models/philippeLaban/keep_it_simple"
33 }
34
35 max_length = 2000
36 COMPLETIONS_MODEL = "text-davinci-003"
37 EMBEDDING_MODEL = "text-embedding-ada-002"
38
39 languages = {
40     'nl':'nl_core_news_md',
41     'en':'en_core_web_md'
42 }
43
44 class HuggingFaceModels:
45     def __init__(self, key=None):
46         global huggingface_api_key
47         try:
48             huggingface_api_key = key
```

```

49     except:
50         huggingface_api_key = 'not_submitted'
51
52     """"""
53     def query(self, payload, API_URL):
54         headers = {"Authorization": f"Bearer {huggingface_api_key}"}
55         response = requests.post(API_URL, headers=headers, json=payload)
56         return response.json()
57
58     """"""
59     def scientific_simplify(self, text, lm_key):
60         try:
61             API_URL = huggingfacemodels.get(lm_key)
62             translated = GoogleTranslator(source='auto', target='en').translate(str(text))
63
64             if lm_key == 'T1':
65                 result = self.query({"inputs": str('simplify: ' + str(translated)), "parameters": {"max_length": len(sentence)+10}, "options": {"wait_for_model": True}}, API_URL)
66             else:
67                 result = self.query({"inputs": str(translated), "parameters": {"max_length": len(sentence)+10}, "options": {"wait_for_model": True}}, API_URL)
68
69             if 'generated_text' in result[0]:
70                 translated = GoogleTranslator(source='auto', target='nl').translate(str(result[0]['generated_text']))
71                 return translated
72             elif 'summary_text' in result[0]:
73                 translated = GoogleTranslator(source='auto', target='nl').translate(str(result[0]['summary_text']))
74                 return translated
75             else:
76                 return None
77         except:
78             return text
79
80     def get_sentence_length(sentence):
81         txt_language = detect(sentence)
82         dic_language = languages.get(txt_language)
83         nlp = spacy.load(dic_language)
84         doc = nlp(sentence)
85         return len()
86
87     def tokenize_text(text):
88         txt_language = detect(text)
89         dic_language = languages.get(txt_language)
90         nlp = spacy.load(dic_language)
91         doc = nlp(text)
92         return doc.sents

```

```
94
95
96 def process_file(file_path):
97     with open(folder_path + '/' + file_path, "r", encoding='utf8') as file:
98         text = file.read()
99         tokens = tokenize_text(text)
100    return tokens
101
102
103 hf = HuggingFaceModels(key='hf_dvxzzGtWZsXbsvHltnPwQtJkJkeRziPyv')
104 original_scientific_papers = [f for f in os.listdir(folder_path)]
105
106 for paper in original_scientific_papers[3:]:
107     sentence_tokens = process_file(paper)
108     for sentence in sentence_tokens:
109         for model in huggingfacemodels.keys():
110             filename = "SIMPLIFIED_" + model + '_' + paper
111             with open(filename, 'a', encoding='utf-8') as f:
112                 output = hf.scientific_simplify(str(sentence), model)
113                 f.write(str(output))
114
```

---

**Listing D.3:** Script voor de derde fase van de vergelijkende studie

---

```

1 import os
2 from langdetect import detect
3 import spacy
4 import pandas as pd
5 import readability
6
7 simplified_folder = 'scripts/vereenvoudigde_artikelen'
8 original_folder = 'scripts/pdf'
9
10 scientific_papers = [original_folder + "/" + f for f in os.listdir(original_folder)
11                     ] + [simplified_folder + "/" + f for f in os.listdir(simplified_folder)]
12
13 languages = {
14     'nl':'nl_core_news_md',
15     'en':'en_core_web_md'
16 }
17 df = pd.DataFrame()
18
19 for paper in scientific_papers:
20     with open(paper, 'r', encoding='utf-8') as file:
21         text = file.read()
22     nlp = spacy.load(languages.get('nl'))
23     doc = nlp(text)
24
25     for sent in doc.sents:
26         try:
27             metrics = readability.getmeasures(sent.text, lang='nl')
28             row = {
29                 'Paper': paper.split('/')[2].split('.')[0],
30                 'Sentence': sent.text,
31                 'FRE': metrics['readability grades']['FleschReadingEase'],
32                 'FOG': metrics['readability grades']['GunningFogIndex'],
33             }
34
35             for key, value in metrics['sentence info'].items():
36                 row[key] = value
37
38             for key, value in metrics['word usage'].items():
39                 row[key] = value
40
41             for key, value in metrics['sentence beginnings'].items():
42                 row[key] = value
43
44             df = df.append(row, ignore_index=True)
45         except Exception as e:
46             print(e)
47
48 df.to_csv('result.csv', index=False)
49

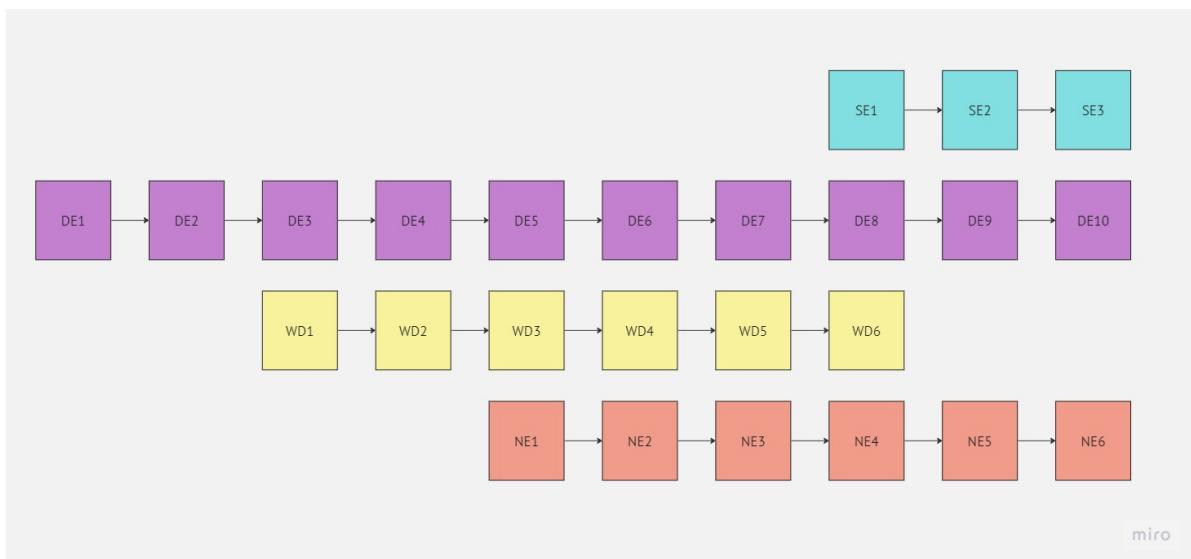
```

---

**Listing D.4:** Script voor fase 4 van de vergelijkende studie

# E

## Ontwikkeling van prototype: stappenplan



**Figuur (E.1)**

Stappenplan voor de ontwikkeling van het component voor lectoren.

WD1	Flask-skelet aanmaken
WD2	Formulier voor GPT-3 API-sleutel invoer maken + sessie
WD3	Formulier voor gepersonaliseerde opties van website aanmaken + sessie
WD4	Webpagina's aanmaken in HTML & CSS
WD5	Invoerformulier maken voor PDF- en tekstupload
WD6	Invoerformulier maken voor het genereren van een gepersonaliseerde vereenvoudiging van een wetenschappelijk artikel

**Tabel E.1:** Taken van de webontwikkelaar bij het uitwerken van het lerarencomponent.

NE1	Spacy word embeddings laden & PoS-tagging en lemmatization implementeren
NE2	Dictionary implementeren voor het bijhouden van de PoS-tag per dictionary
NE3	Jupyter notebook om gepersonaliseerde prompts en aangepaste hyperparameters uit te testen voor de GPT-3 API
NE4	Jupyter notebook gebruiken om tekstvereenvoudigingsfuncties met GPT-3 API uit te testen.
NE5	Optioneel: Extra trainingsdata toevoegen aan GPT-3 model.
NE6	Code voor de voorgestelde pipeline voor ATS implementeren in Python back-end.

**Tabel E.2:** Taken van de NLP Engineer bij het uitwerken van het lerarencomponent.

SE1	Dockerfile en bijhorende requirementsfile aanmaken
SE2	Opzet in Docker realiseren
SE3	Powershell en Bash-script realiseren

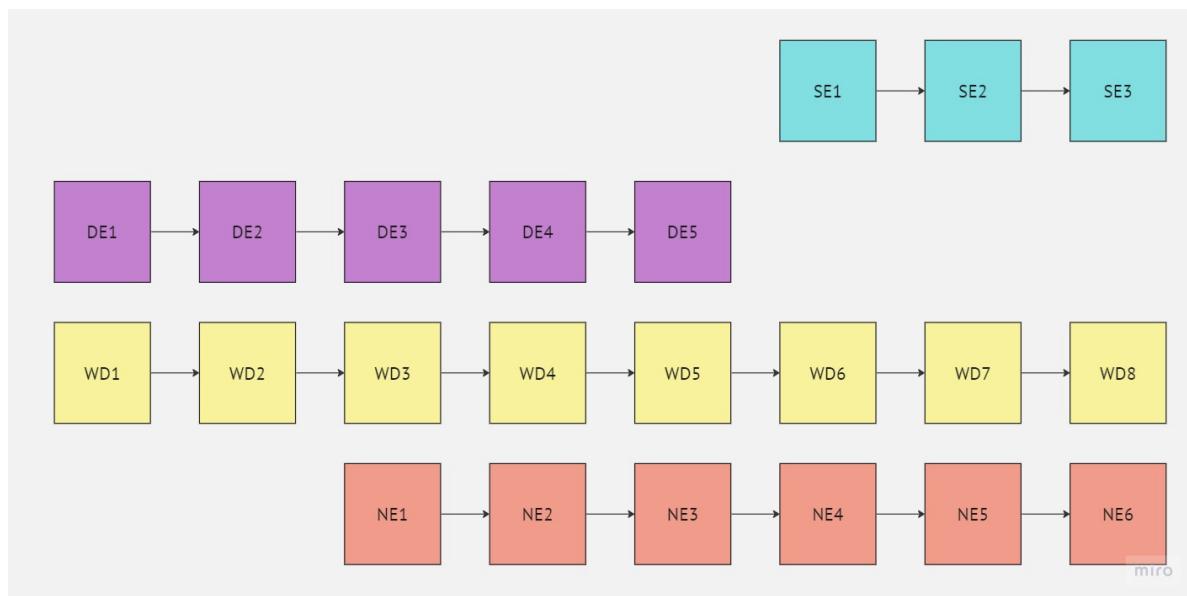
**Tabel E.4:** Taken van de system engineer bij het uitwerken van het lerarencomponent.

DE1	Python-notebook om PDFMiner uit te testen bij willekeurige wetenschappelijke artikelen (2000 - nu)
DE2	Python-notebook opstellen om EasyOCR uit te testen bij willekeurige wetenschappelijke artikelen
DE3	Jupyter notebook om tekstdata cleaning te realiseren. De restanten van de PDF-extractie moeten weg.
DE4	Jupyter notebook om look-up methode voor synoniemen te realiseren.
DE5	Code in back-end implementeren voor PDF-upload via in-memory PDF read.
DE6	Python-notebook om Pandoc PDF & Word-document te genereren.
DE7	Uittesten van YAML-header in Markdown-bestand voor een document op maat.
DE8	Uittesten van uitschrijven tekstinhoud naar Markdown-bestand
DE9	Implementatie code van Pandoc in Flask-framework
DE10	Code in back-end implementeren voor zippen & doorsturen naar eindgebruiker.

**Tabel E.3:** Taken van data engineer bij het uitwerken van het lerarencomponent.

WD1	Flask-skelet aanmaken
WD2	Formulier voor GPT-3 API-sleutel invoer maken + sessie
WD3	Formulier voor gepersonaliseerde opties van website aanmaken + sessie
WD4	Webpagina's aanmaken in HTML & CSS
WD5	Invoerformulier maken voor PDF- en tekstupload
WD6	JavaScript-functies schrijven voor het weergeven van grammaticale structuren, bijvoeglijke en zelfstandige naamwoorden.
WD7	JavaScript functies schrijven voor dynamische tekstaanpassing met placeholder-tekst
WD8	API-calls schrijven voor de functies: look-up, lexicaal vereenvoudiging, formaatwijzigingen en ten slotte prompt-gedreven tekstvereenvoudiging

**Tabel E.5:** Taken van NLP engineer bij het uitwerken van het scholierencomponent.

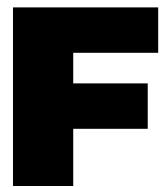


**Figuur (E.2)**

Stappenplan voor de ontwikkeling van het component voor scholieren.

DE1	Python-notebook om PDFMiner uit te testen bij willekeurige wetenschappelijke artikelen (2000 - nu)
DE2	Python-notebook opstellen om EasyOCR uit te testen bij willekeurige wetenschappelijke artikelen
DE3	Jupyter notebook om tekstdata cleaning te realiseren. De restanten van de PDF-extractie moeten weg.
DE4	Jupyter notebook om look-up methode voor synoniemen te realiseren.
DE5	Code in back-end implementeren voor PDF-upload via in-memory PDF read.

**Tabel E.6:** Taken van data engineer bij het uitwerken van het scholierencomponent.



## Code voor het prototype

---

