

De invloed van sprekersgeslacht op het Lombardeffect

*Een onderzoek naar de verschillen tussen mannen en vrouwen in de
verstaanbaarheid van hun spraak in ruis.*

Inge Pasma, s4611918

14 februari 2019

Taalwetenschap, BA

Dr. Esther Janse

Inhoudsopgave

Abstract	1
Inleiding	1
Lombardeffect	2
Verstaanbaarheid	3
Natuurlijke spraak	3
Duidelijke spraak	3
Lombardspraak	4
Invloed van spreker en luisteraar	4
Spreker	4
Spraak zonder ruis	5
Lombardspraak	5
Luisteraar	6
Huidige onderzoek	6
Methode	7
Design	7
Materiaal	7
Spraakbestanden	7
Bewerking spraakbestanden	8
Participanten	9
Procedure	9
Statistiek	9
Resultaten	9
Aanvullende metingen	11
Duur	12
F0	12
Intensiteit	13
Discussie	13
Lombardspraak is beter verstaanbaar in ruis dan natuurlijke spraak	13
Spraak van een vrouw is beter verstaanbaar dan spraak van een man	14
Het Lombardeffect is groter bij vrouwen dan bij mannen	15
Verbeteringen	15
Literatuurlijst	17
Bijlagen	20

Abstract

Wanneer sprekers zich bevinden in een lawaaiige omgeving, passen zij hun spraak aan het achtergrondlawaai aan. Dit wordt ook wel het Lombardeffect genoemd. Om beter verstaanbaar te zijn in ruis, doen sprekers verschillende aanpassingen aan hun spraak. Er zijn veel verschillende technieken om beter verstaanbaar te zijn in ruis en veel factoren, zoals de omgeving en de spreker, beïnvloeden verstaanbaarheid in ruis.

In dit onderzoek zijn vier vrouwelijke sprekers tussen 18 en 24 jaar vergeleken met vier mannelijke sprekers van dezelfde leeftijdsklasse. 32 vrouwen met een leeftijd van 18 tot 30 jaar beoordeelden 48 syntactisch vergelijkbare zinnen in ruis. Alle 48 zinnen werden zowel in natuurlijke als Lombardconditie aangeboden in ruis met een SNR van -6 dB. De verstaanbaarheid werd beoordeeld in termen van de inspanning die geleverd moest worden om het spraaksignaal te verstaan.

De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat Lombardspraak beter verstaanbaar is in ruis dan natuurlijk spraak en dat vrouwelijke sprekers beter verstaanbaar zijn in ruis dan mannelijke sprekers. Tot slot was voor vrouwelijke sprekers het verschil tussen Lombardspraak en natuurlijk spraak in ruis groter dan voor mannelijke sprekers, waaruit geconcludeerd kan worden dat vrouwen een groter verstaanbaarheidsvoordeel hebben van Lombardspraak. Het Lombardeffect is dus groter voor vrouwelijke sprekers dan voor mannelijke sprekers, wat erop wijst dat vrouwen hun spraak beter verrijken als de situatie daarom vraagt.

Inleiding

Het is zaterdagavond. Met drie vrienden stap je een, op de barman en wat stamgasten na, leeg café binnen. Er draait muziek zachtjes op de achtergrond en jullie beginnen de avond met een kopje koffie. Naarmate de avond vordert, druppelen er steeds meer mensen binnen en wordt de muziek geleidelijk aan harder gezet. Het kost steeds meer moeite om je vrienden te verstaan en om je verstaanbaar te maken. Echter wil je graag met je vrienden blijven communiceren en daarom pas je je stem aan het achtergrondlawaai aan. Dit wordt ook wel het Lombardeffect genoemd. Er werd voor het eerst geschreven over het Lombardeffect in 1911, door de ontdekker Étienne Lombard (Lane & Tranel, 1971). Het Lombardeffect wordt beschreven als een reflex waarbij sprekers de onwillekeurige neiging hebben om hun spraak aanpassen wanneer ze in harde ruis spreken en dat ze hun spraak weer bijstellen naar het 'normale' niveau wanneer het niveau van de ruis afneemt. Op deze manier zorgen sprekers ervoor dat hun stem goed hoorbaar blijft in ruis.

Om beter verstaanbaar te zijn in ruis, verrijkt de spreker zijn spraak door verschillende aanpassingen te doen, zoals luider spreken en duidelijker articuleren. Echter zijn er veel verschillen tussen sprekers en is niet elke spreker even goed verstaanbaar (Stanton, Allen & Jamieson, 1988), zowel wanneer er in ruis gesproken wordt als wanneer er gesproken wordt in een situatie zonder achtergrondlawaai (Bradlow, Torretta & Pisoni, 1996). Daarnaast heeft het Lombardeffect verschillende invloeden op spraak van mannen en spraak van vrouwen (Junqua, 1993). Mogelijk betekent dit dat sprekers van het ene geslacht hun spraak beter aanpassen aan ruis, waardoor ze beter verstaanbaar zijn in een lawaaiige omgeving dan sprekers van het andere geslacht. Een succesvollere verrijking van spraak kan wijzen op betere controle over de spraakorganen. Wanneer de mate van verrijking van spraak verschillend is voor mannen en vrouwen, zou de beheersing van het spraakapparaat gerelateerd kunnen worden aan biologische verschillen tussen mannen en vrouwen. Daarnaast is de uitkomst van dit onderzoek relevant wanneer men in aanraking komt met bepaalde groepen luisteraars, zoals niet-moedertaalsprekers en slechthorenden. Deze luisteraars zullen minder moeite hebben met het

verstaan van sprekers van het geslacht dat hun spraak beter verrijkt in situaties die daarom vragen. Hiermee zou rekening gehouden kunnen worden in het (tweede taal)onderwijs. Tot slot zijn de verschillen tussen de verstaanbaarheid van mannen en vrouwen in ruis relevant voor de ontwikkeling van automatische spraakherkenners.

Lombardeffect

Wanneer er veel geluid op de achtergrond is, wordt spraak gemaskeerd en daardoor wordt het voor sprekers moeilijker om zich verstaanbaar te maken (Södersten, Ternström & Bohman, 2005). Om toch verstaanbaar te zijn, passen sprekers hun spraak aan. Sprekers articuleren nauwkeuriger (Bond, Moore & Gable, 1989; Junqua, 1996) en zorgen ervoor dat het contrast tussen het ruissignaal en hun spraaksignaal zo groot mogelijk is (Garnier & Henrich 2013). De aanpassingen die gedaan moeten worden om verstaanbaar te zijn in ruis, zorgen voor een hogere vocale inspanning (Graetzer, Bottalico & Hunter, 2017; Junqua, 1993) dan wanneer in een stille omgeving gesproken wordt.

