

Scholieren met dyslexie van de derde graad middelbaar onderwijs ondersteunen bij het lezen van wetenschappelijke papers via tekstsimplificatie.

Optionele ondertitel.

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 .

**HO
GENT**

Woord vooraf

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Samenvatting

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Inhoudsopgave

Lijst van figuren	vii
1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	2
1.2 Onderzoeksvraag	3
1.3 Onderzoeksdoelstelling	3
1.4 Opzet van deze bachelorproef	4
2 Stand van zaken	5
2.1 Onderzoeken rond dyslexie	5
2.1.1 Centraal zicht op dyslexie	5
2.1.2 Problemen bij taal	6
2.1.3 Centraal zicht op de doelgroep	6
2.1.4 Diagnosecriteria	7
2.1.5 Groepsprofiel	8
2.1.6 Aandachtspunten	8
2.1.7 Leesproblemen	9
2.1.8 Bewezen voordelen van tekstvereenvoudiging bij scholieren met dyslexie	11
2.2 Wetenschappelijke artikelen	11
2.2.1 Wetenschappelijke geletterdheid in Vlaanderen	11
2.2.2 Trends rond wetenschappelijke artikelen	14
2.2.3 Formaat	16
2.2.4 Woordenschat en vakjargon	16
2.2.5 Countering	16
2.3 Tekstvereenvoudiging	17
2.3.1 Manuele tekstvereenvoudiging	17
2.3.2 Natural Language Processing	19
2.4 De verschillende soorten tekstvereenvoudiging	20
2.4.1 Lexicale vereenvoudiging	22
2.4.2 Syntactische vereenvoudiging	22
2.4.3 Conceptuele of semantische vereenvoudiging	23
2.4.4 Semantische vereenvoudiging	23
2.4.5 Tekstvereenvoudiging automatiseren	23
2.4.6 Combineren tot het geheel van tekstvereenvoudiging	24

2.5	Samenvatten	24
2.5.1	Extractief samenvatten	25
2.5.2	Abstractief samenvatten	28
2.5.3	Hybride samenvatting	29
2.5.4	Evaluatie	29
2.5.5	Conclusie	29
2.6	Valkuilen	29
2.6.1	Taalgerelateerde valkuilen	29
2.6.2	Datasets	30
2.6.3	Meaning distortion	30
2.6.4	Paternalisme	30
2.6.5	Evaluatie en interpretatie	31
2.7	Beschikbare software voor tekstvereenvoudiging	31
2.7.1	Momenteel ingezet in het onderwijs	31
2.7.2	Proof-of-concepts en online webapplicaties	32
2.7.3	GPT-3	32
2.7.4	Bing AI	35
2.7.5	Google Bard en PaLM	35
2.7.6	Meta LLaMa	35
2.8	Conclusie	35
3	Methodologie	36
4	Conclusie	38
A	Onderzoeksvoorstel	40
A.1	Introductie	40
A.2	State-of-the-art	42
A.2.1	Tekstvereenvoudiging	42
A.2.2	Noden van scholieren met dyslexie	42
A.2.3	Huidige toepassingen	44
A.2.4	Ontwikkelen met AI	44
A.3	Methodologie	45
A.4	Verwacht resultaat, conclusie	47
	Bibliografie	48

Lijst van figuren

2.1	Afbeelding uit Bezem en Lugthart (2016). Deze afbeelding doet een poging tot het nabootsen van fixatie disparatie.	11
2.2	Afbeelding van Rello e.a. (2013). Langs de richting van de pijl wordt de ideale situatie benaderd, gekenmerkt door doelwaarden die worden bereikt door mensen zonder dyslexie onder optimale omstandigheden. Het gebruik van meer frequente woorden vermindert de fixatietijd en verbetert de leesbaarheid voor mensen met dyslexie.	12
2.3	Figuur van De Meyer e.a. (2019). Op alle PISA-domeinen scoren de Vlaamse vijftienjarigen in ASO, BSO en TSO significant slechter dan de eerste metingen. De Meyer e.a. (2019) noemen dit een achteruitgang in alle onderwijsvormen.	13
2.4	Figuur van De Meyer e.a. (2019). Het leesplezier van Vlaamse 15-jarigen. Zij uitten zich uiterst negatief op stellingen over leesplezier. Volgens de enquête vond de helft van de scholieren begrijpend lezen enkel tijdsverlies en slechts 17% gaf aan dat lezen één van hun favoriete hobby's is. Er is wel een significant verschil tussen de mening van jongens en meisjes, waarvan jongens negatiever antwoorden op lezen.	13
2.5	Figuur van De Meyer e.a. (2019). De wetenschappelijke geletterdheid bij vijftienjarigen op internationaal niveau. Vlaanderen scoort significant slechter dan acht deelnemende landen.	14
2.6	Afbeelding uit Plavén-Sigray e.a. (2017). Links wordt de evolutie per FRE-score getoond. Hoe hoger de score, hoe hoger de gemiddelde complexiteit van een tekst. Rechts wordt de evolutie volgens de NDC-score getoond. Hoe hoger de score, hoe lager de gemiddelde complexiteit van een tekst. Het onderzoek schat dat nu een kwart van alle wetenschappelijke artikelen gebruik maken van Engels op het niveau van een masterstudent, ofwel een FRE onder nul.	15
2.7	Afbeelding uit Plavén-Sigray e.a. (2017). Horizontaal worden het aantal auteurs per wetenschappelijk artikel aangeduidt. Verticaal wordt de gemiddelde NDC-score weergegeven. Hoe hoger de NDC-score, hoe hoger de vereiste leesgraad om de tekst te kunnen lezen.	15
2.8	Voorbeeld van PoS-labeling op de Engelstalige zin "She sells seashells on the seashore". Afbeelding van Bilici (2021)	21
2.9	Voorbeeld van sequence labeling op de Engelstalige zin "She sells seashells on the seashore". Afbeelding van Bilici (2021)	21

2.10 Voorbeeld van manuele tekstvereenvoudiging. Oorspronkelijke tekst uit Historia 5 bron toe te voegen	21
2.11 Afbeelding van DuBay (2004)	22
2.12 Afbeelding van Chauhan (2018). De manier waarop teksten automatisch samengevat kunnen worden, is afhankelijk van drie verschillende domeinen.	25
2.13 Afbeelding van Gooding 2022. De invoertekst is een paragraaf uit een niet-vermeld boek van de Russische schrijver Dostoevsky. Het resultaat van de meegegeven prompt is een transformatie dat iedere vorm van voorafaangehaalde vereenvoudiging weergeeft. Lexicale, conceptuele en syntactische vereenvoudiging worden op de invoertekst toegepast.	32
2.14 Afbeelding van Gooding 2022. Gooding haalt verder aan dat modellen zoals ChatGPT op twee vlakken de leesbaarheid van een tekst kan bevorderen. Allereerst door het verlenen van verschillende mogelijke versies van een vereenvoudigingstaak.	33
2.15 Afbeelding van Gooding 2022. Gooding haalt aan dat	33
2.16 Afbeelding van Binz en Schulz (2023). Dit toont de <i>mean regret</i> aan tussen de vier engines en de menselijke antwoorden.	34
A.1 (Readable, 2021)	46

1

Inleiding

Het middelbaar onderwijs staat op springen. Dagelijks sneuvelen leerkrachten en scholieren van het middelbaar onderwijs onder de te harde werkdruk (Minnen e.a., 2018). Mensen van eender welke leeftijdsgroep kunnen taal niet ontsnappen. Taal is ingebed in ons dagelijks leven in de vorm van Nederlandstalige nieuwsartikelen tot de ondertiteling van Engelstalige Netflix-series. Taal moet in de vorm van lezen en schrijven van jongs af aan geprikkeld worden (Daoud, 2023).

Vakmiddelen en -didactiek in het onderwijs

Lerarenopleidingen benadrukken nu het gebruik van verschillende bronnen in lessen. De leesgraad van deze bronnen verandert echter niet, want de noodzaak aan verschillende leesgraden is bedoeld om scholieren uit te kunnen dagen (Surma e.a., 2019). Het Amerikaanse onderwijs stampte C.R.E.A.T.E.¹ uit de grond. Deze methode leert studenten wetenschappelijk onderzoek door het lezen van echte wetenschappelijke artikelen in plaats van alleen boeken. Het helpt hen begrijpen hoe wetenschappers experimenten uitvoeren, plannen en resultaten analyseren en interpreteren, terwijl ze ook leren dat onderzoek creativiteit vereist en dat er verschillende soorten mensen zijn die het doen. Vlaamse STEM-leerkrachten in de derde graad middelbaar onderwijs moeten volgens het leerplan van zowel het katholiek² als het gemeenschapsonderwijs³ hun theorielessen op een toegankelijke manier aanbieden, zodat iedere scholier betrokken is in het verhaal.

Kunstmatige intelligentie in Vlaanderen

Met een jaarlijks budget van 32 miljoen is België een pionier (Crevits, 2022) in het vakgebied kunstmatige intelligentie (AI) op de werkvloer. Zo stampte de Vlaamse overheid verschillende AI-projecten uit de grond, om Vlaamse AI-ontwikkelingen

¹<https://teachcreate.org/>

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

³<https://g-o.be/stem/>

te ondersteunen en inspireren. Het amai!-project⁴ brengt AI-softwarebedrijven samen uit verschillende domeinen. Dit project leidt tot het ontstaan van AI-toepassingen die processen automatiseren om de werkdruk te verminderen, zoals binnen het onderwijs *real-time* ondertiteling en een taalassistent voor leerkrachten in meertalige klasgroepen.

1.1. Probleemstelling

Ghesquière (2018) schat dat 5 tot 9 % van de Nederlandstalige bevolking⁵ nu de diagnose van dyslexie heeft. Lissens e.a. (2020) benadrukt dat de impact van leerstoornissen niet stopt na het middelbaar onderwijs. Scholieren met dyslexie in het middelbaar onderwijs krijgen te maken met unieke uitdagingen. Gelukkig worden ze niet aan hun lot overgelaten en zij kunnen rekenen op ondersteuning van coaches en beschikbare hulpmiddelen om hun achterstand te beperken. Zoals eerder aangehaald, stimuleert het leerplan voor STEM-vakken het gebruik van wetenschappelijke artikelen, maar houdt niet altijd rekening met de moeilijkheidsgraad ervan. De complexe woordenschat en zinsopbouw in deze artikelen vormen een barrière voor de begrijpelijkheid van een tekst, waardoor de scholieren de kerninhoud moeilijk kunnen doorgronden. Een oplossing hiervoor is om de tekst te vereenvoudigen, waardoor de kerninhoud wordt behouden.

Leesvaardigheid is een belangrijke vaardigheid die nodig is om te slagen op school en op de arbeidsmarkt. Mensen met een lagere leesvaardigheid kunnen echter negatieve gevolgen ondervinden op hun psychosociaal welbevinden, zoals een lagere zelfwaardering. Hoewel werkgevers zich voor inclusiviteit en diversiteit openstellen, kampen mensen met een lees- en leerstoornis nog steeds met problemen bij de overgang naar de arbeidsmarkt. Ondersteuningsmaatregelen en -hulpmiddelen kunnen wel helpen bij het bereiken van succes, maar het is belangrijk om te erkennen dat de noden van deze groep niet altijd even goed begrepen worden naarmate ze ouder worden (Lissens e.a., 2020).

“Ik vind het zeker de moeite waard om te onderzoeken. Leerlingen met dyslexie hebben naast problemen met technisch lezen (maken meer leesfouten en lezen vaak trager) ook problemen met begrijpend lezen. Samengestelde zinnen en complexere zinnen worden niet altijd even makkelijk begrepen (belangrijke signaalwoorden niet herkend, woordbetekenissen worden moeizamer uit de tekstcontext gehaald, enz...) Een toegankelijke tekststructuur kan voor veel doelgroepen soelaas brengen (dat is trouwens wat organisaties zoals 'Wablieft' voor ogen hebben.) “

Wetenschappelijke artikelen vereenvoudigen vraagt tijd en energie van docenten in de derde graad middelbaar onderwijs. Het middelbaar onderwijs staat onder

⁴<https://amai.vlaanderen/>

⁵Deze schatting is gebaseerd op de Vlaamse en Nederlandse bevolking.

druk en docenten hebben moeite om met deze werkdruk boven water te blijven. Daarom is er nood aan software die wetenschappelijke artikelen automatisch kan vereenvoudigen, specifiek gericht op de noden van scholieren met dyslexie. Een dergelijke toepassing vermindert het routinematige werk van STEM-docenten en ondersteunt scholieren met dyslexie in de derde graad middelbare onderwijs bij het lezen van een wetenschappelijk artikel.

1.2. Onderzoeksvraag

De volgende onderzoeksvraag is opgesteld: "Hoe kan een wetenschappelijke artikel automatisch vereenvoudigd worden, gericht op de unieke noden van scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs?". Daarnaast worden de volgende deelvragen beantwoord.

- Welke aanpakken zijn er voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging? Aansluitende vraag: "Hoe worden teksten handmatig vereenvoudigd voor scholieren met dyslexie?"
- 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?
- Met welke valkuilen bij taalverwerking met AI moeten ontwikkelaars rekening houden?
- Welke toepassingen, tools en modellen zijn er beschikbaar om Nederlandse geautomatiseerde tekstvereenvoudiging met AI mogelijk te maken?
- Welke functies ontbreken AI-toepassingen om geautomatiseerde 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?"

1.3. Onderzoeksdoelstelling

Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen met welke technologische en logopedische aspecten AI-ontwikkelaars rekening moeten houden bij het een de ontwikkeling van een adaptieve AI-toepassing voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging. Het resultaat van dit onderzoek is een prototype voor een toepassing die de tekstinhoud van een wetenschappelijke paper zal vereenvoudigen, naargelang de specifieke noden van een scholier met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs. Het prototype houdt rekening met de transformatie van het bronbestand, bijvoorbeeld een PDF of een afbeelding, naar de tekstinhoud. Hiervoor bestaan er kant-en-klare pakketten die het omzettingswerk al voor de ontwikkelaar doen. De

invoer van dit prototype is een wetenschappelijk artikel van minstens 500 woorden lang.