```
1 def setup_scholars_teachers(request):
2     settings = request.form
3     if 'fullText' in request.form:
4         text = request.form['fullText']
5         langs = detect_langs(text)
6         reader = Reader()
7         dict_text = reader.get_full_text_site(text)
8     elif 'pdf' in request.files:
9         if 'advanced' not in settings:
10             pdf = request.files['pdf']
11             pdf_data = BytesIO(pdf.read())
12             all_pages = extract_pages(pdf_data, page_numbers=None, maxpages=999)
13             langs = detect_langs(str(all_pages))
14             reader = Reader()
15             full_text = reader.get_full_text_dict(all_pages)
16             dict_text = reader.get_full_text_site(full_text)
17         else:
18             pdf = request.files['pdf']
19             pdf_data = pdf.read()
20             pages = convert_from_bytes(pdf_data)
21             reader = Reader()
22             img_text = reader.get_full_text_from_image(pages)
23             langs = detect_langs(img_text)
24             dict_text = reader.get_full_text_site(img_text)
25             return dict_text, langs, 'voorbeeldtitel', 'voorbeeldonderwerp'
26
27 @app.route('/for-scholars', methods=['GET', 'POST'])
28 def teaching_tool():
29     try:
30         dict_text, langs, title, subject = setup_scholars_teachers(request)
31         return render_template('for-scholars.html', pdf=dict_text, lang=langs, title=
32                               title, subject=subject)
32     except Exception as e:
```

---

```
33     return render_template('error.html', error=str(e))
34
35 @app.route('/for-teachers', methods=['GET', 'POST'])
36 def analysing_choosing_for_teachers():
37     try:
38         dict_text, langs, title, subject = setup_scholars_teachers(request)
39         return render_template('for-teachers.html', pdf=dict_text, lang=langs, title=
40                               title, subject=subject)
41     except Exception as e:
42         return render_template('error.html', error=str(e))
```

---

**Listing F.1:** Koppeling tussen front-end en back-end voor het inlezen van een wetenschappelijk artikel

```
1 def get_full_text_from_pdf(self, all_pages):
2     total = ""
3     for page_layout in all_pages:
4         for element in page_layout:
5             if isinstance(element, LTTextContainer):
6                 for text_line in element:
7                     total += text_line.get_text()
8     return total
```

---

**Listing F.2:** Een PDF inlezen met PDFMiner

```
1 def get_full_text_from_image(self, all_pages):
2     img_files = []
3     num_pages = 0
4     for i, page in enumerate(all_pages):
5         file = f'page_{num_pages}.jpg'
6         page.save(file, 'JPEG')
7         img_files.append(file)
8         num_pages += 1
9
10    full_text = []
11    reader = easyocr.Reader(['nl'])
12    for f in img_files:
13        result = reader.readtext(f, detail=0)
14        full_text.append(" ".join(result))
15        os.remove(f)
16    return " ".join(full_text)
```

---

**Listing F.3:** Een PDF inlezen met OCR

---

```

1 def get_full_text_site(self, full_text):
2     try:
3         lang = detect(full_text)
4     except:
5         lang = 'en'
6
7     if lang in dict:
8         nlp = spacy.load(dict.get(lang))
9     else:
10        nlp = spacy.load(dict.get('en'))
11
12    full_text = str(full_text).replace('\n', ' ')
13
14    doc = nlp(full_text)
15    sentences = []
16    for sentence in doc.sents:
17        sentences.append(sentence)
18
19    pad_size = SENTENCES_PER_PARAGRAPH - (len(sentences) % SENTENCES_PER_PARAGRAPH)
20    padded_a = np.pad(sentences, (0, pad_size), mode='empty')
21    paragraphs = padded_a.reshape(-1, SENTENCES_PER_PARAGRAPH)
22
23    text_w_pos = []
24    for paragraph in paragraphs:
25        paragraph_w_pos = []
26        try:
27            for sentence in paragraph:
28                dict_sentence = {}
29                for token in sentence:
30                    dict_sentence[token.text] = str(token.pos_).lower()
31                paragraph_w_pos.append(dict_sentence)
32            text_w_pos.append(paragraph_w_pos)
33        except:
34            pass
35
36    return text_w_pos

```

---

**Listing F.4:** Het formatteren van de tekst naar een formaat voor de website.

---

```

1 class HuggingFaceModels:
2     def __init__(self, key=None):
3         global huggingface_api_key
4         try:
5             huggingface_api_key = key
6         except:
7             huggingface_api_key = 'not_submitted'
8
9     """
10    def query(self, payload, API_URL):
11        headers = {"Authorization": f"Bearer {huggingface_api_key}"}
12        response = requests.post(API_URL, headers=headers, json=payload)
13        return response.json()
14
15    """
16    def scientific_simplify(self, text, lm_key):
17        length = len(text)
18        API_URL = huggingfacemodels.get(lm_key)
19        gt = Translator()
20        translated_text = gt.translate(text=text, src='nl', dest='en').text
21        result = self.query({"inputs": str(translated_text), "parameters": {"max_length": length}, "options": {"wait_for_model": True}}, API_URL)[0]['generated_text']
22        result = gt.translate(text=result, src='en', dest='nl').text
23        return result
24
25    def summarize(self, text, lm_key):
26        gt = Translator()
27        soup = BeautifulSoup(text, 'html.parser')
28        tags = soup.find_all(True)
29        split_text = {}
30        for tag in tags:
31            if tag.name == 'h3':
32                current_key = tag.text
33            if tag.name == 'p':
34                split_text[current_key] = tag.text
35
36        for key in split_text.keys():
37            split_text[key] = str(split_text[key]).strip('\n').replace('\n', ' ')
38            replace('\\', '')
39
40        result_dict = {}
41        for key in split_text.keys():
42            text = split_text[key]
43            origin_lang = detect(text)
44            nlp = spacy.load(languages.get(origin_lang, 'en'))
45            doc = nlp(text)
46
47            sentences = []
48            for s in doc.sents:
49                try:

```

```

49         text = gt.translate(text=str(s), dest='en').text
50         sentences.append(text)
51     except Exception as e:
52         print(e)
53
54     API_URL = huggingfacemodels.get(lm_key)
55     sentences = np.array(sentences)
56     pad_size = 3 - (sentences.size % 3)
57     padded_a = np.pad(sentences, (0, pad_size), mode='empty')
58     paragraphs = padded_a.reshape(-1, 3)
59
60     output = []
61     text = ""
62     for i in paragraphs:
63         length = len(str(i))
64         result = self.query({"inputs": str(i), "parameters": {"max_length": length}, "options": {"wait_for_model": True}}, API_URL)
65
66     try:
67         if 'generated_text' in result[0]:
68             text = result[0].get('generated_text')
69
70         if 'summary_text' in result[0]:
71             text = result[0].get('summary_text')
72     except Exception as e:
73         print(e)
74
75     lang = detect(text)
76     try:
77         text = gt.translate(text=str(text), src=lang, dest='nl').text
78     except Exception as e:
79         print(str(e))
80
81     output.append(text)
82     result_dict[key] = output
83     return(result_dict)
84
85 """@returns a translated sentence"""
86 def translate_sentence(self, sentence):
87     translator = Translator()
88     result = translator.translate(
89         text=sentence,
90         dest='nl'
91     )
92     return result.text

```

**Listing F.5:** HuggingFace-klasse

---

```

1 class GPT():
2     """ @sets openai.api_key """
3     def __init__(self, key=None):

```

```

4     global gpt_api_key
5     if key is None:
6         gpt_api_key = 'not-submitted'
7         openai.api_key = key
8     else:
9         gpt_api_key = key
10        openai.api_key = key
11
12    """ @returns prompt, result from gpt """
13    def look_up_word_gpt(self, word, context):
14        try:
15            prompt = f"""
16                Give a simple Dutch explanation in one sentence for this word in the given
17                context. Give the PoS-tag and Dutch definition: '{word}'
18                context: {context}
19                format: PoS-tag | definition
20                /**
21                """
22
23            result = openai.Completion.create(
24                prompt=prompt,
25                temperature=0,
26                max_tokens=50,
27                model=COMPLETIONS_MODEL,
28                top_p=0.9,
29                stream=False
30            )["choices"][0]["text"].strip(" \n")
31            return result, word, prompt
32        except Exception as e:
33            return 'error', str(e), str(e)
34
35    """ @returns prompt, result from gpt """
36    def give_synonym(self, word, context):
37        try:
38            prompt = f"""
39                Give a Dutch synonym for '{word}'. If there is no Dutch synonym available,
40                explain it between curly brackets.
41                context:
42                {context}
43                """
44
45            result = openai.Completion.create(
46                prompt=prompt,
47                temperature=0,
48                max_tokens=10,
49                model=COMPLETIONS_MODEL,
50                top_p=0.9,
51                stream=False
52            )["choices"][0]["text"].strip(" \n")
53            return result, word, prompt
54        except Exception as e:

```

```

53     return 'Open AI outage of problemen', str(e)
54
55 def personalised_simplify(self, sentence, personalisation):
56     if 'summary' in personalisation:
57         prompt = f"""
58             Simplify the sentences in the given text and {", ".join(personalisation)}
59             :return: A list of simplified sentences divided by a '|' sign
60             /**
61             {sentence}
62             """
63     else:
64         prompt = f"""
65             Explain this in own Dutch words and {", ".join(personalisation)}
66             /**
67             {sentence}
68             """
69
70     try:
71         result = openai.Completion.create(
72             prompt=prompt,
73             temperature=0,
74             max_tokens=len(prompt),
75             model=COMPLETIONS_MODEL,
76             top_p=0.9,
77             stream=False
78         )["choices"][0]["text"].strip("\n")
79
80         if 'summary' in personalisation:
81             result = result.split('|')
82         else:
83             result = [result]
84
85     return result, prompt
86 except Exception as e:
87     return str(e), prompt
88
89 def personalised_simplify_w_prompt(self, sentences, personalisation):
90     try:
91         result = openai.Completion.create(
92             prompt=personalisation,
93             temperature=0,
94             max_tokens=len(personalisation)+len(sentences),
95             model=COMPLETIONS_MODEL,
96             top_p=0.9,
97             stream=False
98         )["choices"][0]["text"].strip("\n")
99         return result, personalisation
100    except Exception as e:
101        return str(e), personalisation
102
103

```

```

104     def summarize(self, full_text_dict, personalisation):
105         soup = BeautifulSoup(full_text_dict, 'html.parser')
106         tags = soup.find_all(True)
107         split_text = {}
108
109     for tag in tags:
110         if tag.name == 'h3':
111             current_key = tag.text
112
113         if tag.name == 'p':
114             split_text[current_key] = tag.text
115
116         for key in split_text.keys():
117             split_text[key] = str(split_text[key]).strip('\n')\
118                 .strip('\\').replace('\\', '')
119
120     new_text = []
121     for title in split_text.keys():
122         text = split_text[title]
123         if len(text) > 1000:
124             index = len(text) // 2
125             text_to_prompt = [text[:index], text[index:]]
126         else:
127             text_to_prompt = [text]
128
129     full_chunk_result = ""
130     for chunk in text_to_prompt:
131         if 'summation' not in personalisation:
132             prompt = f"""
133             Rewrite this with {" ".join(personalisation)}
134             /**
135             {chunk}
136             """
137         else:
138             prompt = f"""
139             Rewrite this as a list of simplified Dutch sentences with {" ".join(
140             personalisation)}
141             :return: A list of simplified sentences divided by a '|' sign
142             /**
143             {chunk}
144             """
145
146             full_chunk_result += str(openai.Completion.create(prompt=prompt, temperature=
147             0,max_tokens=500,model=COMPLETIONS_MODEL,top_p=0.9,stream=False)[
148             "choices"
149             ][0][
150             "text"
151             ].strip(" \n"))
152             new_text[title] = [full_chunk_result]
153
154     return new_text

```

**Listing F.6:** De gebruikte Python-klasse voor gepersonaliseerde ATS

---

```
1 import subprocess, io, os, pypandoc
```

```

2 from datetime import date
3 import zipfile
4
5 markdown_file = "saved_files/file.md"
6 zip_filename = 'saved_files/simplified_docs.zip'
7 pdf_file = "saved_files/output.pdf"
8 docx_file = "saved_files/output.docx"
9 DATE_NOW = str(date.today())
10
11 class Creator():
12     def create_header(self, title, margin, fontsize, chosen_font, chosen_title_font,
13                       word_spacing, type_spacing):
14         with open(markdown_file, 'w', encoding='utf-8') as f:
15             f.write("---\n")
16             f.write(f"title: {title}\n")
17             f.write(f"mainfont: {chosen_font}.ttf\n")
18             f.write(f"titlefont: {chosen_title_font}.ttf\n")
19             f.write(f'date: {DATE_NOW}\n')
20             f.write(f'document: article\n')
21             f.write(f'geometry: margin={margin}cm\n')
22             f.write(f'fontsize: {fontsize}pt\n')
23             f.write('header-includes:\n')
24             f.write(f'- \spacekip={word_spacing}cm\n')
25             f.write(f'- \usepackage{{setspace}}\n')
26             f.write(f'- \{type_spacing}\n')
27             f.write("---\n")
28
29     def generate\_glossary(self, list):
30         with open(markdown_file, 'a', encoding='utf-8') as f:
31             f.write("\n")
32             f.write("# Woordenlijst\n")
33             f.write("| Woord | Soort | Definitie |\n")
34             f.write("| --- | --- | --- |\n")
35             for word in list.keys():
36                 f.write(f"| {word} | {list[word]['type']} | {list[word]['definition']} | \n")
37
38     """"""
39     def generate_summary(self, full_text):
40         with open(markdown_file, 'a', encoding="utf-8", errors="surrogateescape") as f:
41             for key in full_text.keys():
42                 title = str(key).replace('\n', ' ')
43                 text = full_text[key]
44                 f.write('\n\n')
45                 f.write(f"## {title}")
46                 f.write('\n\n')
47                 f.write(" ".join(text))
48                 f.write('\n\n')
49
50

```

```

51 def generate_summary_w_summation(self, full_text):
52     with open(markdown_file, 'a', encoding="utf-8", errors="surrogateescape") as f:
53         for key in full_text.keys():
54             title = str(key).replace('\n', ' ')
55             text = full_text[key][0].split('|')
56             f.write('\n\n')
57             f.write(f'## {title}')
58             for sentence in text:
59                 f.write('\n\n')
60                 f.write(f'* {sentence}')
61                 f.write('\n\n')
62
63
64 def create_pdf(self, title, margin, list, full_text, fonts, word_spacing,
65               type_spacing, summation):
66     if title is not None:
67         self.create_header(title=title, margin=margin, fontsize=14, chosen_font=
68                           fonts[0], chosen_title_font=fonts[1], word_spacing=word_spacing, type_spacing=
69                           type_spacing)
70     else:
71         self.create_header(title='Vereenvoudigde tekst', margin=0.5, fontsize=14,
72                           chosen_font=fonts[0], chosen_title_font=fonts[1], word_spacing=word_spacing,
73                           type_spacing=type_spacing)
74
75     """GLOSSARY"""
76     if len(list) != 0:
77         self.generate_glossary(list=list)
78
79     """SUMMARY"""
80     if summation:
81         self.generate_summary_w_summation(full_text=full_text)
82     else:
83         self.generate_summary(full_text=full_text)
84
85     """FILE_CREATION"""
86     pypandoc.convert_file(source_file=markdown_file, to='docx', outputfile=
87                           docx_file, extra_args=['-M2GB', '+RTS', '-K64m', '-RTS'])
88     pypandoc.convert_file(source_file=markdown_file, to='pdf', outputfile=
89                           pdf_file, extra_args=['--pdf-engine=xelatex'])
90     with zipfile.ZipFile(zip_filename, 'w') as myzip:
91         myzip.write(pdf_file)
92         myzip.write(docx_file)

```

**Listing F.7:** Writer-klasse omvattende de code om dynamische PDF- en Word-documenten te genereren.

---

```

1 /* Adjectieven uitfilteren op basis van span-tag */
2 function removeAdjectives() {
3     const elements = document.querySelectorAll(".adj");
4     elements.forEach(function (element) {
5         element.remove();
6     });

```



```
58 });
59 }
60});
```

**Listing F.8:** De toegepaste scripts voor het verwijderen van adjektieven en togglen van type woorden.