Er zijn verschillende ideeën over de redenen voor deze aanpassingen. Het is mogelijk dat sprekers graag verstaanbaar willen blijven in het omgevingslawaai (Garnier & Henrich, 2013), dat sprekers het niveau van verstaanbaarheid constant willen houden (Summers et al., 1988), dat sprekers hun auditieve feedback op een bepaald niveau willen houden (Siegel & Pick, 1974) of dat sprekers de communicatie graag succesvol willen laten verlopen (Bond et al., 1989; Junqua, 1996). Het lijkt aannemelijk dat de aanpassingen te relateren zijn aan het communicatieve argument, aangezien het Lombardeffect groter is wanneer de spreker denkt dat iemand luistert (Bond et al., 1989).

Er zijn verschillende strategieën die toegepast worden door sprekers om beter verstaanbaar te zijn in ruis. Deze strategieën omvatten onder andere luidheid, articulatie, pauzes en toonhoogte. Sprekers gaan vaak luider spreken (Bond et al., 1989; Garnier & Henrich, 2013; Junqua, 1996; Summers et al., 1988; Tartter, Gomes & Litwin, 1993), wat in het spraaksignaal terug te zien is als verschuivingen van de energie naar hogere frequenties (Bond et al., 1989; Castellanos, Benedí & Casacuberta, 1996; Junqua, 1996; Stanton et al., 1988) en daarmee spectrale afvlakking (Lu & Cooke, 2009). Daarnaast articuleren sprekers duidelijker (Summers et al., 1988) om verstaanbaar te blijven in ruis. Er wordt bijvoorbeeld langzamer gesproken (Bradlow, Kraus & Hayes, 2003; Graetzer et al., 2017; Summers et al., 1988; Tartter et al., 1993) en klanken worden verlengd (Graetzer et al., 2017; Junqua, 1993; Södersten et al., 2005). Dit geldt met name voor klinkers (Bond et al., 1989; Castellanos et al., 1996; Graetzer et al., 2017; Junqua, 1996), waardoor meer nadruk wordt gelegd op klinkers in plaats van medeklinkers (Bradlow et al., 2003; Garnier & Henrich, 2013; Junqua, 1993; Junqua, 1996). Een andere techniek die toegepast wordt door sprekers is het vergroten van de klinkerruimten (Bradlow et al., 2003), waardoor klinkers beter van elkaar te onderscheiden zijn. Naast de toename in luidheid en articulatorische precisie, pauzeren sprekers vaker en langer tussen woorden (Bradlow et al., 2003) wanneer ze spreken in ruis. Dit zorgt ervoor dat woordgrenzen duidelijker worden. Ook de gemiddelde spreektoonhoogte, F₀, neemt vaak toe (Bond et al., 1989; Bradlow et al., 2003; Castellanos et al., 1996; Garnier & Henrich, 2013; Graetzer et al., 2017; Junqua, 1996; Södersten et al., 2005; Summers et al., 1988) en het bereik van de F₀ wordt groter (Garnier & Henrich, 2013; Picheny, Durlach & Braida, 1986). Echter, het Lombardeffect is erg variabel en kan per persoon verschillen vanwege de verschillende strategieën die sprekers toepassen (Junqua, 1993). Volgens Junqua (1996) zijn de spreker en omgeving belangrijke factoren die invloed hebben op het Lombardeffect. Ondanks de variabiliteit is in ruis geproduceerde spraak (Lombardspraak) beter verstaanbaar dan in stilte geproduceerde spraak (natuurlijke spraak) wanneer ze worden aangeboden in ruis met dezelfde signaal-ruisverhouding (SNR) (Dreher & O'Neill, 1957; Summers et al., 1988).

In het eerste deel van dit artikel wordt informatie gegeven over kenmerken die ervoor zorgen dat de ene spreker beter verstaanbaar is dan de andere. Dit gaat over spraak die niet geproduceerd is in de aanwezigheid van achtergrondruis, namelijk natuurlijke en duidelijke spraak. Vervolgens wordt gesproken over verstaanbaarheid in ruis en uiteindelijk zal de invloed van sprekers- en luisteraarskenmerken, zoals leeftijd en geslacht, besproken worden. Tot slot volgen de methode, resultaten en discussie van het huidige onderzoek.

Verstaanbaarheid

Er zijn veel verschillen in verstaanbaarheid tussen sprekers (Stanton et al., 1988). Maar waar komen deze verschillen vandaan?

Natuurlijke spraak

Natuurlijke spraak is spraak die niet in ruis geproduceerd wordt en waarbij niet overdreven duidelijk gearticuleerd wordt; ‘normale’ spraak. Bradlow et al. (1996) hebben onderzocht welke akoestische karakteristieken de ene spreker beter verstaanbaar maakt dan de andere. Dit hebben zij gedaan door een database met verstaanbaarheidsscores voor 2000 zinnen, uitgesproken door 20 verschillende sprekers, te analyseren. Daaruit bleek dat de zinnen met een hoge verstaanbaarheidsscore de volgende kenmerken hadden: in vergelijking met zinnen met een lage verstaanbaarheidsscore werd er duidelijker gearticuleerd, was de klinkerruimte groter, werden klanken niet gereduceerd en was het F0-bereik groter. De gemiddelde spreektoonhoogte en spreesnelheid hadden in het onderzoek van Bradlow et al. (1996) geen significante invloed op de verstaanbaarheid van de zinnen.

Duidelijke spraak

Howell en Bonnett (1997) onderzochten de manieren waarop sprekers hun verstaanbaarheid verbeteren door duidelijker te spreken. Om duidelijke spraak uit te lokken krijgen participanten vaak de opdracht om zo duidelijk mogelijk te spreken, alsof tegen een niet-moedertaalspreker of een slechthorende gesproken wordt. In het onderzoek van Howell en Bonett werd de verstaanbaarheid beoordeeld door slechthorende participanten en door de sprekers zelf. De sprekers gaven in een zelfbeoordeling aan in hoeverre de communicatie met de slechthorende luisteraar succesvol was. Uit dit onderzoek bleek dat spraak duidelijker wordt door klinkers niet te reduceren, harder te spreken, langzamer te spreken (Picheny et al., 1985; Smiljanic & Gilbert, 2017), klanken te verlengen (Smiljanic & Gilbert, 2017) en pauzes in te lassen tussen de woorden (Bradlow et al., 1996; Smiljanic & Gilbert, 2017). Daarnaast vonden Howell en Bonnett dat prosodie een belangrijke rol speelt in het verschil tussen duidelijke en onduidelijke spraak. Zinsaccenten, pauzes en intonatie zijn volgens hen cruciaal. Zo vonden zij dat geaccentueerde woorden vaak een hogere toonhoogte hadden, langere lettergrepen bevatten en luider werden uitgesproken ten opzichte van woorden zonder accent. In woorden zonder accent werden klinkers meer gereduceerd en plofklanken aan het einde van een woord minder duidelijk uitgesproken dan in geaccentueerde woorden.