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 onderzoeksdomein, 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 onderzoeksvragen.

- Welke aanpakken zijn er voor geautomatiseerde tekstvereenvoudiging? Aansluitende vraag: "Hoe worden teksten handmatig vereenvoudigd voor scholieren met dyslexie?"
- Welke specifieke noden hebben scholieren van de derde graad middelbaar onderwijs bij het begrijpen van complexere teksten?
- Wat zijn de specifieke kenmerken van wetenschappelijke artikelen?
- Met welke valkuilen bij taalverwerking met AI moeten ontwikkelaars rekening houden?
- Welke toepassingen, tools en modellen zijn er beschikbaar om Nederlandstalige geautomatiseerde tekstvereenvoudiging met AI mogelijk te maken?
- 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?"

In Hoofdstuk 4, tenslotte, wordt de conclusie gegeven en een antwoord geformuleerd op de onderzoeksvragen. Daarbij wordt ook een aanzet gegeven voor toekomstig onderzoek binnen dit domein.

2

Stand van zaken

2.1. Onderzoeken rond dyslexie

Taal is een essentieel onderdeel van ons dagelijks leven en speelt een belangrijke rol in onze communicatie en begrip. Dyslexie kan deze basis aantasten en het leren en communiceren hinderen. Het begrijpen van de relatie tussen taal en dyslexie is van belang om mensen met deze aandoening te ondersteunen en hun kwaliteit van lezen te verbeteren. Deze sectie gaat dieper in op de relatie en bespreken hoe mensen met dyslexie kunnen worden geholpen bij het lezen.

2.1.1. Centraal zicht op dyslexie

Lezen is onnatuurlijk en volgens de geschiedenis van de mens een recent begrip. Pas 5000 jaar geleden werd de geschreven taal bedacht. Mensen worden niet geboren met de vaardigheid om te lezen. Het lezen wordt zelf aangeleerd en daarvoor moet het brein heringericht worden (Bonte, [2020](#); van der Meer, [2022](#)). De visuele cortex is een hersengebied dat instaat voor de aanschouwelijke waarneming en herkenning van objecten, zoals meubels of letters. Lezen traint dit gebied bij het herkennen van letters, maar dit is niet evident en vordering bij letterherkenning gebeurt pas na meerdere pogingen. Tijdens het leren schrijven worden letters regelmatig in spiegelbeeld geschreven. De visuele cortex moet het spiegelen van objecten onderdrukken door de rotatie van links naar rechts te negeren (Bonte, [2020](#); Romanovska & Bonte, [2021](#)). Een d en een b wordt door elkaar gehaald. Het brein moet gemanipuleerd worden om deze spiegeling te onderdrukken. De visuele cortex moet gekoppeld worden aan de auditieve cortex, samen met verbindingen met het geheugen en de begrip van een tekst. Afzonderlijke klanken moeten ook worden aangeleerd. Het leren lezen vraagt volgens Bonte ([2020](#)) drie aanpassingen in het brein:

- Het visuele gebied moet heringericht worden op het herkennen van letters.

- Het auditieve gebied moet afzonderlijk klanken aanleren.
- Deze twee gebieden moeten met elkaar verbonden worden, om de klanken te koppelen aan de letters die worden gelezen. De derde aanpassing gaat vaak fout bij mensen met dyslexie.

Dyslexie betekent letterlijk 'beperkt lezen'. Het voorlezen verloopt radend, letter-voor-letter en langzaam. Lezen gaat niet soepel. Leesproblemen kunnen beperkend zijn. Elke zin verloopt langzamer. Dyslexie is genetisch en erfelijkheid speelt een rol. Factoren die bescherming bieden tegen dyslexie. Goede woordenschat ontwikkeling of vaak voorlezen is een beschermende factor tegen dyslexie.

2.1.2. Problemen bij taal

In Avontuur (2015) worden getuigenissen van taalproblemen bij fonologie, morfologie, zinsbouw en semantiek aangehaald:

André, een man van 45 jaar met een managementfunctie, betrapt zichzelf erop dat hij 'zijn' kan schrijven in plaats van zien en 'fliegende' in plaats van vliegende.

Koen, een jongeman van 20 jaar, heeft veel moeite met samengestelde woorden. Hij schrijft ze veelal los, bijvoorbeeld 'zee spiegel', 'uit wisseling', 'oogst maand'. Hij heeft dit zelf niet in de gaten. Voor hem zijn het twee aparte woorden.

Marc, een universitair student, mailt naar een vriend: 'Ik kan het weekend van de 20e september zou kunnen' en 'Ik mag vanaf heden ben ik bachelor of science.' Dit soort dingen schrijft hij herhaaldelijk, vertelt hij, en hij ziet het zelf niet, vult hij enigszins gefrustreerd aan. Hij geeft aan dat het eenvoudige zinnnetjes zijn en zelfs die schrijft hij fout.

Myrthe studeert rechten. In werkcolleges kan ze goed meedoen en geeft ze blijk van voldoende kennis. Ze moet zich echter bovenmatig inspannen om de lesstof in de studieboeken te lezen en te verwerken. Het kost haar veel tijd en ze krijgt er hoofdpijn van.

2.1.3. Centraal zicht op de doelgroep

Statistieken rond prevalentie en comorbiditeit

Vlaamse en Nederlandse onderzoeken van Desoete (2017) en Wentink e.a. (2008) wijzen uit dat gemiddeld 4% van de Nederlandstalige bevolking de diagnose van dyslexie heeft. De prevalentie van dyslexie is taalafhankelijk. Zo is volgens Association (2013) het percentage met mensen met dyslexie in China slechts ongeveer 1% van de bevolking, terwijl dit cijfer bij het Engels, een opake of transparante taal¹,

¹Talen met inconsistente klank-tekenkoppelingen. Bijvoorbeeld *eight* en *late*.

drastisch hoger wordt geschat op ongeveer 15% van de Engelstalige bevolking². Het aantal scholieren met dyslexie in het lager en middelbaar onderwijs wereldwijd loopt op tot 15% ingeschat (Bonte, 2020; van der Meer, 2022). Verder wijst Desoete e.a. (2015) aan dat de prevalentie van gecombineerde reken- en leesstoornissen hoog ligt, geschat op een 25 tot 50%. De prevalentie van het voorkomen van spraak- en taalstoornissen ligt volgens Desoete (2017) en Dirks e.a. (2008) op 50 tot 80%.

Scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs

Mensen met dyslexie ondervinden een last bij het technisch lezen van een tekst. Al zijn er onderzoeken naar adolescenten en volwassenen met dyslexie, onderzoeken rond dyslexie richten zich vaker op kinderen in het kleuter- en basisonderwijs. Volgens Bonte (2020) is dit om voldoende onderzoek te hebben voor de meest gepaste diagnose en ondersteuning op jonge leeftijd, dus in de kleuter- of kind fase. Deze diagnose zo vroeg mogelijk vastleggen vereist voldoende onderzoek. Bonte haalt een sneeuwbal effect aan wanneer kinderen met dyslexie een zwakke ondersteuning krijgen. Deze last wordt megedragen naar volgende levensfasen. Volgens Lissens e.a. (2020) zijn jongvolwassenen en ouderen een leeftijdsgroep die bij onderzoeken rond dyslexie over het hoofd wordt gezien.

Het onderzoek van Lissens e.a. (2020) benadrukt deze vaak over het hoofd geziene doelgroep. Mensen met dyslexie ervaren uitdagingen bij het lezen en schrijven. Op sociaal vlak worden deze mensen niet begrepen door anderen, omdat ze woorden vaak verkeerd uitspreken of verkeerd spellen. Het tempo van anderen bijhouden verloopt stroef en het verwerken van teksten vereist meer energie. Ondanks het vele oefenen blijft snel en veel lezen moeilijk.

Spellingsregels toepassen hindert mensen met dyslexie. Dit leidt tot een onzeker gevoel en angst om fouten te maken. Dit kan leiden tot frustratie en stress, waardoor het voor mensen met dyslexie moeilijker wordt om hun vaardigheden te verbeteren. Vooroordelen aan dyslexie zijn prevalent volgens Diels (2022). Mensen met dyslexie worden in het bedrijfsleven en binnen de schoolmuren als minder intelligent of traag afgestempeld. Daarnaast proberen mensen met dyslexie deze leesstoornis te maskeren door bijvoorbeeld moeilijke woorden in afkortingen te schrijven. Toch motiveren onderzoeken zoals Bonte (2020), Ghesquière (2018) en Lissens e.a. (2020) deze doelgroep door het sterk doorzettingsvermogen te benadrukken. Dit helpt hen om te blijven oefenen en hun vaardigheden te ontwikkelen, ondanks de uitdagingen.

2.1.4. Diagnosecriteria

Dyslexie is geen lijst van 'kwalen' waaraan een scholier moet voldoen om dit te bezitten. Zo halen Ghesquière (2018) en Kleijnen e.a. (2008) samen drie criteria aan

²Deze schatting is gebaseerd op bevragingen uit de Verenigde Staten en Groot-Britannië.

waarmee de diagnose van dyslexie wordt vastgesteld.

- Het **achterstandscriterium** wijst aan dat er een ernstige lees- of spellingsachterstand is.
- Het **hardnekkigheidscriterium** houdt in dat de lees- of spellingsachterstand het gevolg is van een moeizame automatisering van het lees- en spellingsproces. De leessnelheid vertraagt, terwijl het aantal lees- of spellingsfouten verhoogt terwijl een scholier complexe taken uitvoert.
- Het **exclusiviteitscriterium** volgens Ghesquière (2018) wijst erop dat lees- en spellingsstoornissen niet volledig verklaard worden door andere condities, zoals verstandelijke beperkingen, emotionele moeilijkheden of zintuiglijke beperkingen.

Het exclusiviteitscriterium benadrukt dat alle noden en obstakels van mensen met dyslexie verschillend zijn. Zo halen Ghesquière (2018) en Van Vreckem en Desoete (2015) de volgende kenmerken aan die kunnen verschillen per individu.

- De ernst of uitgebreidheid van een stoornis.
- De gevolgen van een stoornis, zoals faalangst.
- De mate waarin iemand al dan niet kan compenseren.
- De secundaire kenmerken zoals problemen met werkhouden en structuur.

2.1.5. Groepsprofiel

Van Vreckem en Desoete (2015) onderzocht of kinderen met dyslexie als groep al dan niet problemen hebben met begrijpend lezen. Het onderzoek achterhaalt of het groepsprofiel overeenkomt met de individuele profielen bij begrijpend lezen en spelling. De onderzoeksresultaten bij een experiment met zeventien kinderen wijst uit dat er een geïndividualiseerde analyse en effectieve behandeling op maat nodig is bij begrijpend lezen. Onvoldoende beheerste leerstof en leesstrategieën per kind moet achterhaald worden om zo specifieke begeleiding te kunnen bieden. Verder wijst het onderzoek uit dat kinderen met dyslexie meer problemen hebben bij het spellen van pseudowoorden. Er werden geen significante verschillen geconstateerd bij comorbide stoornissen.

2.1.6. Aandachtspunten

Bij het ontwikkelen van een toepassing voor scholieren met dyslexie moeten onderzoekers volgens Van Vreckem en Desoete (2015) rekening houden met de volgende punten:

- Individuele analyse: Dyslexie kan zich op verschillende manieren uiten bij verschillende kinderen. Een app moet worden ontworpen met een individuele analyse van de specifieke behoeften en uitdagingen van elke leerling in gedachten.
- Instructies in de applicatie moeten op een begrijpelijke en geïndividualiseerde manier worden gepresenteerd om de leerlingen te helpen bij het begrijpen en toepassen van de informatie.
- Categorisatie van inferenties: Om de leerlingen te helpen bij het leggen van relaties in een volledige tekst, moet de app de verschillende soorten inferenties zoals causale, logische en anaforische inferenties, benadrukken.
- Spellingsachterstand. Een toepassing moet zich specifiek richten op het verbeteren van de spellingvaardigheden van de leerlingen, omdat dit vaak een van de grootste uitdagingen is voor kinderen met dyslexie.
- Diversiteit van dyslexie: Het is belangrijk om te erkennen dat dyslexie zich bij verschillende kinderen op verschillende manieren kan uiten. Een bijkomende stoornis heeft bijvoorbeeld geen impact op de spellingprestaties van een kind. Het is daarom belangrijk om de app te ontwerpen met de diversiteit van dyslexie in gedachten.

2.1.7. Leesproblemen

Filipiak (2020) haalt zes leesproblemen aan die kunnen voorkomen bij een scholier met dyslexie in het middelbaar onderwijs.

- Langzame woordbenoeming
- Begripsproblemen
- Hardnekkig letter-voor-letter lezen
- Woordherkenning
- Visuele disfunctie
- Letter- en klankvorming

Langzame woordbenoeming

Het correct spellen van pseudowoorden en regelmatig gespelde woorden is mogelijk met beheerste letterklankkoppelingen. Echter verloopt het automatiseren van moeilijke en nieuwe woorden stroef, met een trage woordbenoeming tot gevolg. Lezers kunnen met dit leesprobleem veel woorden niet als één geheel herkennen. Filipiak (2020) raadt aan om pseudowoorden en het identificeren te oefenen als mogelijke hulp. De meeste schrijffouten komen voor in onregelmatig gespelde woorden waardoor een fonologische route die wel takt is, leidt tot het schrijven van *gedaan* als *guhdaan*.

Begripsproblemen

Typerende symptomen van *Deep Dyslexia* is de verstoring van leesbegrip en het spreken in qua betekenis onbedoelde klanken, woorden en woordgroepen (paraphasias). Bij *deep dyslexia* kan bos bijvoorbeeld gelezen worden als boom. Begripsproblemen bij het lezen kunnen goed visueel, met steun van film en afbeeldingen ondersteund worden, beter dan alleen via gedrukte woorden. Daarbij moet de lezer die het gedrukte woord wil ontcijferen, gebruik kunnen maken van bronnen van kennis op een hoger niveau: een grote woordenschat en een goed redeneervermogen. Schriftelijke expressie is uit den boze.