```
1 document.addEventListener("DOMContentLoaded", () => {
2   const spans = document.querySelectorAll(".verb, .adj, .noun, .aux");
3   spans.forEach((span) => {
4     span.addEventListener("click", async (event) => {
5       const radioButton = document.querySelector("#explainWords");
6       if (radioButton && !radioButton.checked) {
7         return;
8       }
9       let leftSideTag = span.closest("p");
10      let rightSideTag = leftSideTag.nextElementSibling;
11      sentence_of_origin = span.closest(".sentence");
12
13      var context = "";
14      for (const child of sentence_of_origin.children) {
15        context = context + " " + child.textContent;
16      }
17      const word = event.target.textContent;
18      const response = await fetch(`http://localhost:5000/look-up-word`, {
19        method: "POST",
20        headers: { "Content-Type": "application/json" },
21        body: JSON.stringify({ word: word, sentence: context }),
22      });
23      result = await response.json();
24
25      if (result.result == "error") {
26        alert("Incorrect API key provided: " + result.word);
27      } else {
28        var pos_tag = result.result.split(' | ')[0];
29        var definition = result.result.split(' | ')[1];
30        let table = document.querySelector(".table-glossary");
31        let newRow = table.insertRow(-1);
32        let cell1 = newRow.insertCell(0);
33        let cell2 = newRow.insertCell(1);
34        let cell3 = newRow.insertCell(2);
35        cell1.innerHTML = result.word;
36        cell2.innerHTML = 'Bijvoeglijk naamwoord';
37        cell3.innerHTML = definition.lower;
38      }
39    });
40  });
41 });
42 /* --- */
43 async function syntacticSimplification() {
44   var selectedText = window.getSelection().toString();
```

```
46 if (selectedText == "" || selectedText == null) {
47     alert('Markeer de tekst die u wilt vereenvoudigen.');
48     return;
49 }
50
51 var dazzle = document.querySelector(".dazzle");
52 var p = document.createElement("p");
53 var p2 = document.createElement("p");
54 var text = document.createTextNode("Zinsbouw vereenvoudigen... ");
55 var prompt = document.createTextNode("... ");
56 p.appendChild(prompt);
57 dazzle.appendChild(p);
58 p2.appendChild(text);
59 dazzle.appendChild(p2);
60 const response = await fetch(`http://localhost:5000/simplify`, {
61     method: "POST",
62     headers: { "Content-Type": "application/json" },
63     body: JSON.stringify({ text: selectedText, key: "sc" }),
64 });
65 result = await response.json();
66 prompt.nodeValue = JSON.stringify(result.prompt);
67 text.nodeValue = JSON.stringify(result.result);
68 }
69
70 /* --- */
71 function insertAfter(newNode, existingNode) {
72     existingNode.parentNode.insertBefore(newNode, existingNode.nextSibling);
73 }
74
75 /* --- */
76 document.addEventListener("DOMContentLoaded", () => {
77     const spans = document.querySelectorAll(".sentence");
78     spans.forEach((span) => {
79         span.addEventListener("click", async (event) => {
80             const radioButton = document.querySelector("#simplifySentences"); // get
reference to radio button
81             if (radioButton && !radioButton.checked) {
82                 return;
83             }
84             sentence_of_origin = span.closest(".sentence");
85             var context = "";
86             for (const child of sentence_of_origin.children) {
87                 context = context + " " + child.textContent;
88             }
89             const response = await fetch(`http://localhost:5000/simplify`, {
90                 method: "POST",
91                 headers: { "Content-Type": "application/json" },
92                 body: JSON.stringify({ text: context, key: "sc" }),
93             });
94             result = await response.json();
95             var p = document.createElement("p");
```

```
96     newNode = document.createTextNode(JSON.stringify(result.result));
97     p.append(newNode);
98     insertAfter(p, span);
99     sentence_of_origin.innerHTML = "<del>" + context + "</del>";
100    parent = sentence_of_origin.parent;
101   });
102  });
103 );
104
105 async function personalizedSimplification() {
106   var selectedText = window.getSelection().toString();
107   if (selectedText == "" || selectedText == null) {
108     alert('Markeer de tekst die u wilt vereenvoudigen.');
109     return;
110   }
111
112   let checkedValues = [];
113   let checkboxes = document.querySelectorAll(
114     '.personalisation input[type="checkbox"]'
115   );
116
117   checkboxes.forEach((checkbox) => {
118     if (checkbox.checked) {
119       checkedValues.push(checkbox.name);
120     }
121   });
122
123   if (checkedValues.length == 0) {
124     alert('Duidt één van de onderstaande opties aan.');
125     return;
126   }
127
128   var selectedChoices = checkedValues;
129   var prompt = document.createTextNode("Gepersonaliseerde tekst ophalen...");
130   var text = document.createTextNode("... ");
131   var dazzle = document.querySelector(".dazzle");
132   var p = document.createElement("p");
133   var p2 = document.createElement("p");
134
135   p.appendChild(prompt);
136   dazzle.appendChild(p);
137   p2.appendChild(text);
138   dazzle.appendChild(p2);
139
140   const response = await fetch(`http://localhost:5000/personalized-simplify`, {
141     method: "POST",
142     headers: { "Content-Type": "application/json" },
143     body: JSON.stringify({ text: selectedText, choices: selectedChoices }),
144   });
145
146   result = await response.json();
```

```
147
148 array = result.result;
149 console.log(array);
150
151 if (array.length > 1) {
152     prompt.nodeValue = JSON.stringify(result.prompt);
153     const ul = document.createElement("ul");
154     array.forEach((item) => {
155         const li = document.createElement("li");
156         li.textContent = item;
157         ul.appendChild(li);
158     });
159     text.remove();
160     p2.appendChild(ul);
161 } else {
162     prompt.nodeValue = JSON.stringify(result.prompt);
163     text.nodeValue = JSON.stringify(result.result[0]);
164 }
165
166
167 async function askGPT() {
168     var selectedText = window.getSelection().toString();
169     if (selectedText == "" || selectedText == null) {
170         alert('Markeer de tekst die u wilt vereenvoudigen.');
171         return;
172     }
173
174     var promptText = window.prompt(
175         "Wat wilt u doen met de geselecteerde tekst? Schrijf hier de prompt..."'
176     );
177
178     var fullPrompt = promptText + "\n" + selectedText;
179     var prompt = document.createTextNode("Gepersonaliseerde tekst ophalen...");
180     var text = document.createTextNode("");
181     var dazzle = document.querySelector(".dazzle");
182     var p = document.createElement("p");
183     var p2 = document.createElement("p");
184
185     p.appendChild(prompt);
186     dazzle.appendChild(p);
187     p2.appendChild(text);
188     dazzle.appendChild(p2);
189
190     const response = await fetch(
191         `http://localhost:5000/personalized-simplify-custom-prompt`,
192     {
193         method: "POST",
194         headers: { "Content-Type": "application/json" },
195         body: JSON.stringify({ text: selectedText, prompt: fullPrompt }),
196     }
197 );
```

```
198     result = await response.json();
199     console.log(result);
200     prompt.nodeValue = JSON.stringify(result.prompt);
201     text.nodeValue = JSON.stringify(result.result);
202   }
203 }
204
205 async function emptyChat() {
206   const dazzleDiv = document.querySelector(".dazzle");
207   dazzleDiv.innerHTML = "";
208 }
209
210 window.onload = async function () {
211   /* --- */
212   var url = `http://localhost:5000/get-settings-user`;
213   const response = await fetch(url, { method: "POST" });
214   var result = await response.json();
215   document.body.style.fontSize = result.fontSize + "px";
216   document.body.style.fontFamily = result.fontSettings;
217   document.body.style.backgroundColor = result.favcolor;
218   document.body.style.lineHeight = result.lineHeight + "cm";
219   document.body.style.wordSpacing = result.wordSpacing + "cm";
220   document.body.style.textAlign = result.textAlignment;
221
222   /* --- */
223   var url = "http://localhost:5000/get-session-keys";
224   const session_keys_response = await fetch(url, { method: "POST" });
225   result = await session_keys_response.json();
226
227   let missing_keys = [];
228
229   if (result.hf_api_key === undefined) {
230     missing_keys.push("HuggingFace");
231     document.querySelector("#simple-syntactic-simplification").style.display =
232       "none";
233   }
234
235   if (result.gpt3 === undefined) {
236     missing_keys.push("GPT-3");
237     document.querySelector("#prompt-synt-simplification").style.display =
238       "none";
239     document.querySelector("#personalized-synt-simplification").style.display =
240       "none";
241     document.querySelector(".personalisation").style.display = "none";
242   }
243
244   if (missing_keys.length > 0){
245     alert("Sleutel(s) voor " + missing_keys.join(" & ") + " ontbreken.");
246   }
247 };
```

---

**Listing F.9:** De toegepaste scripts voor enkel het scholierencomponent.

---

```

1 /* --- */
2 const checkbox = document.querySelector("#personalizedSummary");
3 const fieldsets = document.querySelectorAll(".personalized");
4 checkbox.addEventListener("change", () => {
5   fieldsets.forEach((fieldset) => {
6     if (checkbox && checkbox.checked) {
7       fieldset.style.display = "block";
8     } else {
9       fieldset.style.display = "none";
10    }
11  });
12 });
13
14 /* Add word to glossary */
15 var checkboxAddWordToGlossary = document.getElementById(
16 "checkboxAddWordToGlossary"
17 );
18 checkboxAddWordToGlossary.addEventListener("change", function () {
19   if (checkboxAddWordToGlossary && checkboxAddWordToGlossary.checked) {
20     const words = document.querySelectorAll(
21 "span.verb, span.noun, span.aux, span.verb, span.adj"
22 );
23     words.forEach((w) => {
24       w.addEventListener("click", async (event) => {
25         if (checkboxAddWordToGlossary.checked) {
26           var pTag = event.target;
27           sentence_of_origin = w.closest("span.sentence");
28           var context = "";
29           for (const child of sentence_of_origin.children) {
30             context = context + " " + child.textContent;
31           }
32           console.log(context);
33           var textarea = document.getElementById("glossaryList");
34           pTag.style.backgroundColor = "black";
35           pTag.style.color = "white";
36           pTag.style.fontWeight = "bold";
37           textarea.value += pTag.innerHTML + ":" + context + "\n";
38           console.log(textarea.value);
39         }
40       });
41     });
42   });
43 });
44
45 /* Deleting sentences */
46 const checkboxDeleteSents = document.getElementById("checkboxDeleteSents");
47 checkboxDeleteSents.addEventListener("change", function () {
48   if (checkboxDeleteSents && checkboxDeleteSents.checked) {

```

```
49     const sentences = document.querySelectorAll(".sentence");
50     sentences.forEach((span) => {
51         span.addEventListener("click", async (event) => {
52             if (checkboxDeleteSents.checked) span.remove();
53         });
54     });
55 }
56 });
57
58 /* Tekst toevoegen */
59 function addTextToTextArea() {
60     const fullTextBox = document.querySelector(".left-container").innerHTML;
61     var textarea = document.getElementById("fullText");
62     textarea.value = fullTextBox;
63     document.getElementById("summarize-with-presets-button").disabled = false;
64 }
65
66 function makeTitle(button) {
67     const titleText = document.getElementById("title").value;
68     const newTitle = document.createElement("h3");
69     newTitle.innerText = titleText;
70     const titleContainer = document.getElementById("title").parentElement;
71     titleContainer.replaceChild(newTitle, document.getElementById("title"));
72     button.parentNode.removeChild(button);
73 }
74
75 function deleteTitle(button) {
76     var parent = button.parentNode;
77     parent.parentNode.removeChild(parent);
78 }
79
80 window.onload = async function () {
81     /* --- */
82     var url = `http://localhost:5000/get-settings-user`;
83     const response = await fetch(url, { method: "POST" });
84     var result = await response.json();
85     document.body.style.fontSize = result.fontSize + "px";
86     document.body.style.fontFamily = result.fontSettings;
87     document.body.style.backgroundColor = result.favcolor;
88     document.body.style.lineHeight = result.lineHeight + "cm";
89     document.body.style.wordSpacing = result.wordSpacing + "cm";
90     document.body.style.textAlign = result.textAlignment;
91
92     /* --- */
93     var url = "http://localhost:5000/get-session-keys";
94     const session_keys_response = await fetch(url, { method: "POST" });
95     result = await session_keys_response.json();
96
97     let missing_keys = [];
98
99     if (result.hf_api_key === undefined) {
```

---