Er zijn veel overeenkomsten tussen duidelijke spraak en Lombardspraak. Zowel duidelijke spraak als Lombardspraak zijn goed verstaanbaar (Godoy, Koutsogiannaki & Stylianou, 2013). Daarnaast zijn ook beide types spraak beter verstaanbaar dan natuurlijke spraak (Smiljanic & Gilbert, 2017) als het in ruis aangeboden wordt. Zo worden klinkers in natuurlijke spraak vaker gereduceerd en ligt de spreesnelheid in duidelijke spraak lager door het verlengen van klanken en het toevoegen van pauzes (Picheny et al., 1986). Deze technieken zijn vergelijkbaar met de technieken die sprekers gebruiken om in ruis te spreken (Bond et al., 1989). Naast duur zijn ook de veranderingen in amplitude en toonhoogte vergelijkbaar (Summers et al., 1988).

Echter, Lombardspraak en duidelijke spraak zijn niet hetzelfde (Graetzer et al., 2017). Lombardspraak wordt geproduceerd in ruis en heeft volgens Godoy et al. (2013) een gespannen en luid karakter. Duidelijke spraak daarentegen wordt niet in ruis geproduceerd, maar in een situatie waarin de communicatie belemmerd wordt door bijvoorbeeld gehoorproblemen. Duidelijke spraak is overdreven gearticuleerde spraak waarin een duidelijker onderscheid tussen de verschillende klinkers wordt gemaakt (Godoy et al., 2013). Nog een verschil tussen Lombardspraak en duidelijke spraak is dat Lombardspraak beter te verstaan is in ruis dan duidelijke spraak (Smiljanic & Gilbert, 2017).

Lombardspraak

Er zijn verschillende aspecten die invloed hebben op de verstaanbaarheid van spraak in ruis, waaronder het type ruis. Er zijn verschillende soorten ruis die verschillende invloeden hebben op spraakproductie en spraakverstaan (Junqua, 1993; Junqua, 1996; Marguiles, 1979). Zo beïnvloedt het type ruis de lengte van geproduceerde klinkers (Junqua, 1996). Daarnaast is het spraaksignaal moeilijker te verstaan wanneer het geslacht van de sprekers die de achtergrondruis produceren, overeenkomt met het geslacht van de spreker die je probeert te verstaan (Garnier & Henrich, 2013). Dit komt doordat het contrast tussen het ruissignaal en het spraaksignaal minder groot is dan wanneer het geslacht niet overeenkomt.

Invloed van spreker en luisteraar

Er zijn verschillende aspecten die invloed hebben op verstaanbaarheid, zoals de leeftijd en het geslacht van de spreker en de luisteraar.

Spreker

Volgens Smiljanic en Gilbert (2017) heeft de leeftijd van de spreker invloed op de verstaanbaarheid. Zo zijn kinderen minder goed te verstaan dan volwassenen en zijn oudere volwassenen minder goed te verstaan dan jongvolwassenen.

Daarnaast is het geslacht van de spreker een belangrijke factor (Junqua, 1996; Marguiles, 1979). Over het algemeen zijn mensen goed in staat het geslacht van de spreker te identificeren (Coleman, 1971; Lass et al., 1976; Schwartz, 1968; Yoho, Borrie, Barrett & Whittaker, 2018), waaruit blijkt dat er duidelijke verschillen zijn tussen de karakteristieken van mannelijke en vrouwelijke spraak. Deze verschillen zijn zowel anatomisch als aangeleerd. Mannen hebben een groter strottenhoofd, langere stembanden (Mannen: 17-18 cm; Vrouwen: 14-14.5 cm (Yoho et al., 2018; Simpson, 2009)) en een grotere totale lengte van het spraakkanaal dan vrouwen (Klatt & Klatt, 1990). Het verschil in de lengte van het spraakkanaal zorgt ervoor dat de verschillende formantfrequenties van mannen en vrouwen klinkerspecifiek zijn (Fant, 1975; Klatt & Klatt, 1990; Peterson & Barney, 1952). De kortere stembanden van de vrouw leiden ertoe dat de F0 van vrouwen 1.7 keer hoger is en vrouwen dus een hogere stem hebben dan mannen (Cooper & Sorenson, 1981; Klatt & Klatt, 1990; Peterson & Barney, 1952). Over het algemeen zorgt een hogere F0 ervoor dat er minder harmonischen aanwezig zijn binnen een bepaald frequentiebereik. Daardoor zijn klinkers met een hogere F0 minder goed verstaanbaar (Klatt & Klatt, 1990; Ryalls & Lieberman, 1982). Automatische formantrackers hebben bijvoorbeeld meer moeite met het bepalen van formanten van vrouwenstemmen (Klatt & Klatt, 1990; Ryalls & Lieberman, 1982). Andere verschillen tussen mannelijke en vrouwelijke spraak zijn de klinkerruimte, afstand tussen harmonischen en de voice-onset-time (Simpson, 2009; Yoho et al., 2018). Daarnaast zijn er aangeleerde verschillen tussen spraak van mannen en vrouwen. Hieronder valt onder andere de dynamische intonatie van vrouwelijke spraak en het spreken met een “breathy” stem (Klatt & Klatt, 1990).

Spraak zonder ruis

Het geslacht van de spreker heeft invloed op de verstaanbaarheid van natuurlijke spraak (Bradlow et al., 1996). Er zijn namelijk een aantal karakteristieken die zorgen voor een verschil in verstaanbaarheid tussen mannen en vrouwen. Zo pauzeren vrouwelijke sprekers in natuurlijke spraak vaker waardoor woordgrenzen duidelijker zijn, articuleren ze nauwkeuriger en hebben ze een groter F0-bereik dan mannelijke sprekers (Bradlow et al., 1996). Daartegenover reduceren mannelijke sprekers meer klanken en articuleren ze minder duidelijk dan vrouwelijke sprekers (Byrd, 1994). Dit bevestigt de bevindingen van Koopmans-van Beinum (1980), die vond dat vrouwelijke sprekers neigen naar zorgvuldigere articulatie.

In duidelijke spraak is de klinkerverstaanbaarheid van vrouwelijke sprekers beter dan de klinkerverstaanbaarheid van mannelijke sprekers (Ferguson, 2004). Daarnaast hebben vrouwen een groter verstaanbaarheidsvoordeel van duidelijke spraak dan mannen, wat erop wijst dat vrouwelijke spreker hun spraak zorgvuldiger produceren dan mannelijke sprekers (Arrabito, 2009) en dat vrouwen mogelijk duidelijker articuleren wanneer de situatie daarom vraagt (Yoho et al., 2018).