Hardnekkig letter-voor-letter lezen

Bonte (2020) haalt een minder optimale informatieverwerking in visuele gebieden aan bij scholieren met dyslexie, wat het gevolg is van een minder optimale leesontwikkeling. Deze verwerking is belangrijk voor letter- en woordherkenning. Het visuele proces vindt plaats in de 'letterbox'³. Lezers zijn niet in staat woorden goed te lezen, zelfs niet met een langzame en spellende letter-klankroute. Lange woorden worden moeizaam gelezen en scholieren hebben de neiging om visueel gedesoriënteerde te raken. Er is verwarring over de richting van de letters.

Rello e.a. (2013) voerde onderzoek uit naar het gebruik van korte woorden bij mensen met dyslexie.

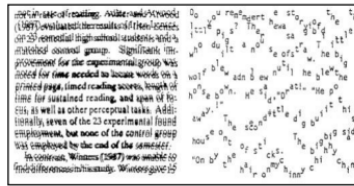
Woordherkenning

Top-down attention and serial reading. In een WISC-afname kan blijken dat de organisatie van de ruimtelijke waarneming redelijk is, maar dat een leerling zwakker is met doolhoven, plaatjes ordenen, onvolledige tekeningen, substitutie-taken en vooral met symboolverwerking. Dan kan er sprake zijn van een visueel en/of neuropsychologische dysfunctie dat ten grondslag ligt aan de moeite met lezen. Dan gaat het dus, nogmaals, niet om een fonologische dysfunctie.

Visuele disfunctie

Het boek van Bezem en Lugthart (2016) maakt ouders en leerkrachten bewust rond de principes van visuele disfunctie. Mensen met visuele disfunctie observeren objecten anders dan de meeste mensen. Fixatie disparatie is een vorm van visuele disfunctie dat een onjuiste samenwerking van de ogen veroorzaakt. Ogen doen hun werk vanuit een verschillende positie en nemen zaken afzonderlijk waar. Deze afzonderlijke observaties moeten samengenomen worden. Als deze fixatie niet correct verloopt, dan wordt er van disparatie gesproken. Het gevolg is dat mensen met drie letters tegelijk zien en daardoor een woordbeeld missen of een zwakke spellingstijl gebruiken.

³Het primaire visuele cortex van het brein

**Figuur (2.1)**

Afbeelding uit Bezem en Lugthart (2016). Deze afbeelding doet een poging tot het nabootsen van fixatie disparatie.

In het onderwijs worden er initiatieven ingezet. Zo krijgen scholieren in het lager en middelbaar onderwijs een vaste plaats. Deze scholieren worden niet geplaatst bij het raam, want het invallende licht in de ogen heeft een negatieve invloed op fixatie disparatie, waardoor het lastiger wordt om de ogen te laten samenwerken. (Bezem & Lugthart, 2016)

Bij digitale en afgeprinte documenten worden de letters vergroot. De achtergrondkleur aanpassen naar zachtgeel, -groen of lichtblauw heeft een verbeterd effect op scholieren met dyslexie in het lager en middelbaar onderwijs (Bezem & Lugthart, 2016).

Letter- en klankverwarring

Verder gaat het om de verwisseling van de lettervolgorde, om letterweglatingen, letter-toevoegingen, letter-vervangingen, en het onherkenbaar verminken van woorden in dictees. En ook om de moeite met auditieve analyse en synthese. Veel kinderen kunnen deze leesfouten maken en dat is dan niet meteen fonologische dyslexie.

2.1.8. Bewezen voordelen van tekstvereenvoudiging bij scholieren met dyslexie

Kortere fixatietijd

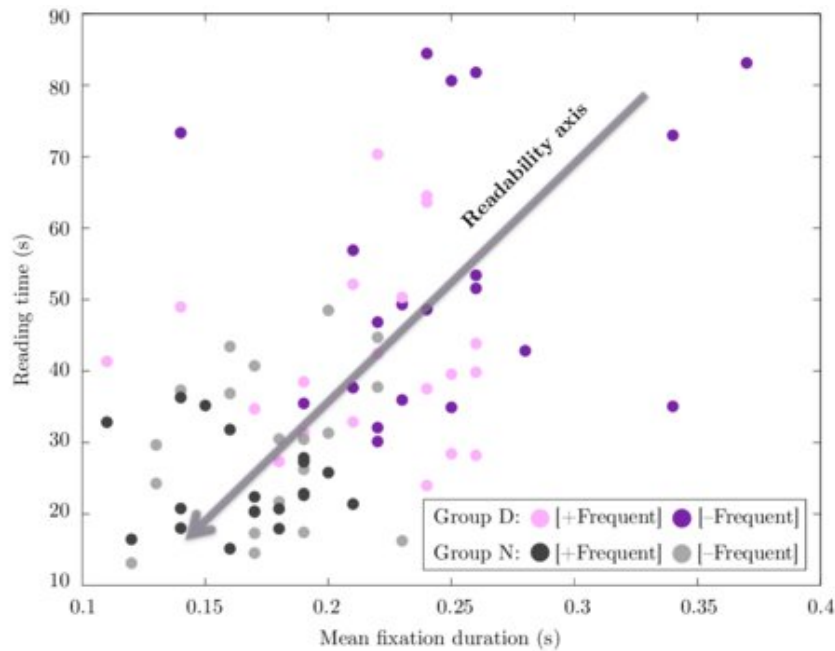
Het experiment van Rello e.a. (2013) wijst uit dat de fixatietijd bij mensen met dyslexie drastisch vermindert bij een frequent woordgebruik. Bij deelnemers met dyslexie waren de fixatietijden significant korter bij het gebruik van frequente woordenschat. De fixatietijd bij woordenschat met een minder aantal voorkomens lag hoger. Bij deelnemers zonder dyslexie was het verschil amper merkbaar.

2.2. Wetenschappelijke artikelen

2.2.1. Wetenschappelijke geletterdheid in Vlaanderen

De *Programme for International Student Assessment* of PISA-test⁴ van OESO is een driejaarlijkse test bij vijftienjarigen. Deze test bestudeert de wiskundige en we-

⁴<https://www.pisa.ugent.be/resultaten/pisa-2022>

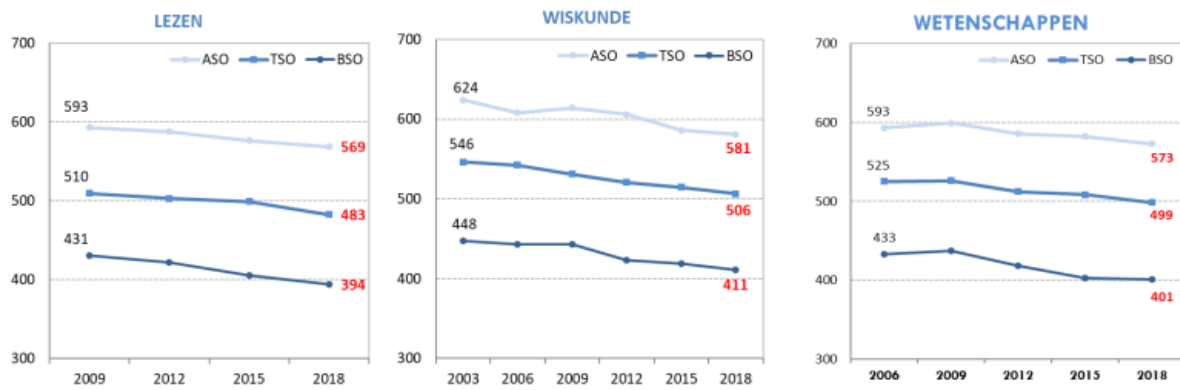


Figuur (2.2)

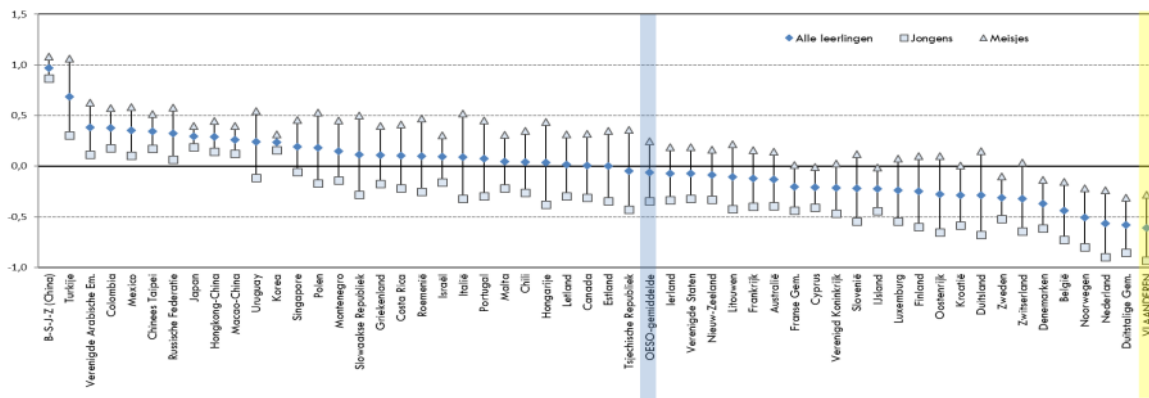
Afbeelding van Rello e.a. (2013). Langs de richting van de pijl wordt de ideale situatie benaderd, gekenmerkt door doelwaarden die worden bereikt door mensen zonder dyslexie onder optimale omstandigheden. Het gebruik van meer frequente woorden vermindert de fixatietijd en verbetert de leesbaarheid voor mensen met dyslexie.

tenschappelijke geletterdheid⁵ van 15-jarigen in geïndustrialiseerde landen, wat op ongeveer 79 landen komt. 4822 Vlaamse scholieren van vijftien jaar namen deel aan deze test. Dit onderzoek baseert op de cijfers van 2018, aangezien de testen van 2022 pas eind 2023 worden gepresenteerd. Deze testen houden echter geen rekening met leer- en leesstoornissen, waaronder dyslexie en dyscalculie. Het is echter nodig om deze cijfers mee te geven, om een idee te geven waar de doelgroep staat voor de start van de derde graad middelbaar onderwijs.

⁵“Het beheersen van vaardigheden om als kritische burger om te gaan met wetenschappelijke onderwerpen en ideeën.” volgens De Meyer e.a. (2019)

**Figuur (2.3)**

Figuur van De Meyer e.a. (2019). Op alle PISA-domeinen scoren de Vlaamse vijftienjarigen in ASO, BSO en TSO significant slechter dan de eerste metingen. De Meyer e.a. (2019) noemen dit een achteruitgang in alle onderwijsvormen.

**Figuur (2.4)**

Figuur van De Meyer e.a. (2019). Het leesplezier van Vlaamse 15-jarigen. Zij uitten zich uiterst negatief op stellingen over leesplezier. Volgens de enquête vond de helft van de scholieren begrijpend lezen enkel tijdsverlies en slechts 17% gaf aan dat lezen één van hun favoriete hobby's is. Er is wel een significant verschil tussen de mening van jongens en meisjes, waarvan jongens negatiever antwoorden op lezen.

Land	Gem.	SE
B-S-J-Z (China)	590	2,7
Singapore	551	1,5
Macao (China)	544	1,5
Estonia	530	1,9
Japan	529	2,6
Finland	522	2,5
Korea	519	2,8
Canada	518	2,2
Hongkong (China)	517	2,5
Chinees Taipei	516	2,9
Polen	511	2,6
VLAANDEREN	510	3,3
Nieuw-Zeeland	508	2,1
Slovenië	507	1,3
Verenigd Koninkrijk	505	2,6
Nederland	503	2,8
Duitsland	503	2,9
Australië	503	1,8
Verenigde Staten	502	3,3
Zweden	499	3,1
België	499	2,2
Tsjechische Republiek	497	2,5
Ierland	496	2,2
Zwitserland	495	3,0
Frankrijk	493	2,2
Denemarken	493	1,9
Portugal	492	2,8
Noorwegen	490	2,3
Oostenrijk	490	2,8
OESO-gemiddelde	489	0,4
Lefland	487	1,8
Frans Gemeenschap	485	2,8
Duitstalige Gem.	483	7,4

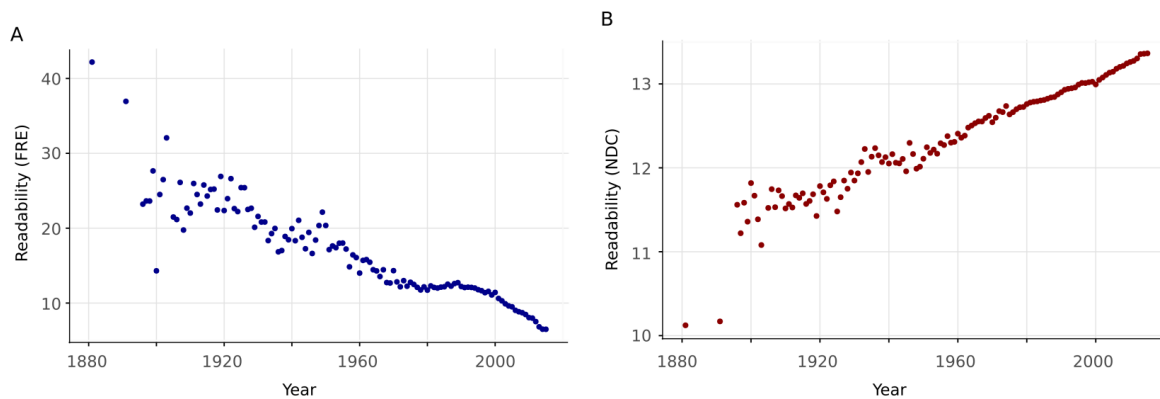
Figuur (2.5)

Figuur van De Meyer e.a. (2019). De wetenschappelijke geletterdheid bij vijftienjarigen op internationaal niveau. Vlaanderen scoort significant slechter dan acht deelnemende landen.