```

100    missing_keys.push("HuggingFace");
101    document.getElementById("huggingface").innerHTML =
102      "Geen HuggingFace sleutel werd opgegeven. ";
103    document.getElementById("huggingface").style.color = "red";
104  } else {
105    document.getElementById("huggingface").innerHTML =
106      "HuggingFace API-sleutel:\t" + result.hf_api_key;
107  }
108
109 if (result.gpt3 === undefined) {
110   missing_keys.push("GPT-3");
111   document.getElementById("gpt3").innerHTML =
112     "Geen GPT-3 sleutel werd opgegeven.";
113   document.getElementById("gpt3").style.color = "red";
114 } else {
115   document.getElementById("gpt3").innerHTML =
116     "GPT-3 API-sleutel: " + result.gpt3;
117 }
118
119 if (missing_keys.length > 0) {
120   alert("Sleutel(s) voor " + missing_keys.join(" & ") + " ontbreken.");
121 }
122 };

```

---

**Listing F.10:** De toegepaste scripts voor enkel het lerarencomponent.

---

```

1 FROM python:3.8-slim-buster
2
3 WORKDIR /app
4
5 COPY requirements.txt requirements.txt
6
7 RUN apt-get update && apt-get install -y pandoc texlive-xetex texlive poppler-
8       utils
9
10 RUN pip3 install -r requirements.txt \
11 && python3 -m spacy download nl_core_news_md \
12 && python3 -m spacy download en_core_web_md
13
14 COPY . .
15 CMD [ "python3", "-m" , "flask" , "run" , "--host=0.0.0.0" , "--port=5000" ]

```

---

**Listing F.11:** Dockerfile voor het prototype.

---

```

1 @echo off
2
3 cd web-app
4 docker stop text-application-prototype
5 docker rm text-application-prototype
6
7 docker rmi text-app

```

---

```
8
9 docker build -t text-app .
10 docker run --name text-application-prototype --network webapp_simplification -d -p
    5000:5000 text-app
```

---

**Listing F.12:** Script voor het opstarten van de Docker-container voor Windows-gebruikers

---