Ondanks deze resultaten is er geen eenduidig antwoord op de vraag of mannelijke spraak beter verstaanbaar is dan vrouwelijke spraak zonder ruis op de achtergrond. Er zijn onderzoeken die aantonen dat vrouwelijke spraak beter verstaanbaar is dan mannelijke spraak (Bradlow et al., 1996; Markham & Hazan, 2004; Yoho et al., 2018), maar ook onderzoeken die aantonen dat mannelijke en vrouwelijke spraak even goed verstaanbaar zijn (Gengel & Kupperman, 1980) en zelfs onderzoeken die stellen dat mannelijke spraak beter verstaanbaar is dan vrouwelijke spraak (McCloy, Wright & Souza, 2015).

Lombardspraak

Verstaanbaarheid in ruis verschilt sterk tussen sprekers (Stanton et al., 1988) en het Lombardeffect schijnt verschillend te zijn voor mannen en vrouwen (Junqua, 1993). De volgende verschillen zijn gevonden in Lombardspraak van mannen en vrouwen: vrouwelijke sprekers spreken langzamer en houden vaker en langer pauzes tussen woorden (Bradlow et al., 2003). Volgens Södersten et al. (2005) ligt de intensiteitslimiet bij vrouwen ongeveer 4 dB lager dan bij mannen. Dat vrouwen minder toenemen in luidheid zorgt er wellicht voor dat zij andere technieken moeten toepassen om verstaanbaar te zijn in ruis.

Verschillende onderzoeken tonen aan dat vrouwelijke sprekers beter verstaanbaar zijn in ruis dan mannelijke sprekers (Bradlow et al., 2003; Junqua, 1993; Junqua, 1996; Marguiles, 1979). Vrouwen articuleren nauwkeuriger in natuurlijke conditie dan mannen (Bradlow et al., 1996; Koopmans-van Beinum, 1980) en Junqua (1993) vermoedt dat dit wordt versterkt in Lombardconditie. Daarnaast heeft het onderzoek van Bradlow et al. (2003) ook aangetoond dat het verschil tussen natuurlijke en Lombardspraak van vrouwelijke sprekers groter is dan van mannelijke sprekers. Vrouwelijke sprekers maakten grotere aanpassingen op de volgende aspecten: het verlengen van de duur verlengen/het verlagen van de spreek snelheid (Södersten et al., 2005), het verhogen van de spreektoonhoogte, het uitbreiden van klinkerruimten en het benadrukken van klinkers ten opzichte van medeklinkers. Echter zijn er ook onderzoekers die hebben aangetoond dat mannelijke sprekers beter verstaanbaar zijn in ruis dan vrouwelijke sprekers (Silverstein et al., 1953). Zo stelt Arrabito (2009) dat een mannelijke stem beter kan doordringen in achtergrondspraak dan een vrouwelijke stem.

Luisteraar

Tot slot hebben ook luisteraarskenmerken invloed op de beoordeling van verstaanbaarheid. Marguiles (1979) kwam tot het inzicht dat jongere beoordelaars hogere scores gaven dan oudere beoordelaars.

Naast leeftijd heeft het geslacht van de luisteraar mogelijk invloed op de beoordeling van verstaanbaarheid. Net als dat er anatomische verschillen zijn tussen het spraakkanaal van een man en vrouw, zijn er ook verschillen tussen de primaire auditieve cortex van mannen en vrouwen (Rademacher et al., 2001; Yoho et al., 2018). Mannen zijn bijvoorbeeld gevoeliger voor het detecteren van signalen in complexe maskering dan vrouwen (McFadden et al., 2018; Yoho et al., 2018).

Echter blijkt uit onderzoeken dat geslacht van luisteraar weinig tot geen effect heeft op het verstaanbaarheidsoordeel (Ellis et al., 1996; Markham & Hazan, 2004; Silverstein et al., 1953; Yoho et al., 2018). Bij subjectieve metingen lijkt er echter wel een effect te zijn (Ellis et al., 1996; Yoho et al., 2018). In het onderzoek van Yoho et al. (2018) beoordeelden mannelijke en vrouwelijke luisteraars de spraak van mannelijke en vrouwelijke sprekers op verstaanbaarheid. In het eerste experiment van dit onderzoek gaven vrouwen hogere scores dan mannen en gaven de mannelijke luisteraars de vrouwelijke sprekers lagere scores dan de vrouwelijke luisteraars. In het tweede experiment gaven mannen hogere scores dan vrouwen. Yoho et al. (2018) stellen dat een subjectieve beoordeling gevoeliger is voor een bias bij de luisteraars en dat deze bias mogelijk wordt versterkt wanneer de groep luisteraars homogeen is, zoals het geval was bij het eerste experiment.

In het onderzoek van Ellis et al. (1996) gaven luisteraars aan dat de toon of klank van de spreker hun percepties mogelijk heeft beïnvloed. Daarnaast vonden vrouwen dat een mannelijke stem monotoon en diep was – wat volgens hen zorgde voor een duidelijker onderscheid tussen woorden – en dat de wat meer commanderende stem ervoor zorgde dat je bleef luisteren. Mannen vonden van de vrouwelijke stem dat deze wat zachter was, een meer ontspannen toon had en dat de vrouwelijke stem minder diep was.

Tot slot hebben stereotypes mogelijk invloed op de perceptie van het spraaksignaal. In het onderzoek van Kramer uit 1977 werden verschillende stereotype kenmerken toegekend aan mannelijke of vrouwelijke spraak. Vrouwen maakten daarbij een duidelijker onderscheid tussen de twee geslachten, waaruit blijkt dat vrouwen gevoeliger zijn voor dit soort kenmerken dan mannen. Dit onderzoek toonde aan dat mannelijke spraak gekarakteriseerd wordt als luid en krachtig en dat mannen een lage en zware stem hebben. Daartegenover vond men vrouwelijke spraak duidelijk, maar snel. Daarnaast vond men dat de vrouwelijke stem een hoge toon en een groter bereik in snelheid en toonhoogte had.