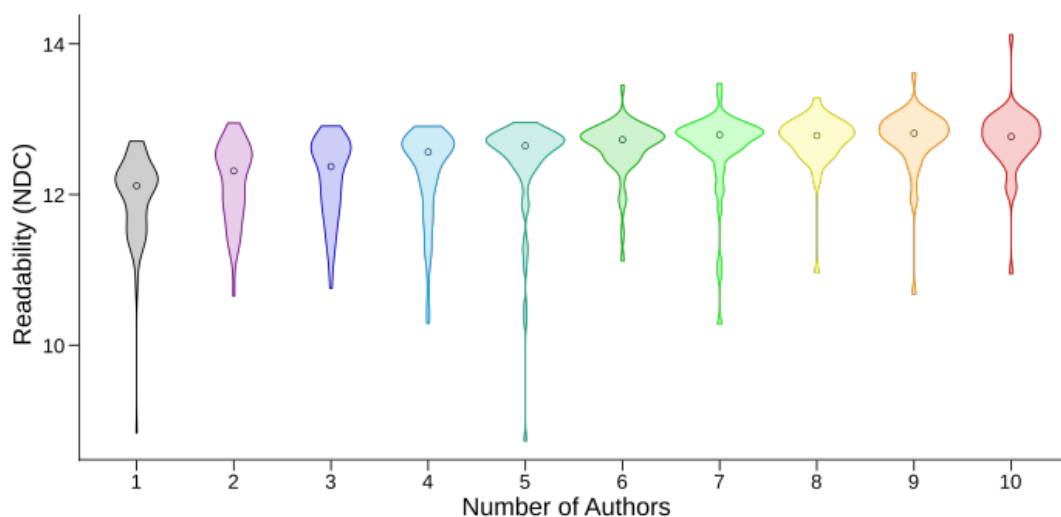
2.2.2. Trends rond wetenschappelijke artikelen

De leesbaarheid van wetenschappelijke teksten volgt al sinds de twintigste eeuw een neergaande trend (Hayes, 1992). Meerdere onderzoeken in de voorbije tien jaar trokken besluit dat de complexe woordenschat en zinsbouw simpelweg ontoegankelijk maakt (Ball, 2017; Jones e.a., 2019; Plavén-Sigray e.a., 2017).

Plavén-Sigray e.a. (2017) onderzochten de verschillende trends waarom wetenschappelijke artikelen alsmaar moeilijker te lezen worden. Dit deden ze door de relatie tussen de leesbaarheid van een abstract te vergelijken met het jaar waarin het wetenschappelijk artikel werd gepubliceerd. De complexiteit van het wetenschappelijk artikel beoordelen werd gedaan met de Flesch-Reading Ease (FRE) score. Om te bevestigen dat de relatie tussen de complexiteit van een abstract overeenstemt met die van de volledige tekstinhoud, werden er vergelijkingen gemaakt met zes verschillende wetenschappelijke journalen. De onderzoekers vertrokken uit het onderzoek van Dronberger en Kowitz (1975). Zij onderzochten de overeenkomsten tussen de complexiteit van een abstract en de inhoud van het artikel zelf. Die toonden aan dat een abstract complexere werd geschreven, vergeleken met de rest van een wetenschappelijk artikel.

**Figuur (2.6)**

Afbeelding uit Plavén-Sigray e.a. (2017). Links wordt de evolutie per FRE-score getoond. Hoe hoger de score, hoe hoger de gemiddelde complexiteit van een tekst. Rechts wordt de evolutie volgens de NDC-score getoond. Hoe hoger de score, hoe lager de gemiddelde complexiteit van een tekst. Het onderzoek schat dat nu een kwart van alle wetenschappelijke artikelen gebruik maken van Engels op het niveau van een masterstudent, ofwel een FRE onder nul.

**Figuur (2.7)**

Afbeelding uit Plavén-Sigray e.a. (2017). Horizontaal worden het aantal auteurs per wetenschappelijk artikel aangeduidt. Verticaal wordt de gemiddelde NDC-score weergegeven. Hoe hoger de NDC-score, hoe hoger de vereiste leesgraad om de tekst te kunnen lezen.

De moeilijke leesbaarheid van wetenschappelijke artikelen heeft volgens Plavén-Sigray e.a. (2017) gevolgen op twee aspecten: de toegankelijkheid en de herproduceerbaarheid.

Toegankelijkheid

Allereerst benadeelt dit de toegankelijkheid tot deze bronnen. Deze bronnen worden enkel toegankelijk tot wetenschappelijk geletterden. F en Ennals (2010) zegt dat wetenschap ons de nauwkeurige kennis moet geven, omdat mensen zich zor-

gen maken dat moderne samenlevingen minder streng worden met feitelijke waarheden en deze vervangen door *post-facts* die waar lijken te klinken. Wetenschappelijke inhoud moet volgens hem zo toegankelijk mogelijk worden gemaakt, zodat een zo breed mogelijk publiek de kern begrijpt.

Reproduceerbaarheid

Meerdere onderzoeken, halen de gevolgen bij vakexperts aan. Hartley (1999) toont zo aan dat het herschrijven van abstracten juist de begrijpbaarheid van academici vergrootte. De wetenschap bouwt voort op betrouwbare ontdekkingen en het reproduceren van experimenten is een belangrijke manier voor wetenschappers om vertrouwen te krijgen in hun besluiten. De inhoud van de wetenschappelijke artikelen moeten echter gecontroleerd kunnen worden. Voor de reproduceerbaarheid van onderzoeken is het volgens McNutt (2014) belangrijk dat de methodologie en resultaten begrijpelijk zijn. Dit beperkt het aantal misopvattingen en verwarringen bij onderzoekers.

2.2.3. Formaat

Experimenten uit het onderzoek van Hubbard en Dunbar (2017) wijzen uit dat de bevroegde onderzoekers zowel de methodologie als de resultaten de twee componenten vonden die een hoge leesgraad vergden.

2.2.4. Woordenschat en vakjargon

2.2.5. Countering

Pain (2016) schreef, als reactie op een satirisch artikel van Ruben (2016), een artikel dat in gesprek ging met verschillende wetenschappers om het onderwerp aan het licht te brengen. Wetenschappers gebruiken verschillende strategieën om wetenschappelijke artikelen te begrijpen. Sommigen zoeken meteen onbekende woorden op, terwijl anderen delen overslaan of extra informatiebronnen raadplegen. Het lezen van wetenschappelijke artikelen kan overweldigend zijn, vooral bij onbekende vakgebieden, lange artikelen en technisch jargon. Het is belangrijk om een balans te vinden tussen het begrijpen van de inhoud en het efficiënt gebruiken van de tijd. Sommige wetenschappers geven toe dat ze het soms gewoon opgeven als het te moeilijk wordt of als het niet relevant is voor hun onderzoek. Verder geeft Pain (2016) in haar artikel advies hoe startende lezers wetenschappelijke artikelen kunnen aanpakken.

- Begin altijd met het lezen van de samenvatting en conclusie om een idee te krijgen van het doel en de uitkomst van het onderzoek.
- De figuren en tabellen in het artikel zijn cruciaal omdat deze een snelle en duidelijke weergave geven van de belangrijkste bevindingen.

- Focus op de informatie die je nodig hebt en ga vervolgens terug om de technische details te begrijpen.
- Let op de beperkingen en juiste interpretatie van de resultaten, en controleer of de onderzoeksvraag en -methode adequaat zijn.
- Controleer of de referenties relevant zijn en zoek naar andere artikelen over hetzelfde onderwerp.
- Overweeg welke stukken opwindend, nieuw en relevant zijn voor uw eigen onderzoeksvragen en hypothesen.
- Maak aantekeningen en schrijf terwijl je leest, zodat je actief betrokken bent bij het lezen van het artikel.

De bevroagde onderzoekers in het onderzoek van Hubbard en Dunbar (2017) haalden de volgende adviezen aan. Het lezen van wetenschappelijke artikelen vereist selectief lezen, waarbij men bepaalde delen van het artikel prioriteert, zoals het abstract. Sommige bevroagden adviseren om de methodologie te negeren, terwijl anderen aanbevelen om de belangrijkste vragen of hypothesen van het artikel te achterhalen. Het is ook belangrijk om het artikel meerdere keren te lezen, waarbij men steeds gedetailleerder leest. Het abstract en/of de discussie bepaalt of het artikel de moeite waard is om te lezen. Kritisch lezen is eveneens belangrijk, waarbij men de conclusies beoordeelt en de data interpreteert voor zichzelf. Over het algemeen haalt het onderzoek van Hubbard en Dunbar (2017) aan dat er geen standaard aanpak is, maar selectief, kritisch en met een specifiek doel voor ogen lezen zijn tactieken die de bevroagde onderzoekers aanbevelen.

Leopold2015 voerden een experiment uit om een leerstrategie te achterhalen bij het leren van wetenschappelijke teksten. In het onderzoek testte het experiment drie leermethoden: het markeren van zinnen, *concept mapping* en het visualiseren van de tekst. Dit experiment werd uitgevoerd bij 51 scholieren van gemiddeld vijftien jaar en met een licht overwegend vrouwelijk publiek.

2.3. Tekstvereenvoudiging

2.3.1. Manuele tekstvereenvoudiging

Wetenschappelijke artikelen moeten informatie begrijpelijk weergeven voor een breed publiek, waaronder scholieren die deze artikelen voorgeschoteld krijgen. Om tekst toegankelijker te maken, kunnen leerkrachten verschillende tactieken toepassen.

1. Allereerst kan de tekst worden ingekort door meerdere keren te lezen en een samenvatting te maken met een haalbare tekstlengte voor scholieren.

2. Daarnaast kan de woordenschat en grammatica van tevoren worden uitgelegd, belangrijke zinnen kunnen worden gemarkeerd en er kan een extra inleiding worden geschreven om de interesse van scholieren te wekken.
3. Vervolgens kan aanschouwelijkheid worden vergroot met afbeeldingen en kunnen woorden worden aangepast aan de moeilijkheidsgraad, die kan worden gebaseerd op de leesleeftijd van de persoon waarvoor de tekst wordt vereenvoudigd.
4. Ten vierde kan de tekst worden omgezet naar een ander formaat, zoals notes, postcards of emails, om het begrijpelijker te maken.
5. Ten slotte moeten verwijswwoorden worden aangepast om de tekst toegankelijker te maken voor multilinguale lezers, bijvoorbeeld door eenvoudige verwijswwoorden zoals 'zij' of namen te gebruiken.

Het is echter belangrijk om ervoor te zorgen dat de tekst niet de flow verliest door deze aanpassingen. Glossaries worden over het algemeen vermeden omdat deze nadelige effecten kunnen hebben op de leesbaarheid van de tekst, vooral voor oudere doelgroepen.

Lengte en formaat

Rijkhoff (2022) benadrukt dat het tijdsintensief is om teksten in te korten.

Woordenschat

Moeilijke woorden kunnen op twee manieren beperkt worden. Eerst moet een tekst op maat zijn van het doelpubliek. De gehanteerde (vak)termen moeten begrijpelijk zijn voor iedereen binnen het doelpubliek. Deze leesgraad en voorkennis wisselt sterk af bij scholieren in de laatste graad middelbaar onderwijs. Als het niet mogelijk is om eenvoudigere synoniemen te gebruiken, dan komt het van pas om de woorden uit te leggen. Dit hoeft enkel te gebeuren bij de eerste keer dat deze woorden voorkomen (Bosmans e.a., 2022b, 2022c).

Grammatica

Bosmans e.a. (2022a) halen vier methoden aan om complexe constructies te vereenvoudigen.

- Tangconstructies omvormen
- Onderbroken zinsstructuur
- Zinsaanloop verkorten
- Voorzetselketens

Aanschouwelijkheid

2.3.2. Natural Language Processing

Tekstvereenvoudiging is het proces waarin het technisch leesniveau en/of woordgebruik van een geschreven tekst wordt verminderd. Het resultaat van deze fase is een tekst die korter en aangenamer is, zonder het verlies van de kerninhoud. Het langlopende onderzoek van Advait Siddharthan dient als vertrekpunt voor de literatuurstudie rond tekstvereenvoudiging. Binnen machinaal leren (ML) is tekstvereenvoudiging een zijtak van natuurlijke taalverwerking. Volgens (Siddharthan, 2014) bestaat een complete tekstvereenvoudiging uit vier transformaties.

Natural Language Processing (NLP) of natuurlijke taalverwerking is een brede term die zich richt op het verwerken en analyseren van menselijke taal door computers en andere technologieën (Eisenstein, 2019). Het omvat verschillende technieken, zoals tekstanalyse, taalherkenning en -generatie, spraakherkenning en -synthese, en semantische analyse. Computers zijn in staat om op een menselijke manier te communiceren en begrijpen wat er wordt gezegd. Sohom (2019) haalt de volgende begrippen aan.

- **Tokenisatie** splitst de stam of basisvorm van woorden in een tekst. Gebruikelijk zetten ontwikkelaars deze stap in om een woordenschat voor een taalmodel op te bouwen. Bij tokenisatie wordt er geen rekening gehouden met de betekenis achter ieder woord.
- **Lemmatiseren** in NLP bouwt verder op *stemming*, maar de betekenis van ieder woord wordt in acht genomen. Voor het lemmatiseren bestaan er Nederlandstalige modellen, waaronder JohnSnow⁶. Bij **omgekeerd lemmatiseren** wordt er een afgeleide achterhaald vanuit de stam. Bijvoorbeeld voor het werkwoord 'zijn' zou dit 'is', 'was' of 'ben' zijn. Voor zelfstandige naamwoorden, zoals 'hond', is dit dan enkelvoud of meervoud.
- Bij een **parsing**-fase wordt er een label aan ieder woord of zinsdeel toegekend. Voorbeelden van labels zijn zelfstandig naamwoord, bijwoord, werkwoord, bijzin of stopwoord. Het herkennen van zinsdelen wordt *chunking* genoemd. Parsing heeft een dubbelzinnigheidsprobleem, want een 'plant' staat niet gelijk aan de vervoeging van werkwoord 'planten'.
- Sentimentanalyse is een tak onder Natural Language Understanding (NLU).