```
1 #!/bin/sh
2
3 cd web-app || exit
4 docker stop text-application-prototype
5 docker rm text-application-prototype
6
7 docker rmi text-app
8
9 docker build -t text-app .
10 docker run --name text-application-prototype --network webapp_simplification -d -p
    5000:5000 text-app
```

---

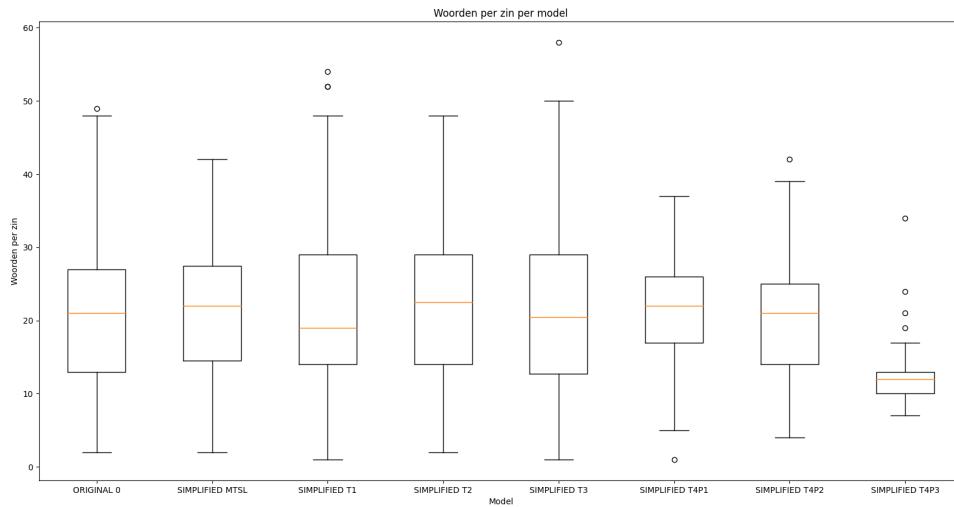
**Listing F.13:** Script voor het opstarten van de Docker-container voor Unix-gebruikers

# G

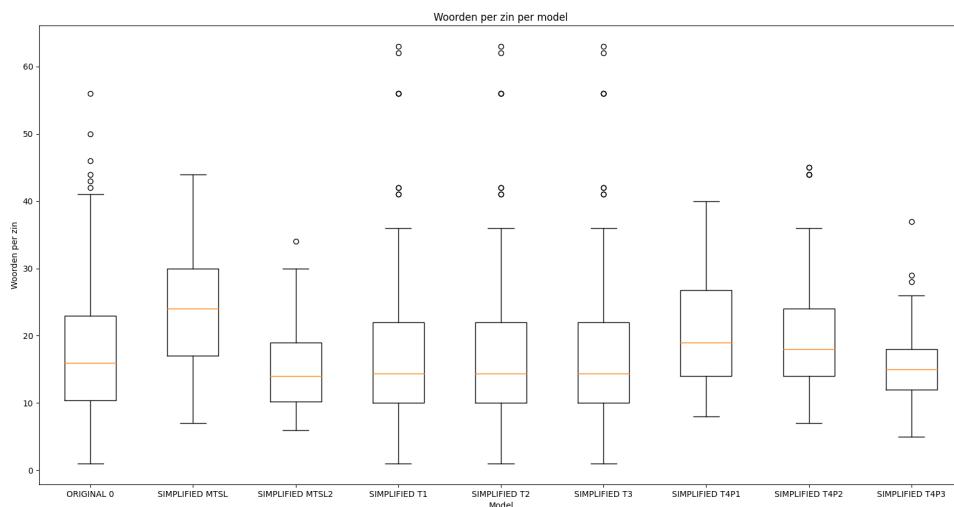
## Figuren Vergelijkende Studie

Bron	Zinnen in A1	Zinnen in A2
Oorspronkelijk	78	159
MTS (door leerkracht)	43	45
MTS (door leerling)	n.v.t.	50
T1	101	209
T2	82	209
T3	100	209
T4 P1	61	98
T4 P2	89	133
T4 P3	39	55

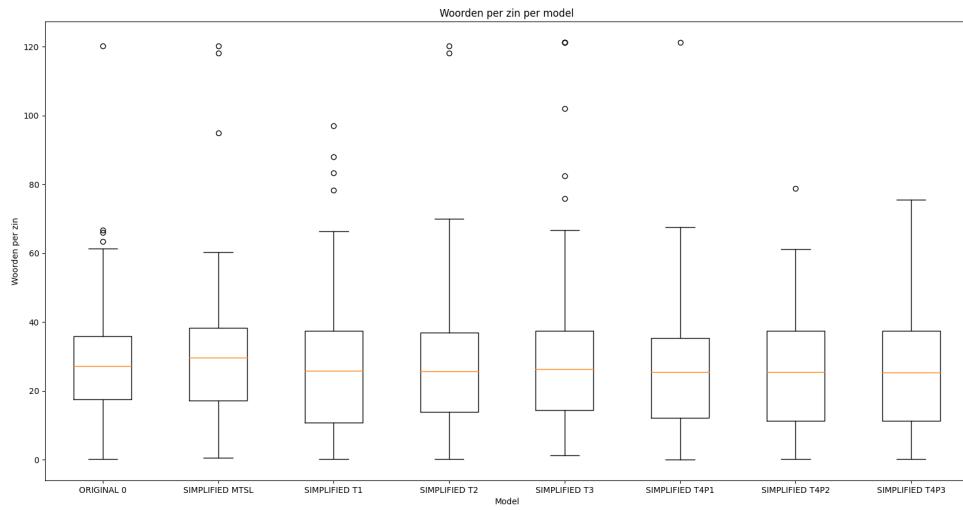
**Tabel G.1:** Aantal zinnen (gemeten met Spacy sentence embeddings) per tekst.

**Figuur (G.1)**

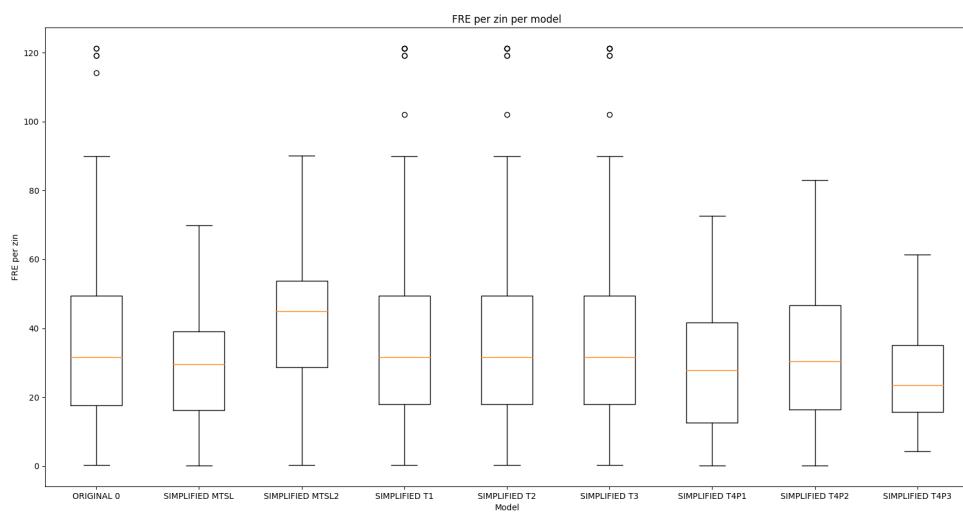
Overzicht van het minimum, maximum en gemiddeld aantal woorden per zin per model in A1.

**Figuur (G.2)**

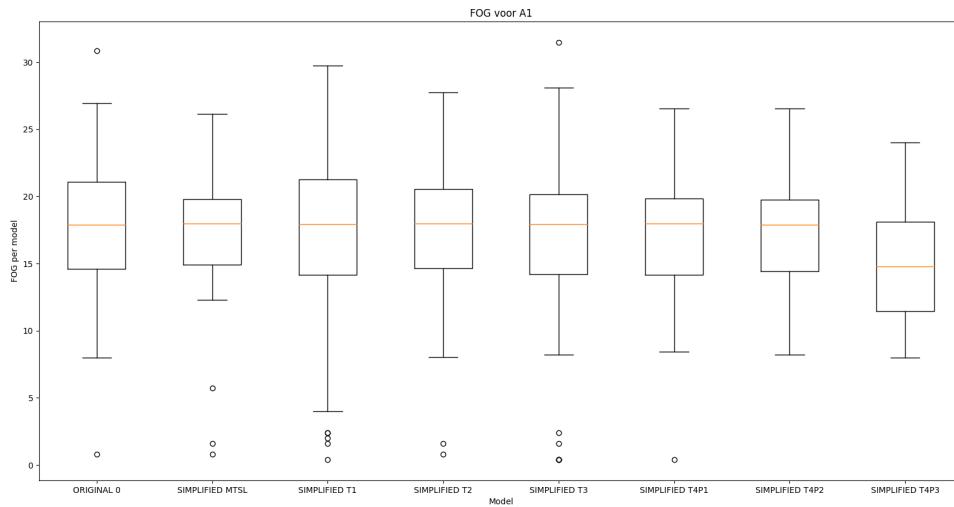
Overzicht van het minimum, maximum en gemiddeld aantal woorden per zin per model in A2.

**Figuur (G.3)**

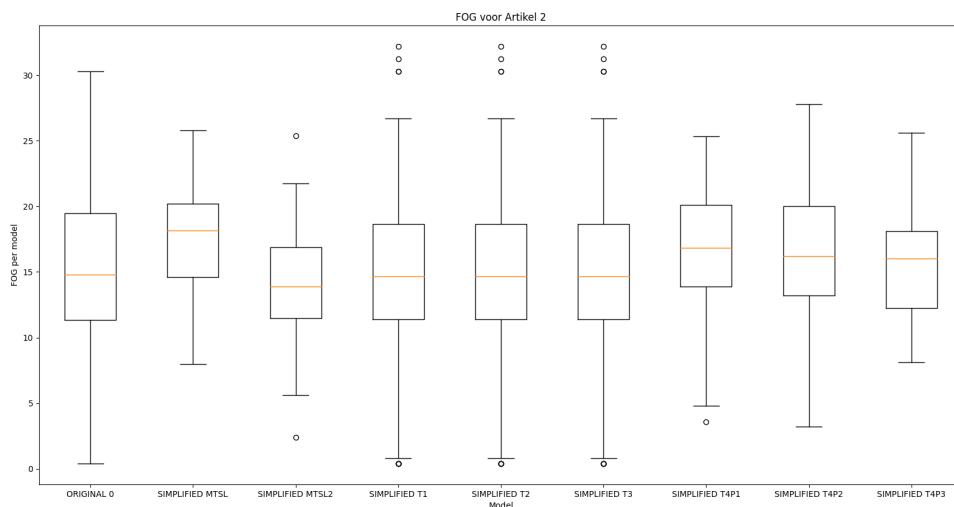
Boxplot van de FRE-scores voor A1.

**Figuur (G.4)**

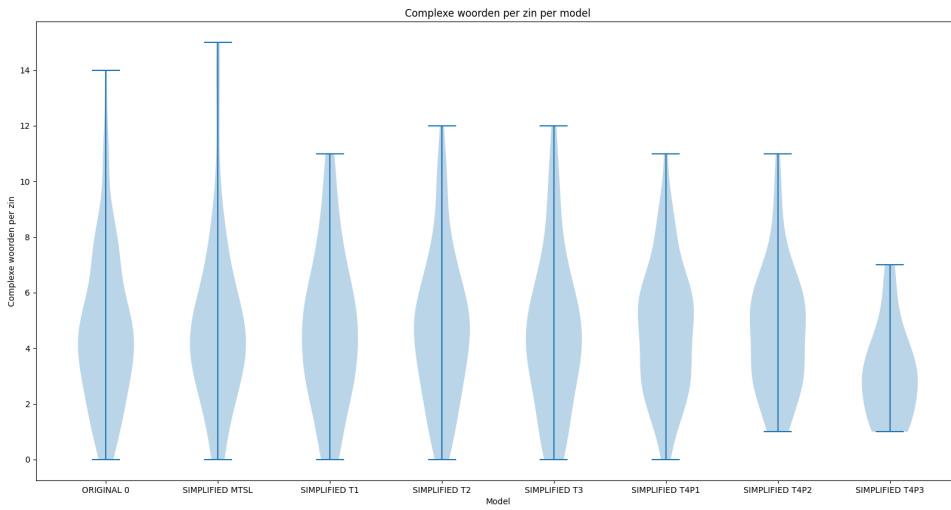
Boxplot van de FRE-scores voor A2.

**Figuur (G.5)**

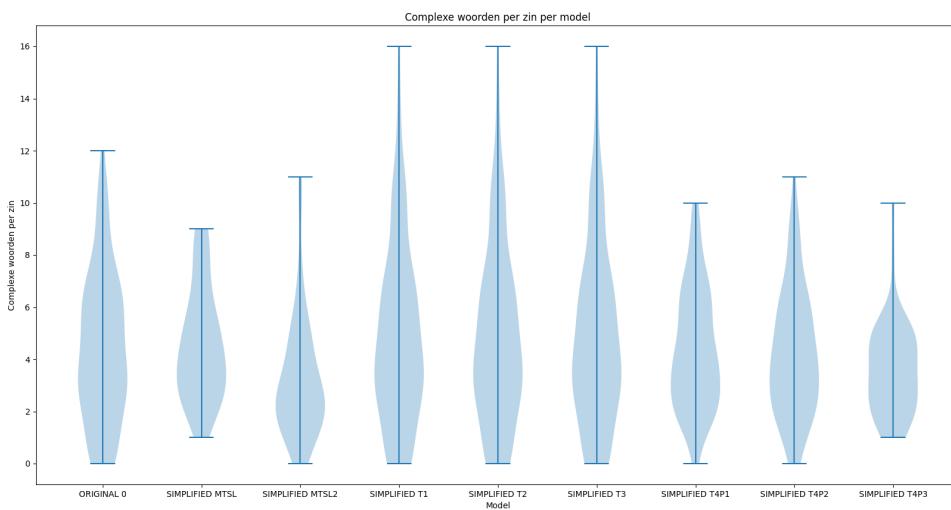
Boxplot van de FOG-scores voor A1.

**Figuur (G.6)**

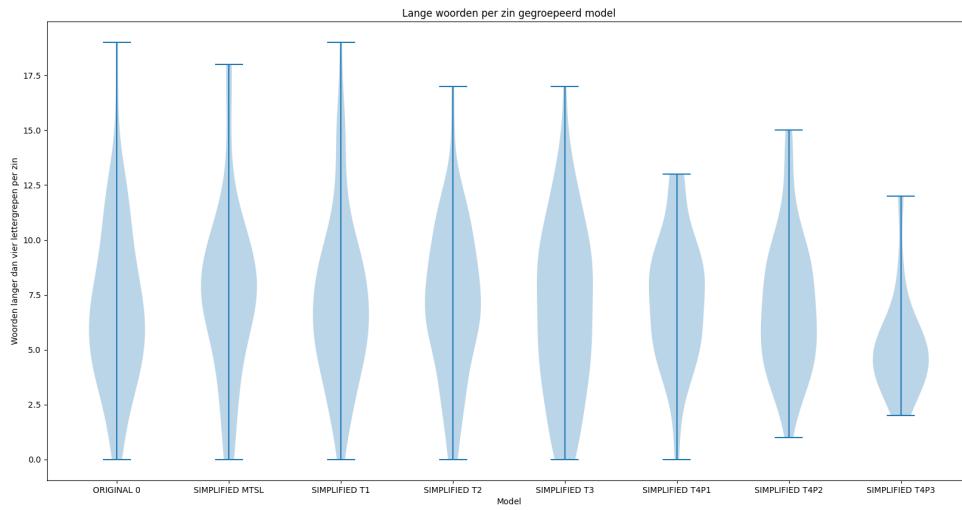
Boxplot van de FOG-scores voor A2.

**Figuur (G.7)**

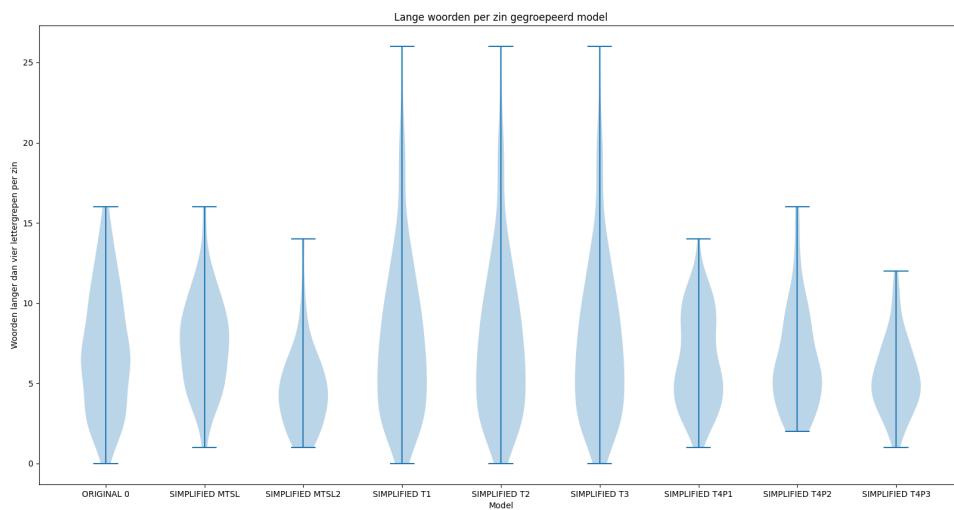
Gemiddeld aantal complexe woorden per zin gegroepeerd op model voor A1.

**Figuur (G.8)**

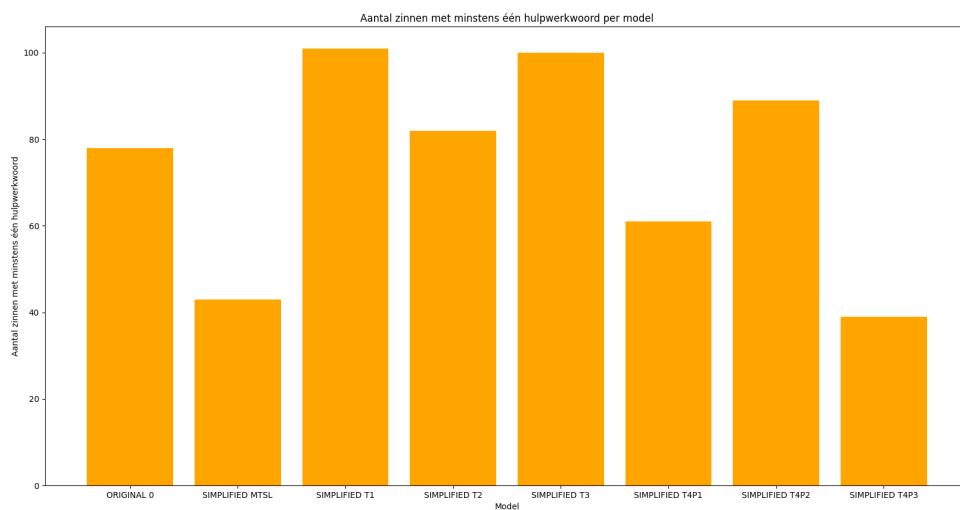
Gemiddeld aantal complexe woorden per zin gegroepeerd op model voor A2.

**Figuur (G.9)**

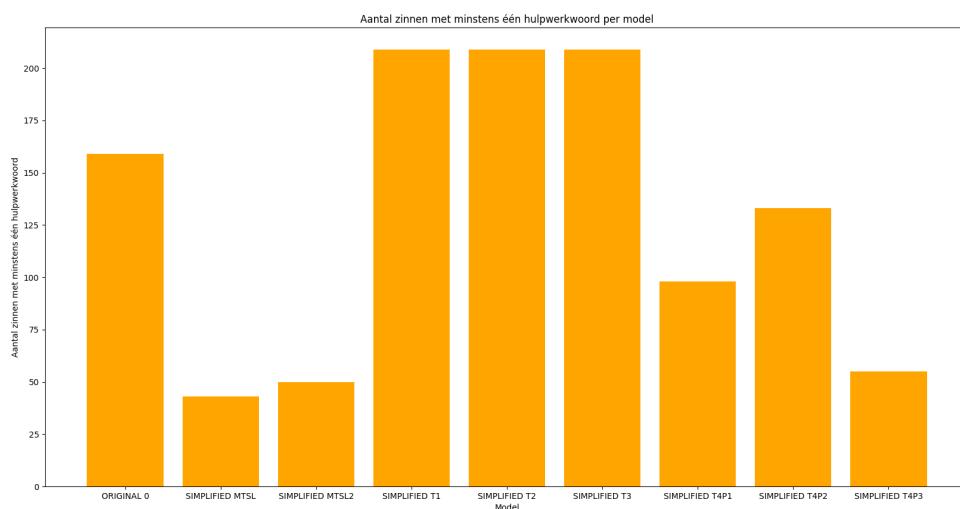
Gemiddeld aantal lange woorden per zin gegroepeerd op model voor A1.

**Figuur (G.10)**

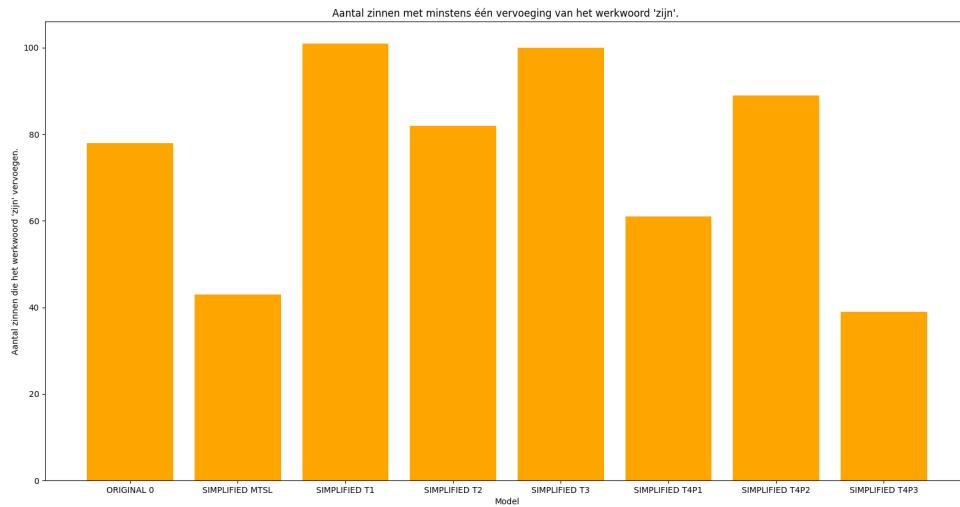
Gemiddeld aantal lange woorden per zin gegroepeerd op model voor A2.

**Figuur (G.11)**

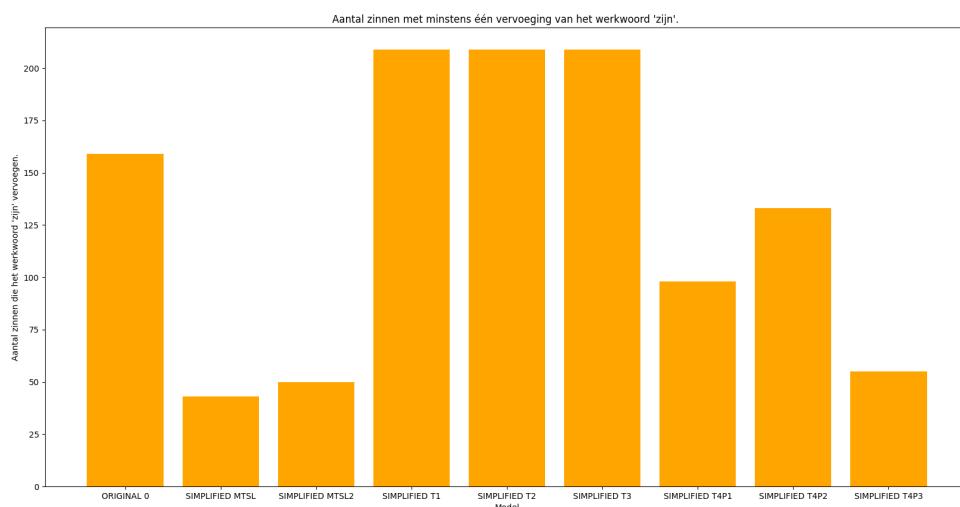
Gemiddeld aantal hulpwerkwoorden per zin gegroepeerd op model voor A1.

**Figuur (G.12)**

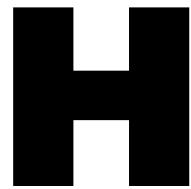
Gemiddeld aantal hulpwerkwoorden per zin gegroepeerd op model voor A2.

**Figuur (G.13)**

Gemiddeld aantal vervoegingen van het werkwoord 'zijn' per zin gegroepeerd op model voor A1.

**Figuur (G.14)**

Gemiddeld aantal vervoegingen van het werkwoord 'zijn' per zin gegroepeerd op model voor A2.



# Schermafbeeldingen van het prototype

## Prototype voor tekstvereenvoudiging

**Voor leerlingen**

Voeg een PDF toe:  Geen bestand gekozen

Geavanceerde upload

**Voor lectoren**

Voeg een PDF toe:  Geen bestand gekozen

Geavanceerde upload

Voer tekst in:

Voer tekst in:

**Instellingen**

**Uitleg prototype**

Voor **scholieren** biedt een online webpagina aan waarop een scholier zinnen of paragrafen kan vereenvoudigen naar keuze.

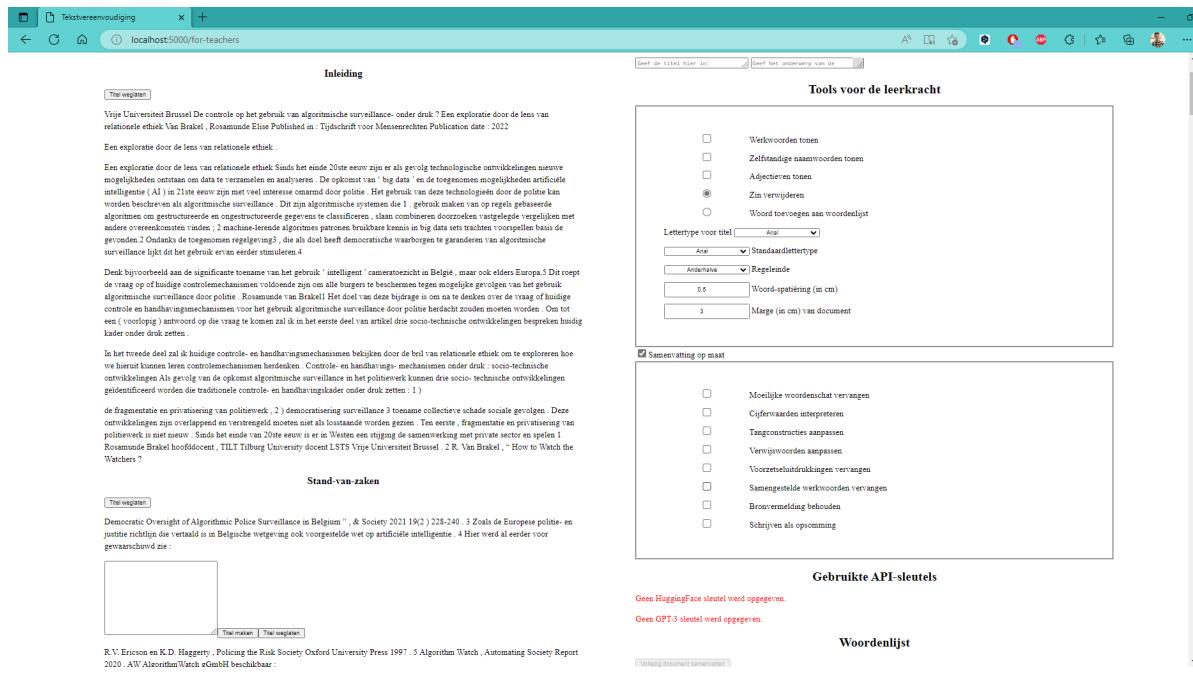
Voor **lectoren** biedt u de mogelijkheid aan om een nieuw PDF-bestand aan te maken vanuit het oorspronkelijke PDF-bestand.

Bij **instellingen** kan u de weergegeven tekst binnen de online tool aanpassen volgens uw wens,

**Figuur (H.1)**

Een mogelijke weergaven van de homepagina.

## H. Schermafbeeldingen van het prototype



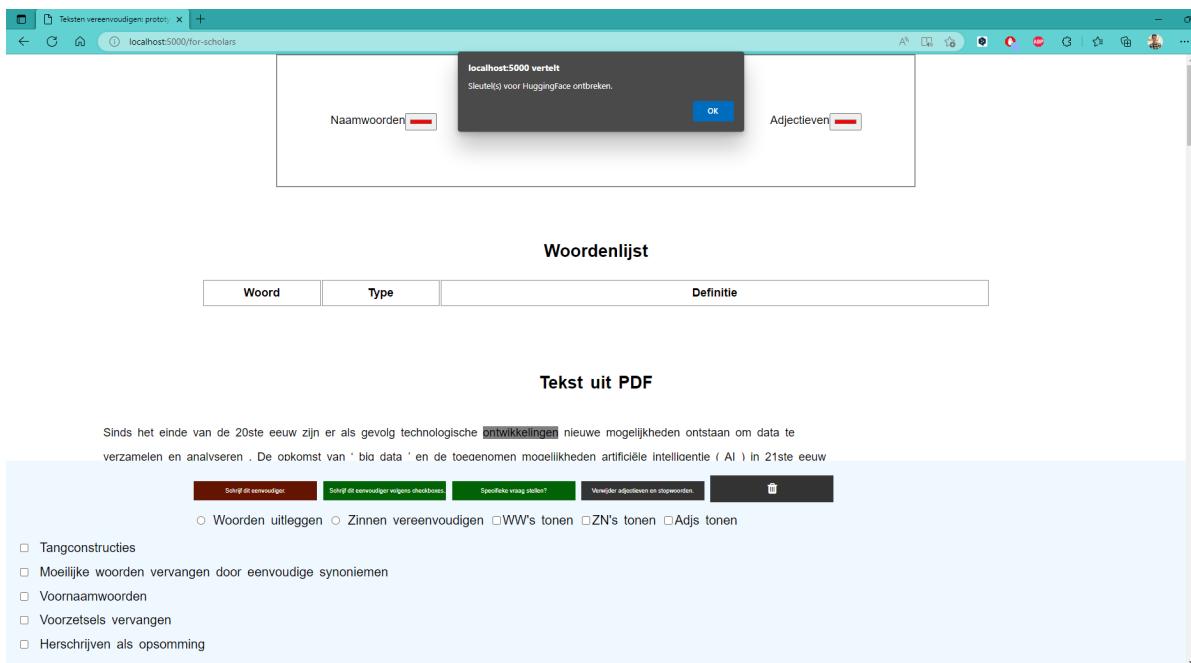
**Figuur (H.3)**

Een mogelijke weergave van het lerarencomponent met het wetenschappelijk artikel van Van Brakel (2022) als input.



**Figuur (H.2)**

Voorbeeldweergave van de instellingenpagina.

**Figuur (H.4)**

Een voorbeeldweergave van het scholierencomponent.

The screenshot shows a web browser window with the URL [localhost:5000/for-scholars](http://localhost:5000/for-scholars). A sentence is displayed: "mensen zich aan de regels houden en de juiste gedragsnormen volgen."

Below the sentence, a section titled "Tekst uit PDF" is visible, containing the following text:

Sinds het einde van de 20ste eeuw zijn er als gevolg technologische **ontwikkelingen** nieuwe mogelijkheden ontstaan om data te verzamelen en analyseren. De ookomst van 'big data' en de toegenomen mogelijkheden artificiële intelligentie (AI) in 21ste eeuw zijn met veel interesse **omarmd** door politie. Het gebruik van deze technologieën door de politie kan worden beschreven als **algoritmische surveillance**.

Dit zijn **algoritmische** systemen die 1. gebruik maken van op regels gebaseerde algoritmen om gestructureerde en ongestructureerde gegevens te **classificeren**, slaan combineren doorzoeken vastgelegde vergelijkingen met **andere** overeenkomsten vinden; en 2. gebruik maken van **machine-leerende** algoritmes om patronen en bruikbare kennis in big data sets trachten te voorspellen op basis de die vastgelegde gegevens zijn gevonden. Ondanks de **toegenomen regelgeving**<sup>3</sup>, die als doel heeft **democratische** waarborgen te garanderen van **algoritmische surveillance** lijkt dit het gebruik ervan eerder **stimuleren**. Denk bijvoorbeeld aan de **significante** toename van het gebruik 'intelligent' 'camerateziecht in België', maar ook elders Europa.

With several checkboxes below:

- Schrijf dit eenvoegsel volgens checkdozen
- Specifieer vraag stellen\*
- Verwijder adjektieven en stopwoorden
- Wijzig de spelling van dit woord

More checkboxes:

- Woorden uitleggen
- Zinnen vereenvoudigen
- WW's tonen
- ZN's tonen
- Adjs tonen

Other options:

- Tangconstructies
- Moeilijke woorden vervangen door eenvoudige synoniemen
- Voornaamwoorden
- Voorzetsels vervangen
- Herschrijven als opsomming

**Figuur (H.5)**

Een voorbeeldweergave van de toepassing van PoS-tagging bij het scholierencomponent.

The screenshot shows a browser window with the URL [localhost:5000/for-scholars](http://localhost:5000/for-scholars). The title bar says "Teksten vereenvoudigen: proto". The main content area is titled "Tekst uit PDF". Below it is a text editor containing a paragraph about algorithmic surveillance. At the bottom of the editor are several buttons: "Schrijf dit evenredig vingers checken!", "Specifieke vraag stellen?", "Verwijder alle teksten en stopcondities", and a trash bin icon. Below these buttons is a radio button group with the label "Woorden uitleggen" followed by three options: "Zinnen vereenvoudigen", "WW's tonen", "ZN's tonen", and "Adjs tonen". A checked checkbox labeled "Tangconstructies" is also present. To the right of the text editor is a scrollable list of other text processing options: "Moeilijke woorden vervangen door eenvoudige synoniemen", "Voornaamwoorden", "Voorzetsels vervangen", and "Herschrijven als opsomming". The bottom of the page contains a summary of the changes made.

Sinds het einde van de 20ste eeuw zijn er als gevolg technologische ontwikkelingen nieuwe mogelijkheden ontstaan om data te verzamelen en analyseren. De opkomst van 'big data' en de toegenomen mogelijkheden artificiële intelligentie (AI) in 21ste eeuw zijn met veel interesse omarmd door politie. Het gebruik van deze technologieën door de politie kan worden beschreven als algoritmische surveillance.

Dit zijn algoritmische systemen die 1. gebruik maken van op regels gebaseerde algoritmen om gestructureerde en ongestructureerde gegevens te classificeren, slaan combineren doorzoeken vastgelegde vergelijken met andere overeenkomsten vinden; en 2. gebruik maken van machine-lerende algoritmes om patronen en bruikbare kennis in big data sets trachten te voorspellen op basis de die vastgelegde gegevens zijn gevonden. Ondanks de toegenomen regelgeving<sup>3</sup>, die als doel heeft democratische waarborgen te garanderen van algoritmische surveillance lijkt dit het gebruik ervan eerder stimuleren. Denk bijvoorbeeld aan de significante toename van het gebruik 'intelligent' cameratoezicht in België maar ook elders Europa.<sup>5</sup>

Tangconstructies  
 Moeilijke woorden vervangen door eenvoudige synoniemen  
 Voornaamwoorden  
 Voorzetsels vervangen  
 Herschrijven als opsomming

"In Simplify the sentences in the given text and appositions, summary\n :return: A list of simplified sentences divided by a '|'. signin\n //n Dit zijn algoritmische systemen die 1. gebruik maken van op regels gebaseerde algoritmen om gestructureerde en ongestructureerde gegevens te classificeren, slaan combineren doorzoeken vastgelegde vergelijken met andere overeenkomsten vinden; en 2. gebruik maken van machine-lerende algoritmes om patronen en bruikbare kennis in big data sets trachten te voorspellen op basis de die vastgelegde gegevens zijn gevonden. Ondanks de toegenomen regelgeving<sup>3</sup>, die als doel heeft democratische waarborgen te garanderen van algoritmische surveillance lijkt dit het gebruik ervan eerder stimuleren. Denk bijvoorbeeld aan de significante toename van het gebruik 'intelligent' cameratoezicht in België maar ook elders Europa.<sup>5</sup>"