Huidig onderzoek

De verstaanbaarheid van mannelijke en vrouwelijke sprekers is onderzocht aan de hand van de hoeveelheid luisterinspanning die geleverd moest worden om spraak te verstaan in ruis. 32 vrouwen met een leeftijd van 18 tot 30 jaar beoordeelden 48 semantisch vergelijkbare zinnen in ruis op schaal van 1 (geen inspanning) tot 7 (extreme inspanning). Elke participant hoorde 24 zinnen die uitgesproken werden door een vrouw, waarvan de helft op een natuurlijke manier ingesproken was en de helft in ruis. Elke participant hoorde ook 24 zinnen die uitgesproken werden door een man, waarvan wederom de helft in ruis en de helft op een natuurlijke manier was ingesproken. De spraakopnames, ingesproken door vier mannen en vier vrouwen, werden aangeboden in speech-shaped noise. Dit is dezelfde ruis die gebruikt is om bij de sprekers Lombardspraak uit te lokken. Daarnaast blijkt uit onderzoek van Wong, Ng en Sol (2012) dat speech-shaped noise vergelijkbaar is met de meeste realistische ruiscondities. De signaal-ruisverhouding is bepaald aan de hand van een pilot en vastgesteld op -6 dB.

Op basis van de besproken literatuur zijn de volgende hypothesen opgesteld:

- Lombardspraak in ruis zal beter verstaanbaar zijn dan normale spraak in ruis (Dreher & O'Neill, 1957; Summers et al., 1988).
- Spraak van vrouwelijke sprekers in ruis zal beter verstaanbaar zijn dan spraak van mannelijke sprekers in ruis (Bradlow et al., 1996; Junqua, 1993; Junqua, 1996; Marguiles, 1979; Markham & Hazan, 2004; Yoho et al., 2018).
- Het verschil in de verstaanbaarheid tussen natuurlijke spraak en Lombardspraak in ruis van vrouwen zal groter zijn dan het verschil in de verstaanbaarheid tussen natuurlijke spraak en Lombardspraak in ruis van mannen (Arrabito, 2009; Bradlow et al., 2003).

Method

Design

Voor dit onderzoek is een within-subject design gebruikt met twee onafhankelijke variabelen: het geslacht van de spreker (man of vrouw) en het type spraak (natuurlijk of Lombard). Dit 2 x 2 design resulteert in de volgende vier condities:

- | | | |
|---------|---|--------------------|
| - Man | - | natuurlijke spraak |
| - Man | - | Lombardspraak |
| - Vrouw | - | natuurlijke spraak |
| - Vrouw | - | Lombardspraak |

De afhankelijke variabele is verstaanbaarheid in ruis, gedefinieerd als de inspanning die de luisteraar moet leveren om de zin te kunnen verstaan.

Materiaal

Spraakbestanden

Voor dit onderzoek is een dataset gebruikt uit het Radboud Lombard Corpus_Dutch (RaLoCo_Dutch) van Chen Shen en Esther Janse. Dit corpus is opgezet voor het project "Individual differences in enriching ones speech" binnen het internationale ENRICH ETN project (2017-2020). Deze dataset bestond uit spraakopnames van 78 moedertaalsprekers van het Nederlands met een leeftijd van 18 tot 30 jaar zonder spraak- of gehoorproblemen. De sprekers zijn geworven via het Radboud Research Participation System. 60 sprekers ($M = 22.37$ jaar, $SD = 2.45$ jaar, bereik = 18-29 jaar) hebben volledige toestemming gegeven voor online beschikbaarheid van hun opnames. Hiervan waren 16 sprekers mannelijk ($M = 22.63$ jaar, $SD = 3.14$ jaar, bereik = 18-29 jaar) en 45 sprekers vrouwelijk ($M = 22.27$ jaar, $SD = 2.18$ jaar, bereik = 18-27 jaar). Van elke spreker waren 96 opnames beschikbaar: 48 syntactische vergelijkbare zinnen (bijlage 1) die zowel in natuurlijke als verrijkte conditie zijn opgenomen in een geluiddempende kamer van het Radboud University Centre for Language Studies lab. Om de verrijkte spraak uit te lokken, hoorden de sprekers luide speech-shaped noise door een koptelefoon terwijl ze de zinnen uitspraken. De opnames zijn geknipt in Praat, waardoor van elke zin een los WAV-bestand beschikbaar was.

Om het verschil in verstaanbaarheid tussen mannen en vrouwen te kunnen testen, werden vier mannelijke en vier vrouwelijke sprekers met een zo neutraal mogelijk accent geselecteerd. Hiervoor werden sprekers met een duidelijk regionaal accent verwijderd, waarbij voornamelijk gelet werd op de uitspraak van de /g/, /r/ en klinkers. Hierdoor bleven acht mannelijke en twintig vrouwelijke sprekers over. Vervolgens zijn de spraakopnames gecontroleerd op hun kwaliteit,

waarna ook de sprekers waarbij achtergrondgeluiden te horen waren of versprekingen voorkwamen, zijn verwijderd. Aangezien er slechts zes mannelijke sprekers overbleven, werden eerst vier mannelijke sprekers random geselecteerd. De gemiddelde leeftijd van de geselecteerde mannen was 21.5 jaar ($SD = 2.08$ jaar, bereik = 19-24 jaar). Vervolgens zijn van de overgebleven vrouwelijke sprekers ook vier sprekers geselecteerd. Hierbij is alleen rekening gehouden met de gemiddelde leeftijd, die voor de vrouwelijke sprekers ook 21.5 jaar ($SD = 2.52$ jaar, bereik = 18-24 jaar) is.

Bewerking spraakbestanden

Alle acht sprekers hebben 48 syntactisch vergelijkbare zinnen (bijlage 1) ingesproken in natuurlijke en Lombardconditie, waardoor er 768 opnames beschikbaar waren. Eén van de stimulusitems is bijvoorbeeld 'De ober heeft het bord per ongeluk laten vallen.'

In het experiment kwamen alle 48 zinnen in elke conditie voor. Elke zin kwam dus vier keer voor, uitgesproken door beide geslachten in beide spraakcondities. Aangezien de zinnen van vier mannelijke sprekers en vier vrouwelijke sprekers afkomstig zijn, werden van elke spreker 12 zinnen per conditie geselecteerd. In bijlage 2 is de verdeling van de zinnen over de acht sprekers te vinden. Dit zorgde ervoor dat er 192 opnames overbleven.

Voor de beoordeling van verstaanbaarheid in ruis zijn de opnames in Praat bewerkt en gemixt met dezelfde speech-shaped noise die gebruikt is om Lombardspraak uit te lokken bij de sprekers. Voor de spraakopnames werd een stilte van 500 ms geplakt, zodat het geluidsbestand niet direct met het spraaksignaal zou aanvangen. Vervolgens werd bij elk spraakbestand een ruisbestand op maat geknipt. Elk ruisbestand was 1000 ms langer dan het spraaksignaal, waardoor de ruis 500 ms voor het spraaksignaal begon en 500 ms na het spraaksignaal stopte. Tot slot zijn een fade-in en fade-out van elk 500 ms lang ingevoegd in het ruissignaal voor het luistercomfort. De ruis was dus op het juiste niveau wanneer het spraaksignaal startte.