Sequence Labeling

Volgens Eisenstein (2019) is *sequence labeling* essentieel tot het achterhalen van de structuur van een tekst met *supervised learning*. Elk woord in een tekst of zin wordt geclassificeerd met behulp van specifieke labels, zoals bijvoorbeeld een *Part*

⁶https://nlp.johnsnowlabs.com/2020/05/03/lemma_nl.html

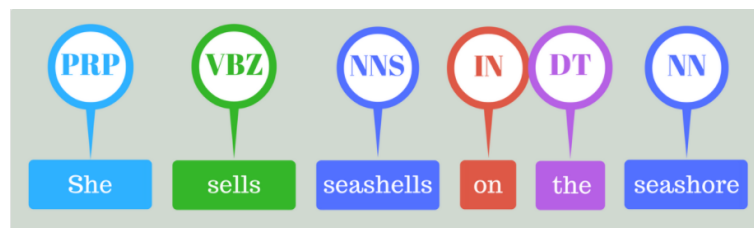
of *Speech* of PoS-label of een *Named Entity Recognition* of NER-label. De structuur van de tekst wordt achterhaald en informatie en patronen kunnen uit de tekst worden gehaald. Jurafsky e.a. (2014) haalt PoS en NER-labeling verder aan in hun boek. Terwijl POS-tagging zich richt op grammaticale categorieën van woorden, richt NER-labeling zich op het identificeren van specifieke entiteiten in tekst.

- Bij **POS-tagging** worden de woorden in een zin geanalyseerd en krijgt elk woord een grammaticale categorie of een deel van de rede toegewezen, zoals zelfstandig naamwoord, werkwoord, bijvoeglijk naamwoord of bijwoord. POS-tagging helpt volgens Jurafsky e.a. (2014) bij het identificeren van de syntactische structuur van een zin. Dit is volgens de onderzoeker handig voor taken zoals parsing en machinevertaling. Dit wordt aanschouwelijk gemaakt op 2.8
- Aan de andere kant houdt **NER-labeling** zich bezig met het herkennen en classificeren van *named entities* in een zin, zoals namen van personen, organisaties, locaties, data, enzovoort. NER-labeling wordt volgens Jurafsky e.a. (2014) gebruikt 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. Dit wordt aanschouwelijk gemaakt 2.9. Li e.a. (2018) haalt vier technieken aan waarop NER-labeling kan gebeuren:
 - *Dictionary-based* systemen waarbij een dictionary een verzameling van de woordenschat bijhoudt. Hierop wordt *basic string matching* toegepast.
 - *Rule-based* systemen met een vooraf gekregen verzameling van regels voor het ophalen van informatie. Het toewijzen gebeurt met patronen, of met de context van een woord.
 - *ML-based* modellen trainen eerst op geannoteerde tekstdocumenten, vervolgens gebruikt het getrainede model deze annotaties.
 - *Deep-learning* of DL-modellen mappen de invoerdata aan een niet-lineaire representatie. De complexe modellen maken het mogelijk om niet voor de hand liggende relaties uit te pluizen, wat het de sterkste van de vier opties maakt.

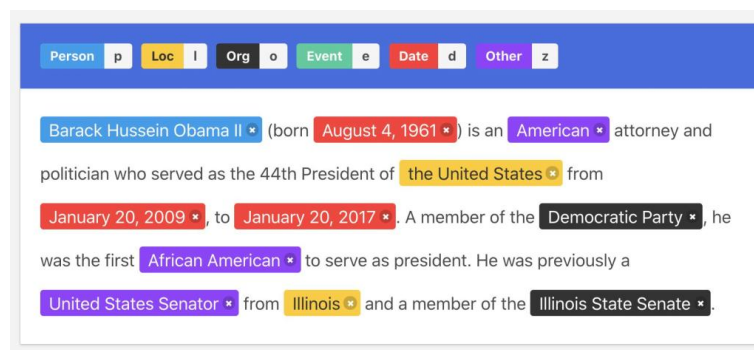
Daarnaast haalt Li e.a. (2018) modellen aan om een pipeline voor NER-labeling mogelijk te maken. Spacy heeft deze functie ingebouwd. Stanford NER-tagger is een tool die samen met het NLTK-pakket werkt.

2.4. De verschillende soorten tekstvereenvoudiging

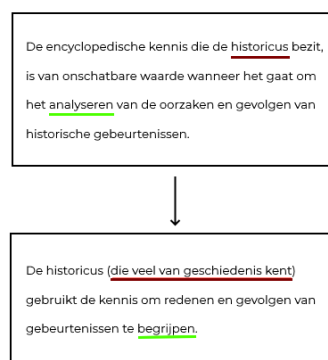
Tekstvereenvoudiging bestaat uit vier soorten transformaties: lexicale, syntactische en semantische vereenvoudiging en samenvatten.

**Figuur (2.8)**

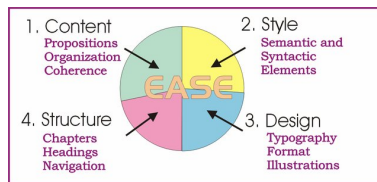
Voorbeeld van PoS-labeling op de Engelstalige zin "She sells seashells on the seashore". Afbeelding van Bilici (2021)

**Figuur (2.9)**

Voorbeeld van sequence labeling op de Engelstalige zin "She sells seashells on the seashore". Afbeelding van Bilici (2021)

**Figuur (2.10)**

Voorbeeld van manuele tekstvereenvoudiging. Oorspronkelijke tekst uit Historia 5 bron toe te voegen

**Figuur (2.11)**

Afbeelding van DuBay (2004)

Verder haalt DuBay (2004) de vier basiselementen aan die bijdragen tot een eenvoudiger tekst.

2.4.1. Lexicale vereenvoudiging

Bij lexicale vereenvoudiging worden complexe woorden vervangen door eenvoudigere synoniemen. Bijvoorbeeld, het woord 'adhesief' kan worden vervangen door 'klevend'. De zinsstructuur verandert niet en er is garantie dat de kerninhoud en benadrukking hetzelfde blijft. Het doel van lexicale vereenvoudiging is om de moeilijkheidsgraad van de woordenschat in een zin of tekst te verlagen. Dit is, volgens het aantal onderzoeken, de meest gekende vorm van vereenvoudiging en een noodzakelijke stap bij het vereenvoudigen van een tekst. Voor prevalentie domeinen, zoals de onderwijs-, medische en financiële sector, zijn er onderzoeken vrij beschikbaar. In de medische sector haalt Kandula e.a. (2010) twee manieren aan om lexicale vereenvoudiging mogelijk te maken, namelijk het vervangen door een synoniem en het aanmaken of genereren van extra uitleg. Zij bouwden verder op een vorig onderzoek van Zeng e.a. (2005).

Complex Word Identification

Complex word identification of CWI is een supervised NLP-taak in een pipeline voor tekstvereenvoudiging. Moeilijke woorden of *multi-word expressions* (MWE) in een tekst worden achterhaald (Gooding & Kochmar, 2019; Shardlow, 2013). Dit is volgens Shardlow (2013) een cruciale stap, want een lage recall van dit component zal een uitvoertekst geven waar moeilijke woorden niet worden vereenvoudigd.

2.4.2. Syntactische vereenvoudiging

Syntactische vereenvoudiging verandert de grammatica en zinsstructuur van een tekst om de complexiteit van een zin te verlagen. Twee afzonderlijke zinnen kunnen samengevoegd worden tot één eenvoudigere zin. Zo worden complexe of onduidelijke zinsconstructies verminderd, terwijl de inhoud en betekenis van de tekst behouden blijft. Dergelijke transformaties zijn het vereenvoudigen van de syntax of door de zinnen korter te maken. Zinnen worden toegankelijker, zonder de kerninhoud of relevante inhoud te verliezen.

Het onderzoek van Kandula e.a. (2010) bespreekt het vereenvoudigen van medi-

sche journalen. Zij ontwikkelden een toepassing om medische informatie te vereenvoudigen met beschikbare biomedische bronnen, door syntactische vereenvoudiging op zinniveau toe te passen. Zinnen met meer dan tien woorden worden als complex beschouwd en worden verwerkt door drie modules. Op het einde van deze vereenvoudiging kan de oorspronkelijke zin ongewijzigd worden behouden of vervangen worden door twee of meer kortere zinnen. De architectuur van het model omvat drie onderdelen: een *Part of Speech (PoS) Tagger*, een *Grammar Simplifier* en een *Output Validator*.

- Voor de *PoS Tagger*-fase gebruikten Kandula e.a. (2010) beschikbare functies uit het open-source pakket OpenNLP⁷.
- De *Grammar Simplifier* module splitst de lange zin in twee of meer kortere zinnen door POS-patronen te identificeren en een set transformatieregels toe te passen.
- De *Output Validator* module controleert de output van de Grammar Simplifier op grammatica en leesbaarheid. Er zijn drie condities:

2.4.3. Conceptuele of semantische vereenvoudiging

Conceptuele vereenvoudiging lost dit probleem op. Theoretische kennis hierover is schaars, maar Siddharthan (2006) bestudeerde dit concept verder. Dit type vereenvoudiging betreft het opdelen van complexe concepten in eenvoudigere delen, het gebruik van duidelijke en bondige taal en het vermijden van technische jargon en abstracte uitdrukkingen. Het doel is om de inhoud begrijpelijker te maken, zonder dat hierbij de betekenis of nauwkeurigheid wordt aangetast. Siddharthan (2006) noemt deze transformatie een vorm van elaboratie of het uiteenzetten van een begrip.

2.4.4. Semantische vereenvoudiging

Semantisch vereenvoudigen is volgens Siddharthan (2006) de inhoud of betekenis van een tekst aanpassen om het begrijpelijker te maken voor een doelgroep. Zo wordt er meer uitleg of voorbeelden gegeven, of dat niet-relevante delen van de tekst worden weggelaten.

2.4.5. Tekstvereenvoudiging automatiseren

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

⁷<https://opennlp.apache.org/>

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.

2.4.6. Combineren tot het geheel van tekstvereenvoudiging

Het onderzoek van De Belder (2010) richt zich op tekstvereenvoudiging voor kinderen. De doelgroep ligt echter jonger dan deze casus, maar het onderzoek haalt aan hoe de onderzoekers een methode opzetten voor lexicale en syntactische vereenvoudiging. Bulté e.a. (2018) werkte het aspect rond lexicale vereenvoudiging verder uit. Het resultaat van dit onderzoek was een *pipeline* ontworpen om moeilijke woordenschat naar simpele synoniemen te vervangen. Eerst ging de tekstinhoud door een *preprocessing*-fase, samen met het uitvoeren van WSE. Daarna werd de moeilijkheidsgraad van ieder token overlopen. De moeilijkheidsgraad is gebaseerd op hoe vaak een woord voorkomt in SONAR500⁸ een corpus met eenvoudige Nederlandstalige woorden. Synoniemen werden teruggevonden met Cornetto⁹, een lexicale databank met Nederlandstalige woorden. Hiervoor gebruikten de onderzoekers een *reverse lemmatization* fase. Lexicale vereenvoudiging is ingewikkeld wanneer er geen eenvoudigere synoniemen zijn. In dat geval blijft een moeilijk woord voor wat het is.

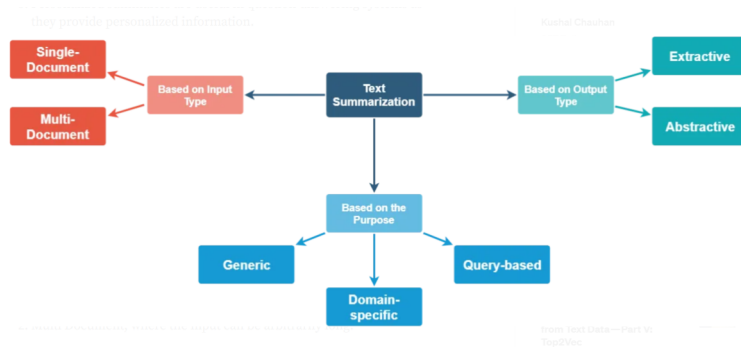
2.5. Samenvatten

Teksten vereenvoudigen met lexicale, conceptuele en/of syntactische vereenvoudiging biedt geen garantie dat de tekstinhoud korter zal worden. Bij de drie soorten vereenvoudiging wordt er initieel enkel per zin gekeken. De vereenvoudiging houdt geen rekening met voorafgaande of opvolgende zinnen (DuBay, 2004). Teksten machinaal samenvatten is geen nieuw concept. Het onderzoek van Hahn en Mani (2000) onderzoekt hoe teksten automatisch samengevat kunnen worden. Dit onderzoek haalt onder meer twee aanpakken aan hoe een machine teksten kan samenvatten, namelijk extractief en abstractief. Daarnaast reikt Hahn en Mani (2000) drie manieren aan welke inhoud er zeker in de samengevatte versie moet op te merken zijn:

- Informatieve samenvattingen vervangen de oorspronkelijke tekst. Alles wat de lezer nodig heeft, dus hoofd- en bijzaken, zijn betrokken in de samengevatte tekst.
- Indicatieve samenvattingen behouden enkel een tekst met links die een lezer doorverwijzen naar andere bronnen.
- Kritische samenvattingen of *reviews* bestaan uit de kerninhoud van de oor-

⁸<https://taalmaterialen.ivdnt.org/download/tstc-sonar-corpus/>

⁹<https://github.com/emsrc/pycornetto>



Figuur (2.12)

Afbeelding van Chauhan (2018). De manier waarop teksten automatisch samengevat kunnen worden, is afhankelijk van drie verschillende domeinen.

spronkelijke tekst en een opiniestuk over die specifieke kerninhoud.

Verder haalt Hahn en Mani (2000) ook het onderscheid tussen een generieke en een gebruikersgerichte samenvatting. Een generieke samenvatting staat niet stil bij speciale noden of interesses van de eindgebruiker. Daarnaast houdt een gebruikersgerichte samenvatting wel rekening met sleutelwoorden of thema's in een tekst. Hahn en Mani (2000) haalt aan dat technologieën zoals full-text-search en gepersonaliseerd informatiefiltering het belang van gebruikersgerichte samenvatting naar voor duwen. Hahn en Mani (2000) omschrijft de architectuur van een samenvattingssysteem aan de hand van drie fases. Allereerst wordt de brontekst geanalyseerd. Daarna worden de *salient points* of kernpunten in een tekst aangeduid. Deze punten zijn zinnen of tokens. Ten slotte worden de punten samengevoegd tot één uitvoertekst. De nadruk is verschillend per samenvattingsmethode.