**Figuur (H.6)**

Stap 1 van een gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging in het scholierencomponent.

The screenshot shows a browser window with the URL [localhost:5000/for-scholars](http://localhost:5000/for-scholars). The title bar says "Teksten vereenvoudigen: proto". The main content area is titled "Tekst uit PDF". Below it is a text editor containing the same paragraph as in Figure H.6. The text has been significantly simplified, with many words removed or replaced by their meanings. At the bottom of the editor is a list of bullet points summarizing the changes.

Dit roept de vraag op of huidige controlesystemen voldoende zijn om alle burgers te beschermen tegen mogelijke gevolgen van het gebruik algoritmische surveillance door politie. Het doel van deze bijdrage is om na te denken over de vraag of huidige controlesystemen voor het gebruik algoritmische surveillance door politie heracht zouden moeten worden. Om tot een (voorlopig) antwoord op die vraag te komen zal ik in het eerste deel van artikel drie socio-technische ontwikkelingen bespreken huidige kader onder druk zetten. In het tweede deel zal ik huidige controlesystemen bekijken door de bril van relationele etiek om te exploreren hoe we hieruit kunnen leren controlesystemen herdenken. Als gevolg van de opkomst algoritmische surveillance in het politiewerk kunnen drie sociotechnische ontwikkelingen geïdentificeerd worden die traditionele controlesystemen onder druk zetten: 1)

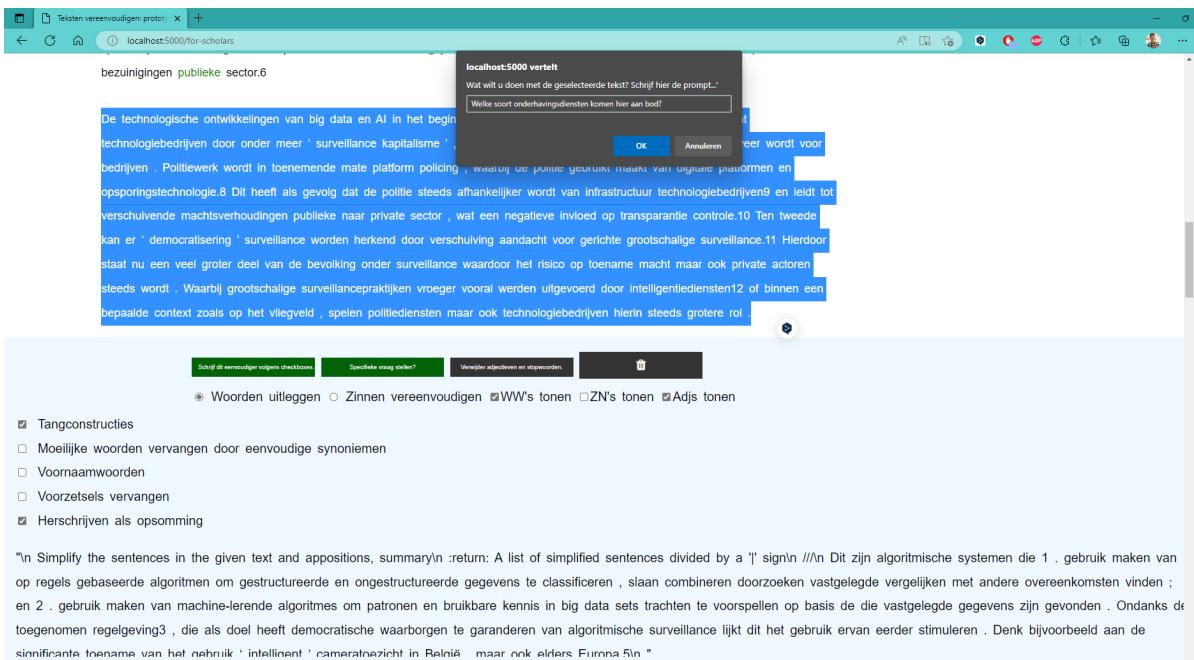
de fragmentatie en privatisering van politiewerk, 2) democratsering surveillance 3 toename collectieve schade sociale gevolgen. Deze ontwikkelingen zijn vooralsnog niet als bestaande werden gezien. Tot slot fragmentatie en relativisering significante toename van het gebruik 'intelligent' cameratoezicht in België maar ook elders Europa.<sup>5</sup>

...

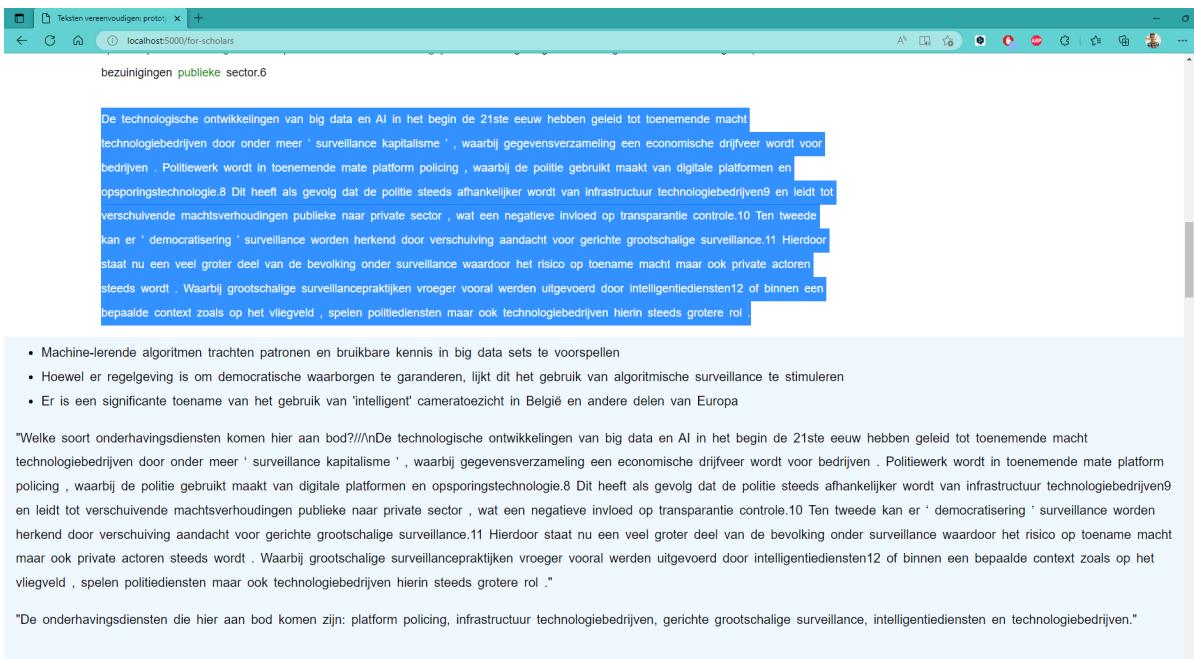
- Algoritmische systemen gebruiken regels-gebaseerde algoritmen om gegevens te classificeren, combineren, doorzoeken, vergelijken en overeenkomsten te vinden
- Machine-lerende algoritmen trachten patronen en bruikbare kennis in big data sets te voorspellen
- Hoewel er regelgeving is om democratische waarborgen te garanderen, lijkt dit het gebruik van algoritmische surveillance te stimuleren
- Er is een significante toename van het gebruik van 'intelligent' cameratoezicht in België en andere delen van Europa

**Figuur (H.7)**

Stap 3 van een gepersonaliseerde tekstvereenvoudiging in het scholierencomponent.

**Figuur (H.8)**

Stap 1 bij het stellen van een specifieke vraag bij gemarkeerde tekst.

**Figuur (H.9)**

Stap 2 bij het stellen van een specifieke vraag bij gemarkeerde tekst.



# Bibliografie

- (2020). <https://www.vlaanderen.be/publicaties/begrijpend-leesonderwijs-in-de-basisscholen-kwaliteitsvol-sterke-en-zwakke-punten-van-de-huidige-praktijk>
- (2021). <https://www.cwauthors.com/article/How-to-write-about-complex-scientific-concepts-in-simple-accessible-language>
- (2023). <https://accessibility.huit.harvard.edu/disabilities/dyslexia>
- Althunayyan, S. & Azmi, A. (2021). Automated Text Simplification: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 54, Article no. 43. <https://doi.org/10.1145/3442695>
- Ball, P. (2017). It's not just you: science papers are getting harder to read. *Nature*.
- Barnett, A. & Doubleday, Z. (2020). Meta-Research: The growth of acronyms in the scientific literature (P. Rodgers, Red.). *eLife*, 9, e60080.
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B. & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science robotics*, 3(21), eaat5954.
- Bezem, A. & Lugthart, M. (2016). Visuele Disfunctie een onzichtbare belemmering bij lezen, spelling en concentratie. <https://beeldenbrein.nl/>
- Bilici, Ş. (2021). Sequence labeling.
- Bingel, J., Paetzold, G. & Søgaard, A. (2018). Lexi: A tool for adaptive, personalized text simplification. *Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics*, 245–258.
- Binz, M. & Schulz, E. (2023). Using cognitive psychology to understand GPT-3. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(6).
- Bonte, M. (2020). *Bestaat Dyslexie?: En is het een relevante vraag?* uitgeverij SWP.
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners.
- Bulté, B., Sevens, L. & Vandeghinste, V. (2018). Automating lexical simplification in Dutch. *Computational Linguistics in the Netherlands Journal*, 8, 24–48. <https://clijournal.org/clijj/article/view/78>
- Canning, Y., Tait, J., Archibald, J. & Crawley, R. (2000). Cohesive Generation of Syntactically Simplified Newspaper Text. In P. Sojka, I. Kopeček & K. Pala (Red.), *Text, Speech and Dialogue* (pp. 145–150). Springer Berlin Heidelberg.
- Cao, M. (2022). A Survey on Neural Abstractive Summarization Methods and Factual Consistency of Summarization.

- Chowdhary, K. (2020). *Fundamentals of Artificial Intelligence*. Springer, New Delhi.
- Coster, W. & Kauchak, D. (2011). Learning to Simplify Sentences Using Wikipedia. *Proceedings of the Workshop on Monolingual Text-To-Text Generation*, 1–9. <https://aclanthology.org/W11-1601>
- Crevits, H. (2022, maart 13). *Kwart van bedrijven gebruikt artificiële intelligentie: Vlaanderen bij beste leerlingen van de klas* (Persbericht). Vlaamse Overheid Departement Economie, Wetenschap en Innovatie.
- Dandekar, N. (2016). How to use machine learning to find synonyms. <https://medium.com/@nikhilbd/how-to-use-machine-learning-to-find-synonyms-6380c0c6106b>
- Dapaah, J. & Maenhout, K. (2022, juli 8). *Iedereen heeft boter op zijn hoofd* (D. Standaard, Red.). [https://www.standaard.be/cnt/dmf20220607\\_97763592](https://www.standaard.be/cnt/dmf20220607_97763592)
- De Craemer, J., Van Beeumen, L., Cooreman, A., Moonen, A., Rottier, J., Wagemakers, I. & Mardulier, T. (2018). Aan de slag met voorleessoftware op school. Een gids met 8 vragen en antwoorden. <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/onderwijspersoneel/van-basis-tot-volwassenenonderwijs/lespraktijk/ict-in-de-klas/voordelessoftware-voor-leerlingen-met-leesbeperkingen/aan-de-slag-met-voordelessoftware-op-school>
- De Meyer, I., Janssens, R. & Warlop, N. (2019). Leesvaardigheid van 15-jarigen in Vlaanderen: Overzicht van de eerste resultaten van PISA2018. <https://data-onderwijs.vlaanderen.be/documenten/bestand.ashx?id=12265>
- Deckmyn, D. (2021, maart 19). *Robot schrijft mee De Standaard* (D. Standaard, Red.). [https://www.standaard.be/cnt/dmf20210319\\_05008561](https://www.standaard.be/cnt/dmf20210319_05008561)
- Donato, A., Muscolo, M., Arias Romero, M., Caprì, T., Calarese, T. & Olmedo Moreno, E. M. (2022). Students with dyslexia between school and university: Post-diploma choices and the reasons that determine them. An Italian study. *Dyslexia*, 28(1), 110–127.
- DuBay, W. H. (2004). The principles of readability. *Online Submission*.
- Eisenstein, J. (2019). *Introduction to Natural Language Processing*. MIT Press. <https://books.google.be/books?id=72yuDwAAQBAJ>
- Fabbri, A. R., Kryściński, W., McCann, B., Xiong, C., Socher, R. & Radev, D. (2020). SumEval: Re-evaluating Summarization Evaluation.
- Gala, N. & Ziegler, J. (2016). Reducing lexical complexity as a tool to increase text accessibility for children with dyslexia. *Proceedings of the Workshop on Computational Linguistics for Linguistic Complexity (CL4LC)*, 59–66.
- Garbacea, C., Guo, M., Carton, S. & Mei, Q. (2021). Explainable Prediction of Text Complexity: The Missing Preliminaries for Text Simplification. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers)*, 1086–1097. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-long.88>

- Garg, H. (2022). Using GPT-3 for education: Use cases. <https://indiaai.gov.in/article/using-gpt-3-for-education-use-cases>
- Ghesquière, P. (2018). *Als leren pijn doet: Kinderen met een leerstoornis opvoeden en begeleiden*. Acco.
- Gooding, S. (2022). On the Ethical Considerations of Text Simplification. *Ninth Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies (SLPAT-2022)*, 50–57. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.spat-1.7>