Om de SNR (speech-noise ratio) te bepalen is een pilotexperiment uitgevoerd, waarbij tien verschillende SNRs werden beoordeeld op verstaanbaarheid door 15 deelnemers (negen mannen, zes vrouwen). Eén van de deelnemers was jonger dan 18 jaar, negen deelnemers waren tussen 18 en 30 jaar oud en vijf deelnemers waren ouder dan 30 jaar. De volgende SNRs werden within-subject getest: 0, -2, -4, -5, -6, -8, -10, -12, -14 en -15 decibel (dB). Er werden twee lijsten gecreëerd waarbij elke SNR in alle vier condities voorkwam (twee condities per SNR per lijst, elke SNR twee keer per lijst). Dit pilotexperiment werd uitgevoerd om te bepalen bij welke SNR men spraak moeilijk verstaanbaar vond en bij welke SNR de scores tussen natuurlijke en Lombardspraak duidelijk uiteen lagen. Aan beide criteria werd voldaan bij een SNR van -6 dB.

De spraakbestanden werden in Praat afgesteld op 70 dB en de ruisbestanden op 76 dB. Vervolgens zijn de 192 spraakbestanden gecombineerd met de bijpassende ruisbestanden tot een stereobestand, waarna ze geconverteerd werden naar een monobestand en opgeslagen werden als 192 aparte geluidsbestanden. Deze geluidsbestanden werden verdeeld over vier verschillende lijsten, wat leidde tot 48 testitems per lijst. Elke lijst bevatte alle 48 syntactisch vergelijkbare zinnen. Dezelfde zin kwam in elke lijst in een andere conditie voor, waardoor elke zin in elke conditie even vaak aangeboden werd. Elke lijst bevatte 12 zinnen van elke conditie. In bijlage 2 is, naast de verdeling van de zinnen over de acht sprekers, ook de verdeling van de zinnen en condities over de vier lijsten te zien. De lijsten werden random verdeeld over de participanten, elke lijst werd even vaak aangeboden (elke lijst aan acht verschillende participanten) en de zinnen werden binnen de lijsten aangeboden in random volgorde.

Participanten

32 participanten hebben deelgenomen aan het experiment. Alle proefpersonen waren vrouwen tussen 18 en 30 jaar oud met (een dialect van) het Nederlands als moedertaal en alle proefpersonen gaven aan geen gehoorproblemen te hebben. Ook had geen van de proefpersonen deelgenomen aan het experiment van Chen Shen, waarmee de stimuli is verzameld. De participanten namen vrijwillig deel aan het experiment.

Procedure

Door middel van een anonieme link, gedeeld via persoonlijke berichten op WhatsApp, kregen participanten toegang tot het online experiment, gemaakt in Qualtrics. Aan de hand van een korte vragenlijst vooraf werd vastgesteld dat de participanten niet hadden deelgenomen aan het experiment waarmee de stimuli verzameld zijn. Daarnaast werd gevraagd naar geslacht, leeftijdscategorie, moedertaal en eventuele gehoorproblemen.

De participanten kregen 48 syntactisch vergelijkbare zinnen te horen in ruis (bijlage 1). Na het horen van de zin werd de participant gevraagd om op een schaal van 1 (geen inspanning) tot 7 (extreme inspanning) aan te geven hoeveel luisterinspanning er geleverd moest worden om de uitgesproken zin te verstaan. De geluidsbestanden konden slechts één keer afgespeeld worden en waren niet te downloaden. De 7-puntsschaal is gebaseerd op de schaal die gebruikt wordt in het ENRICH-project (Krueger et al., 2017), waarbij naast de 7 opties, ook de optie “alleen ruis” werd aangeboden. Echter, deze is weggelaten in dit onderzoek aangezien de SNR vaststond en in elk geluidsfragment spraak te horen was. Het experiment duurde gemiddeld 20 minuten.

Statistiek

Na analyse zijn geen items of proefpersonen verwijderd. De gemiddelde toebedeelde score was 4.63 met een standaarddeviatie van 1.69. Geen van scores van de testitems of proefpersonen week meer dan één standaarddeviatie af van het gemiddelde. Daarnaast werden de voorbeelditems, waarvan de ene duidelijk meer luisterinspanning vergde dan de andere, door alle proefpersonen naar verwachting beoordeeld en waren er geen participanten die alle testitems dezelfde score gaven. Om de verstaanbaarheid in ruis te meten, is de gehanteerde uitkomstmaat de gemiddelde score per factor en conditie.

Om de data te analyseren is een Repeated Measures ANOVA gebruikt. Hiervoor is gekozen vanwege het within-subject design. Daarnaast werd een verschil verwacht tussen de verschillende condities en er werd een interactie-effect verwacht van de factoren. Er is zowel een ANOVA uitgevoerd over de ruwe scores van de participanten als over genormaliseerde scores. Daarnaast zijn verschillende aspecten van het spraaksignaal onderzocht door middel van ANOVA, namelijk de gemiddelde duur, gemiddelde F0, gemiddelde intensiteit en het gemiddelde intensiteitsbereik. Voor deze metingen zijn alle onbewerkte spraakbestanden van de acht geselecteerde sprekers gebruikt.

Resultaten

In tabel 1 zijn de gemiddelde luisterinspanningsscores en standaarddeviaties per sprekersgeslacht en spraaktype te zien.

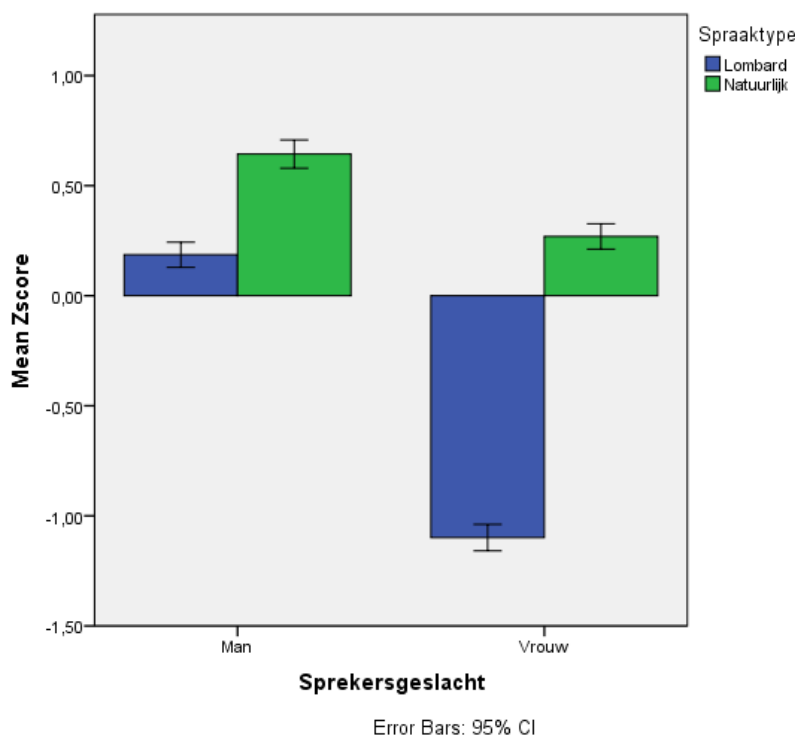
Het lijkt erop dat luisteraars lagere inspanningsscores gaven aan Lombardspraak dan aan natuurlijke spraak. Daarnaast lijkt de vrouwelijke spreker lagere inspanningsscores te hebben gekregen dan de mannelijke spreker, voor zowel natuurlijke spraak als Lombardspraak.