2.5.1. Extractief samenvatten

Bij deze vorm worden de belangrijkste zinnen gemarkeerd en vervolgens opnieuw neergeschreven. Dit is het equivalent van handmatig zinnen te fluoriseren en vervolgens op een blanco papier neerschrijven. Het nadeel hiervan is dat de uitvoertekst niet samenhangend zal zijn na het samenvatten. Dit maakt de tekst minder aangenaam om te lezen. Verma en Verma (2020) onderzocht de verschillende manieren waarop een tekst op een extractieve manier kan worden samengevat. Zij halen drie grote componenten aan, namelijk:

- Graph-based
- Maximal Marginal Relevance
- Meta-heuristic-based

Graafgebaseerd extractief samenvatten

Graafgebaseerd extractief samenvatten is een techniek die een document voorstelt als een graaf, waarbij de knopen zinnen voorstellen en bogen de relatie tussen

de zinnen voorstellen. Deze algoritmen achterhalen de belangrijkste zinnen in de graaf. Bijvoorbeeld kan het PageRank-algoritme, dat vaak wordt gebruikt voor het rangschikken van webpagina's in zoekmachines, worden gebruikt om de zinnen in de grafiek te rangschikken op basis van hun belangrijkheid.

Parveen en Strube (2015) raadt een graafgebaseerd systeem aan voor *unsupervised learning*. Belangrijke zinnen worden bepaald met een lokaal minimum, alsook wordt redundantie vermeden. Deze methode blijkt goed te werken bij het ophalen van samenvattingen uit zowel lange wetenschappelijke artikelen als korte nieuwsartikelen. Daarnaast vermeldt Parveen en Strube (2015) ook dat het systeem altijd beter presteert wanneer coherentie wordt opgenomen en wanneer het wordt gecombineerd met positionele informatie. In toekomstig werk is Parveen en Strube (2015) van plan om meer taalkundige informatie in de entiteitsgrafiek op te nemen en beoordelingen van domeinexperts te verkrijgen om te zien of de redactiesamenvattingen als gouden samenvattingen kunnen worden gebruikt voor evaluatie.

Abdel-Salam en Rafea (2022) voerden een vergelijkend onderzoek uit rond SqueezeBERT en BERT. Met behulp van de compacte architectuur van SqueezeBERT kan een samenvatter worden gemaakt en ingezet voor real-time samenvatting. Dit is volgens de onderzoeker een interessant alternatief voor de originele BERT-base samenvatter, die meer dan 120 miljoen trainbare parameters heeft. In vergelijking heeft de voorgestelde SqueezeBERT slechts ongeveer 62 miljoen parameters, terwijl het samenvattingsprestatieniveau nog steeds boven de 90% van het BERT-baseline model blijft. Uit de experimenten van Abdel-Salam en Rafea (2022) blijkt dat de SqueezeBERT-samenvatter een goed alternatief is om een samenvatter te trainen met bijna de helft van de grootte van het originele model met minimale afbreuk in de samenvattingsprestaties. Daarnaast blijkt uit het onderzoek dat het gebruik van efficiënte netwerken geïnspireerd door *computer-vision literature*, zoals *grouped convolutional layers*, de NLP downstream taken kan verbeteren. Abdel-Salam en Rafea (2022) haalt verder aan dat er potentie is voor een productieversie van een SqueezeBERT-samenvatter, die minder parameters heeft dan DistilBERT met ongeveer 20% en dezelfde ROUGE-1 score behoudt, terwijl het iets hogere ROUGE-2 en ROUGE-L scores behaalt. Hoewel de SqueezeBERT en DistilBERT iets lagere scores produceren in vergelijking met het BERT-baseline model, heeft SqueezeBERT als voordeel dat het minder trainingstijd en minder parameters heeft dan het baseline model met 48,44%.

Maximal Marginal Relevance

Traditionele extractieve samenvattingssystemen bouwen verder op de door Carbonell en Goldstein (1998) ontworpen architectuur. Deze architectuur gebruikt een maximaal marginale relevantiescore of MMR. Deze architectuur houdt rekening met de diversiteit en de relevantie van de gemarkeerde zinnen. De relevantie van een zin in een tekst wordt bepaald door de mate waarin het de belangrijkste informatie overbrengt van de tekst waarvan het afkomstig is. Om diversiteit aan tek-

stinhoud te waarborgen, wordt er gekeken naar de mate waarin de geselecteerde zinnen verschillen van de eerder geselecteerde zinnen in de samenvatting. Als een zin relevant is maar qua inhoud te veel overlapt met de eerder geselecteerde zinnen, dan heeft deze minder kans om in de samenvatting opgenomen te worden. Deze score kan doorgaans berekend worden met KeyBERT¹⁰.

Extractief samenvatten met de MMR-methode is de methode bij uitstek voor ML-toepassingen. Onderzoekers bouwden verder op dit principe. In McDonald (2007) stelt de onderzoeker voor om de gulzige zoekalgoritme van MMR te vervangen door een globaal optimale formulering, waarbij het MMR-framework wordt uitgedrukt als een knapzakprobleem en er een *integer linear programming* (ILP) solver kan worden gebruikt om de functie te maximaliseren. De MMR-methode hield voordien enkel rekening met relevantie en diversiteit, maar niet met de optimale combinatie van zinnen die in een samenvatting moet worden opgenomen. Deze aanpak vereist echter meer rekenkracht en tijd dan de standaard MMR-methode, maar het experiment van McDonald (2007) haalde wel aan dat dit leidde tot betere resultaten. H. Lin en Bilmes (2010) evolueerde het oorspronkelijke MMR-algoritme. Bij de evaluatie van deze architectuur benadrukte zij betere resultaten.

Metaheuristiek-gebaseerd

Metaheuristische samenvatting maakt gebruik van metaheuristische optimalisatie-algoritmen zoals genetische algoritmen, *simulated annealing* of zwermoptimalisatie om de belangrijkste zinnen in een tekst te achterhalen. Deze algoritmen zoeken volgens Premjith e.a. (2015) en Verma en Verma (2020) naar de beste combinatie van zinnen die de belangrijkste informatie in de tekst bevatten. De evaluatiefunctie in metaheuristische samenvattingsalgoritmen kan gebaseerd zijn op verschillende criteria, zoals zinslengte, -relevantie en -verbanden. Rani en Kaur (2021) benadrukt dat teksten samenvatten met een metaheuristische methode regelmatig vraakt in een lokaal optimum. Dit is een tekortkoming op andere methoden. Daarnaast wijst het onderzoek uit aan dat metaheuristische methoden geen *steepness* of extremen op een *search space behaviour* aanduiden. Er moet gebruikt gemaakt worden van een optimalisatiestrategie die gebaseerd is op gradiënten om de convergentie aanzienlijk te versnellen.

Experimenten over extractief samenvatten

McKeown e.a. (1999) voerden experimenten uit op extractieve samenvattingen van nieuwsartikelen. De resultaten wijzen erop dat deze vorm vatbaar is op vooroordelen. Bij nieuwsartikelen wordt er geen rekening gehouden met vooroordelen van de auteur. De zinnen worden genomen zoals ze zijn. Hahn en Mani (2000) bouwde verder op dit experiment. Zij voerden een experiment uit met een mix van *knowledge-rich* en *knowledge-poor* methoden, met succesvolle resultaten tot gevolg.

¹⁰<https://maartengr.github.io/KeyBERT/api/mmr.html>

De nadruk bij extractief samenvatten ligt in het kiezen van de *salient text units*. Deze punten zijn typisch in de vorm van zinnen. Er is nood aan een manier om de lexicale en statistische relevantie van een zin te kunnen aanduiden. Hiervoor haalt Hahn en Mani (2000) twee manieren aan:

- Met een lineair gewicht model. Iedere teksteenheid wordt gewogen op factoren zoals de *location weight* en het aantal voorkomens.
- Een gewicht model op basis van de statistische opvallendheid van een eenheid. Zo wordt er rekening gehouden met de aanwezigheid van een woord in (sub)titels.

Nallapati e.a. (2017) wilden de nauwkeurigheid van andere modellen overbruggen. Dit doen ze met *SummaRuNNer*¹¹, een oplossing voor het extractief samenvatten van teksten met een neurale netwerk. De toepassing werd opgebouwd met PyTorch in en bestaat uit een combinatie van drie modellen: een recurrent neurale netwerk, een convolutioneel recurrent neurale netwerk en een *hiërarchische attentie netwerk*.

Programmeren

todo

2.5.2. Abstractief samenvatten

Cao (2022) deed verder onderzoek naar *deep learning* methoden om abstractieve samenvattingen te automatiseren.

Semantische aanpak

Structuurgerichte aanpak

Programmeren

Om een abstractieve samenvatting op te bouwen bestaan er verschillende modellen. Het Pegasus-model vloeide voort uit een onderzoek van Zhang e.a. (2020) over het afhandelen van *gap-sentences* met pre-trained modellen voor samenvatting met NLP. Pegasus haalt kernzinnen uit een invoertekst en zal die zinnen vervolgens als één uitvoerzin uitschrijven. Dit model werd getraind en beoordeeld op samenvattingstaken zoals emails, patenten, rekeningen en ook wetenschappelijke artikelen. Hieronder een code-snipper van hoe een simpele abstractieve samenvatting kan worden gemaakt met Google Pegasus.

todo

¹¹<https://github.com/hpzhao/SummaRuNNer>

2.5.3. Hybride samenvatting

In het best denkbare geval wordt abstractieve en extractieve samenvatting gecombineerd volgens Hsu e.a. (2018) en Huang e.a. (2019). Zo omvat een pipeline voor hybride samenvatting twee onderdelen: een *content selection* fase waarin de kernzinnen met extractieve samenvatting worden opgehaald en *paraphrasing* waarbij de gemarkeerde kernzinnen worden samengevat met abstractieve samenvatting.

2.5.4. Evaluatie

Handmatig samenvattingen van lange documenten gaan beoordelen vergt tijd en voldoende planning (Nenkova & Passonneau, 2004). Zo zijn er twee metrieken om een samenvatting automatisch te beoordelen.

Referentieteksten

ROUGE meet de gelijkheid tussen *machine-generated* tekst en een referentietekst, meestal gemaakt door een mens. Deze meting is recall-gebaseerd en gebaseerd op exacte token matches. Dit impliceert dat er geen rekening wordt gehouden met gelijkbetekenende of synonieme zinnen (C.-Y. Lin, 2004). De ROUGE-modellen die verderbouwen houden rekening met deze tekortkomingen. ROUGE-2 van Ganesan (2018) voorziet dictionaries van synoniemen, zodat er rekening wordt gehouden met synonieme zinnen. ROUGE-G van ShafieiBavani e.a. (2018) gebruikt graafalgoritmen om lexicale en semantische matching mogelijk te maken.

BLEU volgt een gelijkaardige werking. De gelijkheid tussen een machine-generated tekst en een referentietekst wordt beoordeeld, maar deze meting is precision-gebaseerd.

2.5.5. Conclusie

2.6. Valkuilen

NLP maakt gebruik van kunstmatige intelligentie en machine learning om menselijke taal te begrijpen en te verwerken, terwijl tekstvereenvoudiging ingewikkelde teksten omzet in begrijpelijke taal voor een breder publiek. Hoewel deze technologieën veelbelovend zijn, zijn er veelvoorkomende valkuilen waar ontwikkelaars en gebruikers rekening mee moeten houden (Khurana e.a., 2022; Roldós, 2020; Sci-force, 2020).

2.6.1. Taalgerelateerde valkuilen

Homoniemen

Sequence Labeling koppelt labels aan tokens in doorlopende tekst. Homoniemen kunnen echter roet in het eten gooien. Roldós (2020) haalt aan dat het voor een machine moeilijk is 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.

Synoniemen

2.6.2. Datasets

Het onderzoek van Sciforce (2020) haalt aan dat het merendeel van NLP-toepassingen Engelstalige invoer gebruikt. Niet-Engelstalige toepassingen zijn zeldzaam. De opkomst 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.

2.6.3. Meaning distortion

2.6.4. Paternalisme

De doelstelling van assisterende software is om gelijke kansen te bieden aan iedereen. Tekstvereenvoudiging voorziet een eenvoudigere syntax en woordenschat in een tekst. Volgens Niemeijer e.a. (2010) zijn de ethische overwegingen die samenhangen met tekstvereenvoudiging niet gemakkelijk te scheiden van de technologie die wordt gebruikt om het resultaat te bereiken. Ontwikkelaars moeten rekening houden met de doelgroep waarvoor ze een toepassing maken. Het onderzoek van Gooding (2022) haalt pijlers aan waarmee ontwikkelaars rekening moeten houden bij de ontwikkeling van adaptieve software, waaronder toepassingen voor tekstvereenvoudiging. Ontwikkelaars moeten zich meer bewust worden van de behoeften en verwachtingen van de eindgebruiker bij het ontwikkelen van een tekstvereenvoudigingstoepassing. Haar onderzoek benadrukt de paternalistische of afhankelijke aard van assisterende toepassingen. Tekstvereenvoudiging omvat vier transformaties, maar niet iedere transformatie is vereist voor iedere gebruiker. Een adaptieve tekstvereenvoudigingstoepassing moet de eindgebruiker een keuze aanbieden om aan te passen wat vereenvoudigd wordt, afhankelijk van specifieke behoeften.

Volgens Sikka en Mago (2020) maken de meeste AI-toepassingen voor tekstvereenvoudiging gebruik van *black-box* modellen. Een *black-box* model geeft niet aan waarom specifieke transformaties worden uitgevoerd, bijvoorbeeld het vervangen van een woord door een eenvoudiger synoniem. Het model kan dus niet aangeven waarom het juist dat woord heeft vervangen door dat specifieke synoniem. Deze AI-toepassingen vallen onder de categorie van *supervised learning* en het model leert handelingen uit de data waarop het is getraind. Dit is echter problematisch, aangezien Xu e.a. (2015) benadrukt dat veel toepassingen voor tekstvereenvoudiging geen rekening houden met de doelgroep waarvoor ze zijn ontwikkeld.

Oplossing

Om dit probleem op te lossen, is het belangrijk om de eindgebruiker, in dit geval scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs, de keuze te geven. Zoals beschreven in Gooding (2022), zijn er verschillende mogelijkheden. Bijvoorbeeld, de eindgebruiker moet de mogelijkheid hebben om te kiezen welke sy-

noniemen de tekst lexicaal zullen aanpassen. Een alternatieve aanpak voor syntactische vereenvoudiging is om de scholier zelf zinnen te laten markeren die moeilijk te begrijpen zijn, zodat het systeem alleen de door de eindgebruiker aangegeven zinnen vereenvoudigt.