- Gooding, S. & Kochmar, E. (2019). Complex word identification as a sequence labelling task. *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 1148–1153.
- Greg, B., Atty, E., Elie, G., Joane, J., Logan, K., Lim, R., Luke, M. & Michelle, P. (2023). Introducing chatgpt and Whisper Apis. <https://openai.com/blog/introducing-chatgpt-and-whisper-apis>
- Hahn, U. & Mani, I. (2000). The Challenges of Automatic Summarization. *Computer*, 33, 29–36. <https://doi.org/10.1109/2.881692>
- Hartley, J. (1999). From Structured Abstracts to Structured Articles: A Modest Proposal. *Journal of Technical Writing and Communication*, 29(3), 255–270. <https://doi.org/10.2190/3RWW-A579-HC8W-6866>
- Harwell, D. (2023). Tech's hottest new job: Ai whisperer. no coding required. <https://www.washingtonpost.com/technology/2023/02/25/prompt-engineers-techs-next-big-job/>
- Hayes, D. P. (1992). The growing inaccessibility of science. <https://www.nature.com/articles/356739a0>
- Hern, A. (2023). TechScape: Will meta's massive leak democratise AI – and at what cost? <https://www.theguardian.com/technology/2023/mar/07/techscape-meta-leak-llama-chatgpt-ai-crossroads>
- Hollenkamp, J. (2020). Summary and analysis of Scientific Research Articles - San Jose State ... <https://www.sjsu.edu/writingcenter/docs/handouts/Summary%20and%20Analysis%20of%20Scientific%20Research%20Articles.pdf>
- Hsu, W.-T., Lin, C.-K., Lee, M.-Y., Min, K., Tang, J. & Sun, M. (2018). A Unified Model for Extractive and Abstractive Summarization using Inconsistency Loss.
- Huang, S., Wang, R., Xie, Q., Li, L. & Liu, Y. (2019). An Extraction-Abstraction Hybrid Approach for Long Document Summarization. *2019 6th International Conference on Behavioral, Economic and Socio-Cultural Computing (BESC)*, 1–6.
- Hubbard, K. E. & Dunbar, S. D. (2017). Perceptions of scientific research literature and strategies for reading papers depend on academic career stage. *PLOS ONE*, 12(12), 1–16.

- Iavarone, B., Brunato, D. & Dell'Orletta, F. (2021). Sentence Complexity in Context. *Proceedings of the Workshop on Cognitive Modeling and Computational Linguistics*, 186–199. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.cmcl-1.23>
- IBM. (2022). IBM Global AI Adoption Index 2022. <https://www.ibm.com/downloads/cas/GVAGA3JP>
- Iredale, G. (2022). An overview of tokenization algorithms in NLP. <https://101blockchains.com/tokenization-nlp/>
- Iskender, N., Polzehl, T. & Möller, S. (2021). Reliability of Human Evaluation for Text Summarization: Lessons Learned and Challenges Ahead. *Proceedings of the Workshop on Human Evaluation of NLP Systems (HumEval)*, 86–96. <https://aclanthology.org/2021.humeval-1.10>
- Jiang, R. K. (2023). Prompt engineering : Deconstructing and managing intention. <https://www.linkedin.com/pulse/prompt-engineering-deconstructing-managing-intention-jiang/>
- Jones, R., Colusso, L., Reinecke, K. & Hsieh, G. (2019). r/science: Challenges and Opportunities in Online Science Communication. *CHI '19: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300383>
- Jurafsky, D., Martin, J., Norvig, P. & Russell, S. (2014). *Speech and Language Processing*. Pearson Education. <https://books.google.be/books?id=Cq2gBwAAQBAJ>
- Kandula, S., Curtis, D. & Zeng-Treitler, Q. (2010). A semantic and syntactic text simplification tool for health content. *AMIA annual symposium proceedings*, 2010, 366.
- Khan, A. (2014). A Review on Abstractive Summarization Methods. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 59, 64–72.
- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K. & Singh, S. (2022). Natural Language Processing: State of The Art, Current Trends and Challenges. *Multimedia Tools and Applications*, 82, 25–27.
- Kraft, M. A. (2020). Interpreting Effect Sizes of Education Interventions. *Educational Researcher*, 49(4), 241–253. <https://doi.org/10.3102/0013189X20912798>
- Li, C. (2022). OpenAI's GPT-3 language model: A technical overview. <https://lambdalabs.com/blog/demystifying-gpt-3>
- Li, J., Sun, A., Han, J. & Li, C. (2018). A Survey on Deep Learning for Named Entity Recognition.
- Lin, H. & Bilmes, J. (2010). Multi-document summarization via budgeted maximization of submodular functions. *Human Language Technologies: The 2010 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 912–920.
- Linderholm, T., Everson, M. G., van den Broek, P., Mischinski, M., Crittenden, A. & Samuels, J. (2000). Effects of Causal Text Revisions on More- and Less-Skilled

- Readers' Comprehension of Easy and Difficult Texts. *Cognition and Instruction*, 18(4), 525–556.
- Lissens, F., Asmar, M., Willems, D., Van Damme, J., De Coster, S., Demeestere, E., Maes, R., Baccarne, B., Robaeyst, B., Duthoo, W. & Desoete, A. (2020). Het stopt nooit...De impact van dyslexie en/of dyscalculie op het welbevinden en studeren van (jong)volwassenen en op de transitie naar de arbeidsmarkt: een bundeling van Vlaamse pilootstudies.
- Liu, Q., Kusner, M. J. & Blunsom, P. (2020). A Survey on Contextual Embeddings.
- Malik, R. S. (2022, juli 4). *Top 5 NLP Libraries To Use in Your Projects* (T. Al, Red.).  
<https://towardsai.net/p/l/top-5-nlp-libraries-to-use-in-your-projects>
- Martens, M., De Wolf, R. & Evens, T. (2021a). *Algoritmes en AI in de onderwijscontext: Een studie naar de perceptie, mening en houding van leerlingen en ouders in Vlaanderen*. Kenniscentrum Data en Maatschappij. Verkregen 30 maart 2022, van <https://data-en-maatschappij.ai/publicaties/survey-onderwijs-2021>
- Martens, M., De Wolf, R. & Evens, T. (2021b, juni 28). *School innovation forum 2021*. Kenniscentrum Data en Maatschappij. Verkregen 1 april 2022, van <https://data-en-maatschappij.ai/nieuws/school-innovation-forum-2021>
- McCombes, S. (2022). How to write A summary: Guide amp; examples. <https://www.scribbr.com/working-with-sources/how-to-summarize/>
- McDonald, R. (2007). A study of global inference algorithms in multi-document summarization. *Advances in Information Retrieval: 29th European Conference on IR Research, ECIR 2007, Rome, Italy, April 2-5, 2007. Proceedings* 29, 557–564.
- McFarland, A. (2023). What is prompt engineering in AI amp; Why It Matters. <https://www.unite.ai/what-is-prompt-engineering-in-ai-why-it-matters/>
- McKeown, K., Klavans, J. L., Hatzivassiloglou, V., Barzilay, R. & Eskin, E. (1999). Towards multidocument summarization by reformulation: Progress and prospects.
- McNutt, M. (2014). Reproducibility. *Science*, 343(6168), 229–229. <https://doi.org/10.1126/science.1250475>
- Menzli, A. (2023). Tokenization in NLP: Types, challenges, examples, tools. <https://neptune.ai/blog/tokenization-in-nlp>
- Miszczak, P. (2023). Prompt engineering: The ultimate guide 2023 [GPT-3 amp; chat-gpt]. <https://businessolution.org/prompt-engineering/>
- Mottesi, C. (2023). GPT-3 vs. Bert: Comparing the two most popular language models. <https://blog.invgate.com/gpt-3-vs-bert>
- Nallapati, R., Zhai, F. & Zhou, B. (2017). SummaRuNNer: A Recurrent Neural Network Based Sequence Model for Extractive Summarization of Documents. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 31(1). <https://doi.org/10.1609/aaai.v31i1.10958>

- Nandhini, K. & Balasundaram, S. (2013). Improving readability through extractive summarization for learners with reading difficulties. *Egyptian Informatics Journal*, 14(3), 195–204.
- Nenkova, A. & Passonneau, R. (2004). Evaluating Content Selection in Summarization: The Pyramid Method. *Proceedings of the Human Language Technology Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: HLT-NAACL 2004*, 145–152.
- Niemeijer, A., Frederiks, B., Riphagen, I., Legemaate, J., Eefsting, J. & Hertogh, C. (2010). Ethical and practical concerns of surveillance technologies in residential care for people with dementia or intellectual disabilities: an overview of the literature. *Psychogeriatrics*, 22(7), 1129–1142. <https://doi.org/10.1017/S1041610210000037>
- OnderwijsVlaanderen. (2023). Voorleessoftware voor Leerlingen met Leesbeperkingen. <https://onderwijs.vlaanderen.be/voorleessoftware-voor-leerlingen-met-leesbeperkingen>
- Paetzold, G. & Specia, L. (2016). SemEval 2016 Task 11: Complex Word Identification. *Proceedings of the 10th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2016)*, 560–569. <https://doi.org/10.18653/v1/S16-1085>
- Pain, E. (2016). How to (seriously) read a scientific paper. <https://www.science.org/content/article/how-seriously-read-scientific-paper>