Tabel 1 Gemiddelde luisterinspanningsscore en standaarddeviatie per conditie (1=geen inspanning, 7=extreme inspanning)

Variabelen	Factoren	Gemiddelde score	Factoren	Gemiddelde score
Sprekersgeslacht	Vrouw	4.01 (<i>SD</i> = 1.75)	Lombard	3.00 (<i>SD</i> = 1.41)
			Natuurlijk	5.01 (<i>SD</i> = 1.45)
	Man	5.24 (<i>SD</i> = 1.38)	Lombard	4.90 (<i>SD</i> = 1.39)
			Natuurlijk	5.58 (<i>SD</i> = 1.29)
Spraaktype	Lombard	3.95 (<i>SD</i> = 1.69)	Vrouw	3.00 (<i>SD</i> = 1.41)
			Man	4.90 (<i>SD</i> = 1.39)
	Natuurlijk	5.30 (<i>SD</i> = 1.40)	Vrouw	5.01 (<i>SD</i> = 1.45)
			Man	5.58 (<i>SD</i> = 1.29)

Ook lijkt het verschil tussen de inspanningsscores van de spraaktypes groter bij de vrouwelijke sprekers dan bij de mannelijke sprekers en lijkt het verschil tussen de inspanningsscores van mannelijke en vrouwelijke sprekers groter te zijn voor Lombardspraak dan voor natuurlijke spraak. In de genormaliseerde data (figuur 1) lijkt ditzelfde interactie-effect van sprekersgeslacht met spraaktype aanwezig te zijn.

Figuur 1 Gemiddelde z-scores per conditie

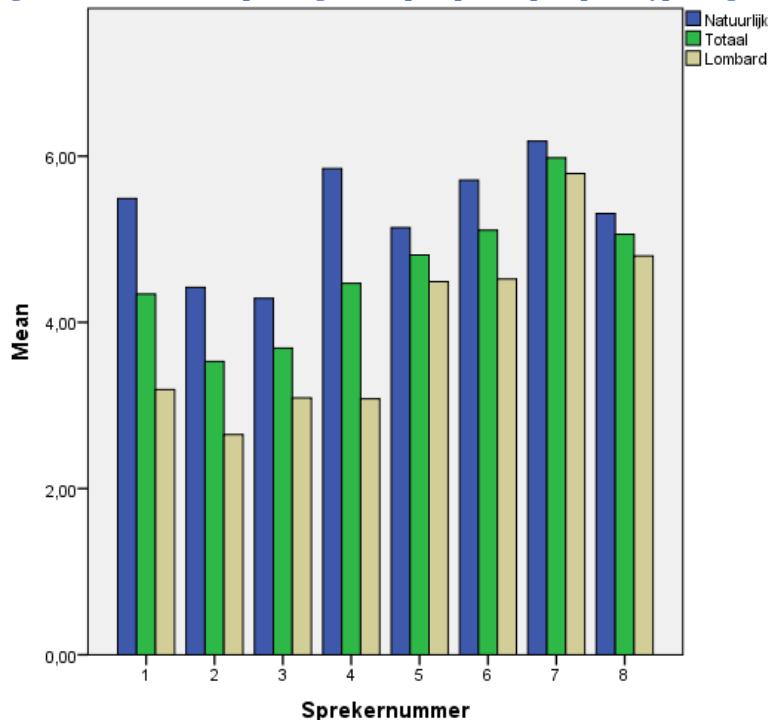


In figuur 2 is de gemiddelde inspanningsscore per spreker te zien (Totaal). Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen de spraaktypes. Sprekers 1, 2, 3 en 4 zijn vrouwelijk en sprekers

5, 6, 7 en 8 mannelijk. Het lijkt erop dat voor elke spreker Lombardspraak een lagere inspanningsscore heeft dan natuurlijke spraak. Daarnaast hebben alle vrouwelijke sprekers een lagere gemiddelde inspanningsscore dan alle mannelijke sprekers.

Het lijkt erop dat spreker 7 de meeste inspanning vraagt van de luisteraars en spreker 2 het minst. Daarnaast lijkt het grootste verschil tussen de inspanningsscores van de spraaktypes bij spreker 4 te liggen en het kleinste verschil bij spreker 7.

Figuur 2 Gemiddelde inspanningsscores per spreker per spraaktype (1=geen inspanning, 7=extreme inspanning)



Er is een Repeated Measures ANOVA uitgevoerd, waarmee de volgende effecten werden aangetoond. Er werd een significant hoofdeffect gevonden van het geslacht van de spreker op de inspanning die geleverd moest worden om de spreker te verstaan ($F(1, 124) = 65.03, p < .001$, partiële $\eta^2 = .34$). Daarnaast was er een significant hoofdeffect van het type spraak op de inspanning die geleverd moest worden om de spreker te verstaan ($F(1, 124) = 77.36, p < .001$, partiële $\eta^2 = .38$). Tot slot werd ook een significant interactie-effect gevonden van het type spraak met het geslacht van de spreker ($F(1, 124) = 18.82, p < .001$, partiële $\eta^2 = .13$)¹.

Een effectanalyse met Bonferroni-correctie liet zien dat de gemiddelde inspanning die geleverd moest worden om de spreker te verstaan wanneer de spreker vrouwelijk was zowel in Lombardconditie ($F(1, 124) = 76.90, p < .001$, partiële $\eta^2 = .38$) als in natuurlijke conditie ($F(1, 124) = 6.94, p = .009$, partiële $\eta^2 = .05$) significant lager was dan de inspanning die geleverd moest worden om de spreker te verstaan wanneer de spreker mannelijk was. Daarnaast liet deze analyse zien dat de gemiddelde inspanning die geleverd moest worden om de spreker te verstaan in Lombardconditie zowel bij mannelijke sprekers ($F(1, 124) = 9.93, p = .002$, partiële $\eta^2 = .07$) als bij vrouwelijke sprekers ($F(1, 124) = 86.25, p < .001$, partiële $\eta^2 = .41$) significant lager was dan de inspanning die geleverd moest worden om de spreker te verstaan in natuurlijke conditie.