2.6.5. Evaluatie en interpretatie

Alignment problem

Menselijke feedback bij reinforcement learning

De beste samengevatte versie van een tekst achterhalen met menselijke feedback vergt de juiste methode. De doelgroep waarvoor een tekst wordt samengevat, moeten nauw in het proces worden opgenomen.

2.7. Beschikbare software voor tekstvereenvoudiging

Dyslexie is een veelvoorkomende aandoening die de lees- en schrijfvaardigheden van scholieren kan belemmeren. Om deze scholieren te ondersteunen, worden er verschillende softwareprogramma's en tools ontwikkeld. In dit hoofdstuk zal worden gekeken naar mogelijke nationale en internationale software die specifiek is ontworpen om scholieren met dyslexie te helpen bij het lezen van teksten. Er zal met name worden gekeken naar de beschikbare software in Vlaamse middelbare scholen, chatbots, zoals Bing AI en ChatGPT, en software die speciaal is ontwikkeld om dyslexie te ondersteunen bij het lezen.

2.7.1. Momenteel ingezet in het onderwijs

In het middelbaar onderwijs wordt lees- en studieondersteuning voor scholieren met dyslexie enkel in de vorm van voorleessoftware voorzien (De Craemer e.a., 2018; OnderwijsVlaanderen, 2023). Naast luister- en schrijfopties kunnen scholieren zinnen markeren om teksten samen te vatten, maar enkel de gemarkeerde zinnen worden betrokken in de samengevatte versie. Alle softwarepakketten bieden echter geen onafhankelijke samenvat- of vereenvoudigfunctie aan. OnderwijsVlaanderen (2023) leent licenties voor de volgende softwarepakketten uit:

- SprintPlus
- Kurzweil3000
- Alinea Suite
- IntoWords
- TextAid

2.7.2. Proof-of-concepts en online webapplicaties

Tot dusver zijn er talloze tools online beschikbaar die teksten generiek of voor een algemeen doelpubliek kunnen vereenvoudigen of samenvatten. Zo omschrijft Bingle e.a. (2018) een proof-of-concept voor een webapplicatie die teksten vereenvoudigt, vooral voor mensen met dyslexie. Deze software noemt nu Hero en bevindt zich in betafase.

Resoomer, Paraphraser en Scholarcy zijn oorspronkelijk Engelstalige tools, met ondertussen de mogelijkheid om een abstractieve samenvatting te maken van Nederlandstalige teksten. De taalmodellen waar deze applicaties op werken, is niet gekend. Daarnaast zijn er ook geen API's beschikbaar om mee te werken.

2.7.3. GPT-3

Generative Pretrained Transformer 3 of GPT-3 is een taalmodel ontworpen door OpenAI. Het model is getraind op niet-gecategoriseerde data van het internet en is gebaseerd op datasets zoals Common Crawl, WebText2, Books1, Books2, and Wikipedia. Dit taalmodel steunt op *Reinforcement Learning from Human Feedback* of RLHF.



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 (2.13)

Afbeelding van Gooding 2022. De invoertekst is een paragraaf uit een niet-vermeld boek van de Russische schrijver Dostoevsky. Het resultaat van de meegegeven prompt is een transformatie dat iedere vorm van vooraf aangehaalde vereenvoudiging weergeeft. Lexicale, conceptuele en syntactische vereenvoudiging worden op de invoertekst toegepast.



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 (2.14)

Afbeelding van Gooding 2022. Gooding haalt verder aan dat modellen zoals ChatGPT op twee vlakken de leesbaarheid van een tekst kan bevorderen. Allereerst door het verlenen van verschillende mogelijke versies van een vereenvoudigingstaak.



Which of the three simplified versions is the simplest?

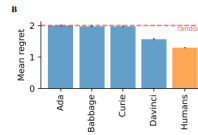


Of the three simplified versions, the first one is the simplest. It uses the shortest and simplest words and phrases to convey the main idea of the original paragraph, which is that humble love is the strongest force and can be used to overcome anything. The other two versions add more details and examples, 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 (2.15)

Afbeelding van Gooding 2022. Gooding haalt aan dat

Lisowski (2023) vergelijkt de twee OpenAI taalmodellen met een *mixed-methods* onderzoek. Al blijken de twee heel gelijkaardig, het experiment benadrukt dat het ChatGPT-model een conversationeel model is, terwijl GPT-3 een ML-model is bedoeld om met hoogstens één prompt te werken. De grootte van het GPT-3 model met 175 miljard parameters imposanter dan Chat-GPT. Daarnaast is de limiet bij het meest recente GPT-3 model is 4000 tokens. Verder haalt Lisowski aan dat de kwaliteit bij beide modellen sterk afhankelijk is van de invoer. De prompts moeten concreet genoeg zijn, om zo niet af te wijken van wat de gebruiker wilt.



Figuur (2.16)

Afbeelding van Binz en Schulz (2023). Dit toont de *mean regret* aan tussen de vier engines en de menselijke antwoorden.

Beschikbare GPT-3 engines

De documentatie van OpenAI¹² reikt vier verschillende engines voor het GPT-3 taalmodel aan, namelijk Davinci, Curie, Babbage en Ada.

- Davinci-003 is het nieuwste model en is in staat om alles te doen wat de andere modellen capabel in zijn. Het model maakt gebruik van text de invoertekst eventueel kan aanvullen, mocht de invoertekst afgebroken zijn. Deze aanvulling kan in vraag worden gesteld. Aanvullend geeft (2) aan dat deze engine de meest menselijke antwoorden geeft op basis van foutenmarge. De andere engines kwamen niet in de buurt. Binz en Schulz (2023) vult aan dat deze engine de meest *menselijke* antwoorden teruggeeft.
- Curie is in staat om zinnen met nuance te verwerken.

Tools met GPT-3

Mottesi (2023) haalt enkele lees- en schrijftools aan die gebruik maken van de GPT-3 API.

Vergelijking met andere taalmodellen

Volgens Mottesi (2023) is meest opvallende verschil tussen GPT-3 en BERT de architectuur. GPT-3 is een autoregressief model, terwijl BERT bidirectioneel is. GPT-3 houdt alleen rekening met de linkercontext bij het maken van voorspellingen, terwijl BERT zowel de linker- als de rechtercontext in overweging neemt. Dit maakt BERT beter geschikt voor taken zoals sentimentanalyse of NLU, waarbij het begrijpen van de volledige context van een zin of zinsnede essentieel is. GPT-3 heeft toegang tot meer informatie (45TB) dan BERT (3TB), wat het een voordeel kan geven bij het samenvatten of het vertalen. Ten slotte zijn er ook verschillen in grootte. Hoewel beide modellen erg groot zijn (GPT-3 heeft 1,5 miljard parameters en BERT heeft 340 miljoen parameters), is GPT-3 aanzienlijk groter dan zijn voorganger vanwege de veel uitgebreidere trainingsdatasetgrootte (470 keer groter dan die gebruikt om BERT te trainen).

¹²<https://platform.openai.com/docs/>

GPT-3 voor samenvattingen

Onderzoek naar OpenAI's ChatGPT en GPT-3 modellen bevindt zich in een vrij vroeg stadium, al zijn er wel enkele vergelijkende onderzoeken die de kracht en zwaktes van deze technologieën aantonen.

Het experiment van Tanya Goyal (2022) achterhaalt het gebruik van *zero-shot* samenvattingen buiten generieke samenvattingen. Het onderzoek staat stil bij de impact van prompt-gebaseerde modellen voor het automatisch samenvatten van nieuwsartikelen. Daarnaast maakte het onderzoek gebruik van text-davinci-002 als case study. Uit het experiment besluiten de onderzoekers dat *zero-shot* samenvattingen met GPT-3 beter presteren dan *fine-tuned* modellen, en dat bestaande automatische metrieken zoals BLEU, ROUGE en BERTScore niet geschikt zijn om *zero-shot* samenvattingen te beoordelen. Verder blijkt dat *zero-shot* samenvattingen meer coherentie en relevantie hebben voor trefwoord-gebaseerde samenvattingen, terwijl aspect-gebaseerde samenvattingen nog vaak blijven te falen.

2.7.4. Bing AI**2.7.5. Google Bard en PaLM****2.7.6. Meta LLaMa**

LLaMa toont potentieel, want bij het experiment van (2) is LLaMa sterker dan GPT-3 en soortgenoten, terwijl het van tien keer minder parameters gebruik maakt.

2.8. Conclusie

3

Methodologie

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.

Etiam suscipit aliquam arcu. Aliquam sit amet est ac purus bibendum congue. Sed in eros. Morbi non orci. Pellentesque mattis lacinia elit. Fusce molestie velit in ligula. Nullam et orci vitae nibh vulputate auctor. Aliquam eget purus. Nulla auctor wisi sed ipsum. Morbi porttitor tellus ac enim. Fusce ornare. Proin ipsum enim, tincidunt in, ornare venenatis, molestie a, augue. Donec vel pede in lacus sagittis porta. Sed hendrerit ipsum quis nisl. Suspendisse quis massa ac nibh pretium cursus. Sed sodales. Nam eu neque quis pede dignissim ornare. Maecenas eu purus ac urna tincidunt congue.

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.

Maecenas non massa. Vestibulum pharetra nulla at lorem. Duis quis quam id lacus dapibus interdum. Nulla lorem. Donec ut ante quis dolor bibendum condimentum. Etiam egestas tortor vitae lacus. Praesent cursus. Mauris bibendum pede at elit. Morbi et felis a lectus interdum facilisis. Sed suscipit gravida turpis. Nulla at

lectus. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Praesent nonummy luctus nibh. Proin turpis nunc, congue eu, egestas ut, fringilla at, tellus. In hac habitasse platea dictumst.

Vivamus eu tellus sed tellus consequat suscipit. Nam orci orci, malesuada id, gravida nec, ultricies vitae, erat. Donec risus turpis, luctus sit amet, interdum quis, porta sed, ipsum. Suspendisse condimentum, tortor at egestas posuere, neque metus tempor orci, et tincidunt urna nunc a purus. Sed facilisis blandit tellus. Nunc risus sem, suscipit nec, eleifend quis, cursus quis, libero. Curabitur et dolor. Sed vitae sem. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Maecenas ante. Duis ullamcorper enim. Donec tristique enim eu leo. Nullam molestie elit eu dolor. Nullam bibendum, turpis vitae tristique gravida, quam sapien tempor lectus, quis pretium tellus purus ac quam. Nulla facilisi.

4

Conclusie

Curabitur nunc magna, posuere eget, venenatis eu, vehicula ac, velit. Aenean ornare, massa a accumsan pulvinar, quam lorem laoreet purus, eu sodales magna risus molestie lorem. Nunc erat velit, hendrerit quis, malesuada ut, aliquam vitae, wisi. Sed posuere. Suspendisse ipsum arcu, scelerisque nec, aliquam eu, molestie tincidunt, justo. Phasellus iaculis. Sed posuere lorem non ipsum. Pellentesque dapibus. Suspendisse quam libero, laoreet a, tincidunt eget, consequat at, est. Nullam ut lectus non enim consequat facilisis. Mauris leo. Quisque pede ligula, auctor vel, pellentesque vel, posuere id, turpis. Cras ipsum sem, cursus et, facilisis ut, tempus euismod, quam. Suspendisse tristique dolor eu orci. Mauris mattis. Aenean semper. Vivamus tortor magna, facilisis id, varius mattis, hendrerit in, justo. Integer purus.

Vivamus adipiscing. Curabitur imperdiet tempus turpis. Vivamus sapien dolor, congue venenatis, euismod eget, porta rhoncus, magna. Proin condimentum pretium enim. Fusce fringilla, libero et venenatis facilisis, eros enim cursus arcu, vitae facilisis odio augue vitae orci. Aliquam varius nibh ut odio. Sed condimentum condimentum nunc. Pellentesque eget massa. Pellentesque quis mauris. Donec ut ligula ac pede pulvinar lobortis. Pellentesque euismod. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent elit. Ut laoreet ornare est. Phasellus gravida vulputate nulla. Donec sit amet arcu ut sem tempor malesuada. Praesent hendrerit augue in urna. Proin enim ante, ornare vel, consequat ut, blandit in, justo. Donec felis elit, dignissim sed, sagittis ut, ullamcorper a, nulla. Aenean pharetra vulputate odio.

Quisque enim. Proin velit neque, tristique eu, eleifend eget, vestibulum nec, lacus. Vivamus odio. Duis odio urna, vehicula in, elementum aliquam, aliquet laoreet, tellus. Sed velit. Sed vel mi ac elit aliquet interdum. Etiam sapien neque, convallis et, aliquet vel, auctor non, arcu. Aliquam suscipit aliquam lectus. Proin tincidunt magna sed wisi. Integer blandit lacus ut lorem. Sed luctus justo sed enim.

Morbi malesuada hendrerit dui. Nunc mauris leo, dapibus sit amet, vestibulum et, commodo id, est. Pellentesque purus. Pellentesque tristique, nunc ac pulvinar adipiscing, justo eros consequat lectus, sit amet posuere lectus neque vel augue. Cras consectetur libero ac eros. Ut eget massa. Fusce sit amet enim eleifend sem dictum auctor. In eget risus luctus wisi convallis pulvinar. Vivamus sapien risus, tempor in, viverra in, aliquet pellentesque, eros. Aliquam euismod libero a sem. Nunc velit augue, scelerisque dignissim, lobortis et, aliquam in, risus. In eu eros. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Curabitur vulputate elit viverra augue. Mauris fringilla, tortor sit amet malesuada mollis, sapien mi dapibus odio, ac imperdiet ligula enim eget nisl. Quisque vitae pede a pede aliquet suscipit. Phasellus tellus pede, viverra vestibulum, gravida id, laoreet in, justo. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Integer commodo luctus lectus. Mauris justo. Duis varius eros. Sed quam. Cras lacus eros, rutrum eget, varius quis, convallis iaculis, velit. Mauris imperdiet, metus at tristique venenatis, purus neque pellentesque mauris, a ultrices elit lacus nec tortor. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent malesuada. Nam lacus lectus, auctor sit amet, malesuada vel, elementum eget, metus. Duis neque pede, facilisis eget, egestas elementum, nonummy id, neque.