- Plavén-Sigray, P., Matheson, G. J., Schiffler, B. C. & Thompson, W. H. (2017). Research: The readability of scientific texts is decreasing over time (S. King, Red.). *eLife*, 6, e27725.
- Poel, M., Boschman, E. & op den Akker, R. (2008). A Neural Network Based Dutch Part of Speech Tagger [<http://eprints.ewi.utwente.nl/14662>; 20th Benelux Conference on Artificial Intelligence, BNAIC 2008, BNAIC ; Conference date: 30-10-2008 Through 31-10-2008]. In A. Nijholt, M. Pantic, M. Poel & H. Hondorp (Red.), *BNAIC 2008* (pp. 217–224). Twente University Press (TUP).
- Premjith, P., John, A. & Wilscy, M. (2015). Metaheuristic Optimization Using Sentence Level Semantics for Extractive Document Summarization, 347–358. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26832-3\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26832-3_33)
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., Sutskever, I. e.a. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. *OpenAI blog*, 7(8), 9.
- Rani, R. & Kaur, B. (2021). The TEXT SUMMARIZATION AND ITS EVALUATION TECHNIQUE. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(1), 745–752.
- Readable. (2021). *Flesch Reading Ease and the Flesch Kincaid Grade Level*. <https://readable.com/readability/flesch-reading-ease-flesch-kincaid-grade-level/>

- Rello, L. & Baeza-Yates, R. (2013). Good fonts for dyslexia. *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS 2013*.
- Rello, L., Baeza-Yates, R., Dempere-Marcos, L. & Saggion, H. (2013). Frequent Words Improve Readability and Short Words Improve Understandability for People with Dyslexia.
- Rello, L., Baeza-Yates, R. & Saggion, H. (2013). The Impact of Lexical Simplification by Verbal Paraphrases for People with and without Dyslexia. 7817, 501–512.
- Rello, L. & Baeza-Yates, R. A. (2015). How to present more readable text for people with dyslexia. *Universal Access in the Information Society*, 16, 29–49.
- Rello, L. & Bigham, J. (2017). Good Background Colors for Readers: A Study of People with and without Dyslexia, 72–80.
- Rello, L., Kanvinde, G. & Baeza-Yates, R. (2012). Layout Guidelines for Web Text and a Web Service to Improve Accessibility for Dyslexics. *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility*.
- Ribas, J. (2023). Building the new bing. <https://www.linkedin.com/pulse/building-new-bing-jordi-ribas/>
- Ribeiro, E., Ribeiro, R. & de Matos, D. M. (2018). A Study on Dialog Act Recognition using Character-Level Tokenization.
- Rijkhoff, J. (2022). Tekst Inkorten?: 9 tips om Je Teksten korter Te Maken. <https://dialoogtrainers.nl/tekst-inkorten-tips/>
- Rivero-Contreras, M., Engelhardt, P. E. & Saldaña, D. (2021). An experimental eye-tracking study of text adaptation for readers with dyslexia: effects of visual support and word frequency. *Annals of Dyslexia*, 71, 170–187.
- Roldós, I. (2020, december 22). *Major Challenges of Natural Language Processing (NLP)*. MonkeyLearn. Verkregen 1 april 2022, van <https://monkeylearn.com/blog/natural-language-processing-challenges/>
- Roose, K. (2023). Don't ban chatgpt in schools. teach with it. <https://www.nytimes.com/2023/01/12/technology/chatgpt-schools-teachers.html>
- Santana, V., Oliveira, R., Almeida, L. & Baranauskas, M. C. (2012). Web accessibility and people with dyslexia: A survey on techniques and guidelines. W4A 2012 - International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility. <https://doi.org/10.1145/2207016.2207047>
- Sciforce. (2020, februari 4). *Biggest Open Problems in Natural Language Processing*. Verkregen 1 april 2022, van <https://medium.com/sciforce/biggest-open-problems-in-natural-language-processing-7eb101ccfc9>
- Shardlow, M. (2013). A Comparison of Techniques to Automatically Identify Complex Words. *51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics Proceedings of the Student Research Workshop*, 103–109. <https://aclanthology.org/P13-3015>

- Shardlow, M. (2014). A Survey of Automated Text Simplification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), Special Issue on Natural Language Processing 2014*, 4(1). <https://doi.org/10.14569/SpecialIssue.2014.040109>
- Siddharthan, A. (2006). Syntactic Simplification and Text Cohesion. *Research on Language and Computation*, 4(1), 77–109. <http://oro.open.ac.uk/58888/>
- Siddharthan, A. (2014). A survey of research on text simplification. *ITL - International Journal of Applied Linguistics*, 165, 259–298.
- Sikka, P. & Mago, V. (2020). A Survey on Text Simplification. *CoRR*, abs/2008.08612. <https://arxiv.org/abs/2008.08612>
- Simon, J. (2021). Large language models: A new moore's law? <https://huggingface.co/blog/large-language-models>
- Sleuwaegen, L. (2022). Nederland versus België: verschillen in economischenbsp; dynamiek en beleid. <https://feb.kuleuven.be/research/les/pdf/LES%202022%20-%2020197.pdf>
- Snow, C. (2010). Academic Language and the Challenge of Reading for Learning About Science. *Science* (New York, N.Y.), 328, 450–2.
- Sohom, G., Ghosh; Dwight. (2019). *Natural Language Processing Fundamentals*. Packt Publishing. <https://medium.com/analytics-vidhya/natural-language-processing-basic-concepts-a3c7f50bf5d3>
- Stajner, S. (2021). Automatic Text Simplification for Social Good: Progress and Challenges, 2637–2652. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.findings-acl.233>
- Strubell, E., Ganesh, A. & McCallum, A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP.
- Suleiman, D. & Awajan, A. (2020). Deep Learning Based Abstractive Text Summarization: Approaches, Datasets, Evaluation Measures, and Challenges. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.
- Suter, J., Ebling, S. & Volk, M. (2016). Rule-based Automatic Text Simplification for German.
- Swayamdipta, S. (2019, januari 22). *Learning Challenges in Natural Language Processing*. Verkregen 1 april 2022, van <https://www.microsoft.com/en-us/research/video/learning-challenges-in-natural-language-processing/>
- Tanya Goyal, G. D., Junyi Jessy Li. (2022). News Summarization and Evaluation in the Era of GPT-3. *arXiv preprint*.
- Thangarajah, V. (2019). Python current trend applications-an overview.
- Tops, W., Callens, M., Brysbaert, M. & Schouten, E. L. (2018). *Slagen met Dyslexie in Het Hoger Onderwijs*. Owl Press.

- Touvron, H., Lavril, T., Izacard, G., Martinet, X., Lachaux, M.-A., Lacroix, T., Rozière, B., Goyal, N., Hambro, E., Azhar, F., Rodriguez, A., Joulin, A., Grave, E. & Lample, G. (2023). LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models.
- Van Brakel, R. (2022). De controle op het gebruik van algoritmische surveillance-onder druk? Een exploratie door de lens van de relationele ethiek. *Tijdschrift voor Mensenrechten*, 2022(1), 23–28.
- van der Meer, C. (2022). Dyslexie hebben is Niet Zo Raar: Lezen is iets heel onnatuurlijks. <https://www.demorgen.be/beter-leven/dyslexie-hebben-is-niet-zo-raar-lezen-is-iets-heel-onnatuurlijks~bc608101/>
- Vasista, K. (2022). Evolution of AI Design Models. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 3(3), 1–4.
- Verhoeven, W. (2023, februari 8). Applaus voor de studenten die ChatGPT gebruiken (Trends, Red.). [https://trends.knack.be/economie/bedrijven/applaus-voor-de-studenten-die-chatgpt-gebruiken/article-opinion-1934277.html?cookie\\_check=1676034368](https://trends.knack.be/economie/bedrijven/applaus-voor-de-studenten-die-chatgpt-gebruiken/article-opinion-1934277.html?cookie_check=1676034368)
- Verma, P. & Verma, A. (2020). A review on text summarization techniques. *Journal of scientific research*, 64(1), 251–257.
- White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J. & Schmidt, D. C. (2023). A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT.
- Xu, W., Callison-Burch, C. & Napoles, C. (2015). Problems in current text simplification research: New data can help. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 3, 283–297.
- Zeng, Q., Kim, E., Crowell, J. & Tse, T. (2005). A Text Corpora-Based Estimation of the Familiarity of Health Terminology. In J. L. Oliveira, V. Maojo, F. Martín-Sánchez & A. S. Pereira (Red.), *Biological and Medical Data Analysis* (pp. 184–192). Springer Berlin Heidelberg.
- Zhang, M., Riecke, L. & Bonte, M. (2021). Neurophysiological tracking of speech-structure learning in typical and dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 158, 107889.
- Zhou, W., Ge, T., Xu, K., Wei, F. & Zhou, M. (2019). BERT-based Lexical Substitution. *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 3368–3373. <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1328>