Onderzoeksvoorstel

Samenvatting

Ingewikkelde woordenschat en zinsbouw hinderen scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs bij het lezen van wetenschappelijke artikelen. Adaptieve tekstvereenvoudiging helpt deze scholieren bij hun lees- en verwerkingsnelheid. 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 adaptieve en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag 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 vergelijkende studie beantwoordt deze onderzoeksvraag en is uitgevoerd met bestaande toepassingen en een prototype voor adaptieve en geautomatiseerde tekstvereenvoudiging. Uit de vergelijkende studie blijkt 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.

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-agenda¹ 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 onderzoeksvraag 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?"

¹<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 Resoomer², Paraphraser³ en Prepostseo⁴. 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

²<https://resoomer.com/nl/>

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

⁴<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 tijdrovend is, dus tekstvereenvoudiging door AI kan een revolutionaire oplossing bieden. De Universiteit van Copenhagen is met bovenstaande idee aan de slag gegaan. Onderzoekers Bingel e.a. (2018) hebben gratis software ontwikkeld, genaamd Hero⁵, om tekstvereenvoudiging 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 Readable⁶. 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. Allereerst 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 opkomst 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 oplevert. Volgens Plavén-Sigray e.a. (2017) houden onderzoekers zich vaak in hun eigen taalbubbel, 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

⁵<https://beta.heroapp.ai/>

⁶<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 evalueert (Martens e.a., 2021b).

Verhoeven (2023) haalt aan dat AI-toepassingen zoals ChatGPT, Google Bard en Bing AI kunnen helpen om routinematig 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. Wetenschappelijke berekeningen of statistische analyses kunnen worden uitgevoerd met één lijn code. Malik (2022) haalt de twee meest voorkomende aan, namelijk NLTK⁷ en Spacy⁸. *Deep Martin*⁹ bouwt verder op het onderzoek van Shardlow (2014) naar een pipeline voor lexicale vereenvoudiging. *Deep Martin* maakt gebruik van *custom transformers* om invoertekst te converteren naar een vereenvoudigde versie van de tekstinhoud.

Voor Germaanse talen zijn er enkele datasets en word embeddings beschikbaar die de complexiteit van woorden bijhouden. Zo zijn er in de Duitse taal Klexikon¹⁰ en TextComplexityDE¹¹. 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-

⁷<https://www.nltk.org/>

⁸<https://spacy.io/>

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

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

¹¹<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*¹².

A.3. Methodologie

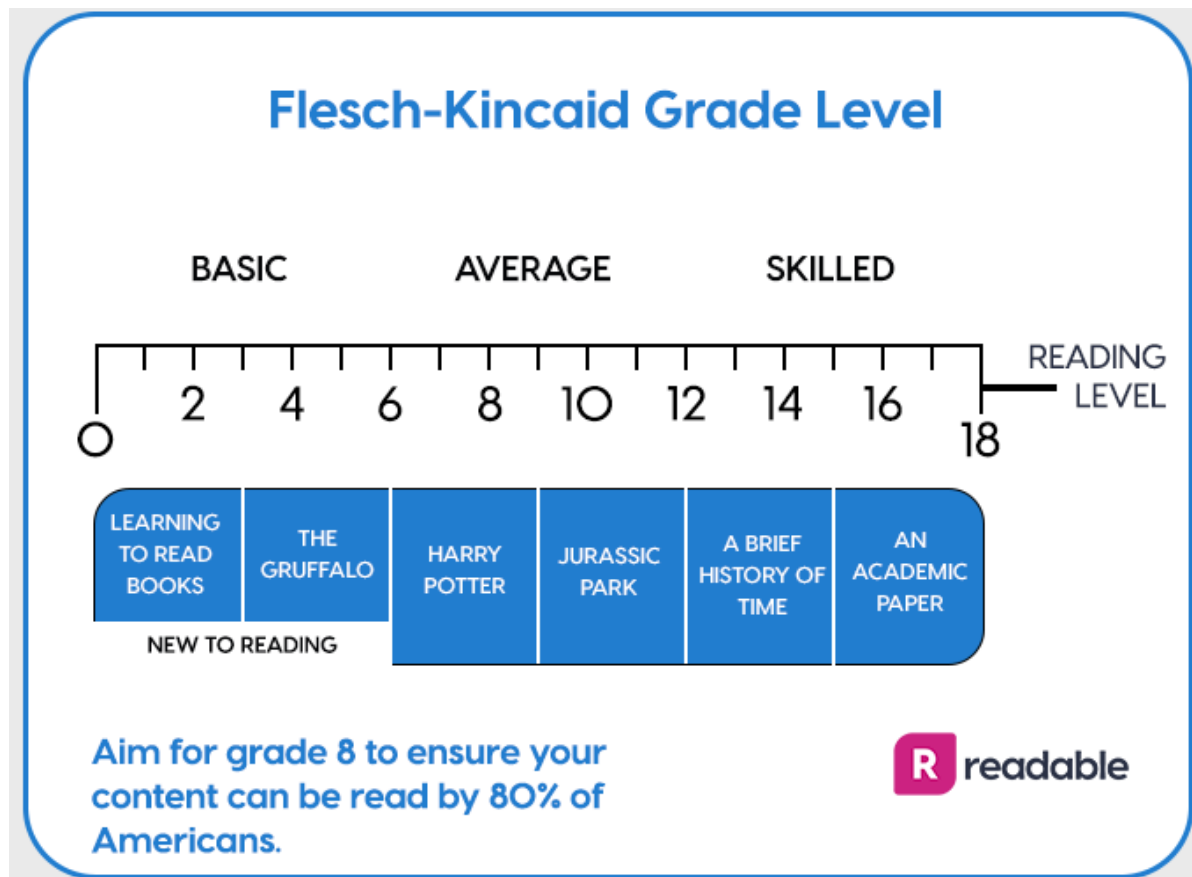
Een *mixed-methods* onderzoek toont aan hoe toepassingen automatisch een wetenschappelijke artikel kunnen vereenvoudigen, gericht op scholieren met dyslexie in de derde graad middelbaar onderwijs. Het onderzoek houdt vijf grote fases in. De eerste fase is het proces van geautomatiseerde tekstvereenvoudiging 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 thesissen 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

¹²<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.

Bibliografie

- Abdel-Salam, S. & Rafea, A. (2022). Performance Study on Extractive Text Summarization Using BERT Models. *Information*, (2).
- Association, A. P. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (Deel 5). American psychiatric association Washington, DC.
- Avontuur, J. (2015). *Dyslexie bij volwassenen: Impact op studie en Beroep*. Uitgeverij boom/nelissen.
- 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.
- 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.
- Bosmans, A., Croon, S. & Verreycken, V. (2022a). Woordgebruik - Moeilijke constructies. <https://www.vlaanderen.be/taaladvies/taaladviezen/teksten-schrijven/formulering/zinsbouw-moeilijke-constructies>
- Bosmans, A., Croon, S. & Verreycken, V. (2022b). Woordgebruik - Moeilijke Woorden. <https://www.vlaanderen.be/taaladvies/taaladviezen/teksten-schrijven/formulering/woordgebruik-moeilijke-woorden>
- Bosmans, A., Croon, S. & Verreycken, V. (2022c). Woordgebruik - Synoniemen. <https://www.vlaanderen.be/taaladvies/taaladviezen/teksten-schrijven/formulering/woordgebruik-synoniemen>
- Bulté, B., Sevens, L. & Vandeghinste, V. (2018). Automating lexical simplification in Dutch. *Computational Linguistics in the Netherlands Journal*, 8, 24–48. <https://clinjournal.org/clinj/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.
- Carbonell, J. & Goldstein, J. (1998). The use of MMR, diversity-based reranking for reordering documents and producing summaries. *Proceedings of the 21st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, 335–336.
- Chauhan, K. (2018). Unsupervised text summarization using sentence embeddings. <https://medium.com/jatana/unsupervised-text-summarization-using-sentence-embeddings-adb15ce83db1>
- 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.
- Daoud, N. A. (2023). Vandaag Internationale Dag van de Moedertaal: Pleidooi voor Het Nederlands. <https://doorbraak.be/vandaag-internationale-dag-van-de-moedertaal-pleidooi-voor-het-nederlands/>
- Dapaah, J. & Maenhout, K. (2022, juli 8). *Iedereen heeft boter op zijn hoofd* (D. Standaard, Red.). https://www.standaard.be/cnt/dmf20220607_97763592
- De Belder, M.-F., Jan; Moens. Text simplification for children. eng. In: ACM; New York, 2010.
- 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/voorleessoftware-voor-leerlingen-met-leesbeperkingen/aan-de-slag-met-voorleessoftware-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
- Desoete, A., Vanderswalmen, R., Bondt, A. D., Van, C. V., Vooren, V. V., Beken, I. V., Dycke, S. V. & Baert, J. (2015). *Dyscalculie*. Academia Press.
- Desoete, A. (2017). Dyslexie of dyscalculie, niet de schuld van het onderwijs! En een correcte diagnose schaadt niet. *SPRANKEL*, 28(2), 17–31.
- Diels, L. (2022). Over dyslexie, vooroordelen en vriendschap. <https://www.maastrichtuniversity.nl/nl/nieuws/over-dyslexie-vooroordelen-en-vriendschap>

- Dirks, E., Spyer, G., Van Lieshout, E. & de Sonnevile, L. (2008). Prevalence of Combined Reading and Arithmetic Disabilities. *Journal of learning disabilities*, 41, 460–73. <https://doi.org/10.1177/0022219408321128>
- 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.
- Dronberger, G. B. & Kowitz, G. T. (1975). Abstract readability as a factor in information systems. *Journal of the American Society for Information Science*, 26(2), 108–111.
- 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>
- F, M. & Ennals, R. (2010). True Enough: Learning to Live in a Post-Fact Society, John Wiley, New Jersey (2008). *International Journal of Information Management - INT J INFORM MANAGE*, 30, 180–180.
- Filipiak, P. (2020). Leesproblemen en Dyslexie: Leesproblemen -2-. https://wij-leren.nl/leesproblemen-dyslexie-woordbenoeming-woordherkenning-begripsprobleem-deel-twee.php#_edn11
- 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.
- Ganesan, K. (2018). ROUGE 2.0: Updated and Improved Measures for Evaluation of Summarization Tasks.
- 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>
- 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.slpac-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.
- 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>
- Hayes, D. P. (1992). The growing inaccessibility of science. <https://www.nature.com/articles/356739a0>
- 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>
- 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.
- 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.
- Kleijnen, R. e., Bosman, A., De Jong, P., Henneman, K., Pasman, J., Paternotte, A., Ruijsenaars, A., Struiksmā, A., Van den Bos, K., Van der Leij, A. e.a. (2008). Dyslexie: Diagnose en behandeling van dyslexie.
- Li, J., Sun, A., Han, J. & Li, C. (2018). A Survey on Deep Learning for Named Entity Recognition.
- Lin, C.-Y. (2004). ROUGE: A Package for Automatic Evaluation of Summaries. *Text Summarization Branches Out*, 74–81. <https://aclanthology.org/W04-1013>
- 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.

- Lisowski, E. (2023). GPT-3 vs. CHATGPT. the key differences. <https://addepto.com/blog/gpt-3-vs-chat-gpt-the-key-differences/>
- 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.
- 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>
- 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.
- 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>
- Minnen, J., Verbeylen, J. & Glorieux, I. (2018). De arbeidsduur en werkcontext van leraren. Onderzoek naar de tijdsbesteding van leraren uit het basis- en secundair onderwijs. <https://torvub.be/wp-content/uploads/2018/09/Samenvatting.pdf>
- Mottes, 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>
- 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>
- Pain, E. (2016). How to (seriously) read a scientific paper. <https://www.science.org/content/article/how-seriously-read-scientific-paper>
- Parveen, D. & Strube, M. (2015). Integrating importance, non-redundancy and coherence in graph-based extractive summarization. *Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Plavén-Sigra, 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.
- 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
- 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., Dempere-Marco, L. & Saggion, H. (2013). Frequent Words Improve Readability and Short Words Improve Understandability for People with Dyslexia.
- 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*.
- Rijkhoff, J. (2022). Tekst Inkorten?: 9 tips om Je Teksten korter Te Maken. <https://dialoogtrainers.nl/tekst-inkorten-tips/>
- 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/>
- Romanovska, L. & Bonte, M. (2021). How Learning to Read Changes the Listening Brain. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Ruben, A. (2016). How to read a scientific paper. <https://www.science.org/content/article/how-read-scientific-paper-rev2>

- 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>
- ShafieiBavani, E., Ebrahimi, M., Wong, R. & Chen, F. (2018). A Graph-theoretic Summary Evaluation for ROUGE, 762–767. <https://doi.org/10.18653/v1/D18-1085>
- 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>
- Sohom, G., Ghosh; Dwight. (2019). *Natural Language Processing Fundamentals*. Packt Publishing. <https://medium.com/analytics-vidhya/natural-language-processing-basic-concepts-a3c7f50bf5d3>
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D. & Kirschner, P. (2019). *Wijze lessen: twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek* (1ste ed.). Ten Brink Uitgevers.
- 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.
- 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/>
- Van Vreckem, C. & Desoete, A. (2015). Het ene kind met dyslexie is het andere niet: implicaties uit begrijpend leesonderzoek en spellingonderzoek voor diagnostiek en therapie. *LOGOPEDIE*, 58–66.

- 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
- Verma, P. & Verma, A. (2020). A review on text summarization techniques. *Journal of scientific research*, 64(1), 251–257.
- Wentink, W., Verhoeven, L. & Druenen, M. (2008). Protocol leesproblemen en dyslexie voor groep 1 en 2. *Clinical Rheumatology - CLIN RHEUMATOL*.
- 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, J., Zhao, Y., Saleh, M. & Liu, P. (2020). Pegasus: Pre-training with extracted gap-sentences for abstractive summarization. *International Conference on Machine Learning*, 11328–11339.