Aanvullende metingen

In tabel 2 is de gemiddelde duur, F0, intensiteit en het intensiteitsbereik per conditie en per factor weergegeven.

¹ Dezelfde effecten werden gevonden bij het analyseren van de z-waardes

Tabel 2 Gemiddelde duur (ms), F0 (Hz), intensiteit en intensiteitsbereik (dB) van het spraaksignaal per factor en conditie met standaarddeviaties

	Duur		F0		Intensiteit		Intensiteitsbereik	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Vrouw	2882.67	404.21	227.14	30.34	69.73	1.55	46.50	6.85
Man	2427.32	304.42	144.07	26.88	69.75	1.84	43.14	3.23
Lombard	2874.69	430.44	204.12	52.99	70.79	1.04	47.68	4.98
Natuurlijk	2435.30	280.94	167.08	44.65	68.68	1.48	41.96	4.52
Vrouw-Lombard	3157.76	376.21	249.02	27.23	70.42	.79	50.24	5.78
Vrouw-Natuurlijk	2607.58	194.65	205.25	11.39	69.03	1.92	42.77	6.24
Man-Lombard	2591.63	277.96	159.24	20.88	71.15	1.24	45.13	2.64
Man-Natuurlijk	2263.02	259.10	128.91	25.22	68.36	1.04	41.15	2.62

Uit deze tabel is af te leiden dat de gemiddelde duur van het spraaksignaal langer is bij vrouwen en bij Lombardspraak. Wat opvalt in de F0-kolom is dat Lombardspraak over het algemeen een hogere F0 heeft dan natuurlijke spraak. Daarnaast lijkt de intensiteit bij Lombardspraak hoger dan bij natuurlijke spraak. Tot slot lijkt het erop dat vrouwelijke sprekers een groter intensiteitsbereik hebben, net als Lombardspraak. Het verschil tussen Lombardspraak en natuurlijke spraak is in de meeste gevallen groter voor de vrouwelijke sprekers. Echter, het verschil in intensiteit is groter bij de mannelijke sprekers. Het verschil tussen de mannelijke en vrouwelijke sprekers is in alle vier gevallen groter in Lombardspraak dan in natuurlijke spraak.

Duur

Er werd een significant hoofdeffect gevonden van sprekersgeslacht op de duur van het spraaksignaal ($F(1, 12) = 10.25, p = .008$, partiële $\eta^2 = .46$). Daarnaast was er een significant hoofdeffect van het spraaktype op de duur van het spraaksignaal ($F(1, 12) = 9.54, p = .009$, partiële $\eta^2 = .44$). Voor de duur van het spraaksignaal werd geen significant interactie-effect gevonden van sprekersgeslacht met spraaktype ($F(1, 12) = .61, p = .451$, partiële $\eta^2 = .05$).

Een effectanalyse met Bonferroni-correctie liet zien dat de gemiddelde duur van het spraaksignaal van vrouwelijke sprekers die in Lombardconditie spraken significant hoger was dan de gemiddelde duur van het spraaksignaal van mannelijke sprekers die in Lombardconditie spraken ($F(1, 12) = 7.92, p = .016$, partiële $\eta^2 = .40$). Dit significante verschil werd niet gevonden voor natuurlijke spraak ($p = .112$).

F0

Voor de gemiddelde F0 van het spraaksignaal werd een significant hoofdeffect gevonden van het geslacht van de spreker ($F(1, 12) = 56.80, p < .001$, partiële $\eta^2 = .83$). Ook werd er een significant hoofdeffect van het spraaktype op de gemiddelde F0 van het spraaksignaal gevonden ($F(1, 12) = 11.71, p = .006$, partiële $\eta^2 = .49$). Er werd geen significant interactie-effect van sprekersgeslacht met spraaktype op de gemiddelde F0 van het spraaksignaal gevonden ($F(1, 12) = .37, p = .554$, partiële $\eta^2 = .03$).

De gemiddelde F0 van het spraaksignaal van vrouwelijke sprekers was, volgens effectanalyse met Bonferroni-correctie, zowel in Lombardconditie ($F(1, 12) = 33.18, p < .001$, partiële $\eta^2 = .73$) als natuurlijke conditie significant hoger dan de F0 van mannelijke sprekers ($F(1, 12) = 23.99, p = .001$, partiële $\eta^2 = .67$).

Intensiteit

Voor zowel de gemiddelde intensiteit ($F(1, 12) = 10.19, p = .008$, partiële $\eta^2 = .46$) van het spraaksignaal als het intensiteitsbereik ($F(1, 12) = 6.07, p = .030$, partiële $\eta^2 = .33$) werd een significant hoofdeffect gevonden van spraaktype. Voor beide kenmerken werd geen significant hoofdeffect gevonden van sprekersgeslacht (intensiteit: $F(1, 12) = .00, p = .971$, partiële $\eta^2 = .00$; intensiteitsbereik: $F(1, 12) = 2.10, p = .173$, partiële $\eta^2 = .15$). Net als voor duur en F0 werd ook voor intensiteit(sbereik) geen significant interactie-effect van spraaktype en sprekersgeslacht gevonden (intensiteit: $F(1, 12) = 1.15, p = .305$, partiële $\eta^2 = .09$; intensiteitsbereik: $F(1, 12) = .56, p = .467$, partiële $\eta^2 = .05$).

Discussie

Voorafgaand aan dit onderzoek werd verwacht dat Lombardspraak en spraak van vrouwelijke sprekers beter verstaanbaar zou zijn dan respectievelijk natuurlijke spraak en spraak van mannelijke sprekers. Daarnaast werd verwacht dat vrouwelijke sprekers een groter verstaanbaarheidsvoordeel zouden hebben van Lombardspraak dan mannen. Deze hypothesen worden bevestigd door de resultaten van dit onderzoek.

De hoofdeffecten van spraaktype en sprekersgeslacht tonen aan dat het minder moeite kostte om Lombardspraak te verstaan in ruis dan natuurlijke spraak en dat het minder inspanning kostte om de spraak van vrouwelijke sprekers in ruis te verstaan dan om de spraak van mannelijke sprekers te verstaan. Het verschil tussen mannelijke en vrouwelijke sprekers was groter bij Lombardspraak dan bij natuurlijke spraak en het verschil tussen de spraaktypes was groter bij vrouwelijke sprekers dan bij mannelijke sprekers. Het interactie-effect toont aan dat de combinatie van spraaktype en sprekersgeslacht de hoofdeffecten versterkt.

Dat het verschil in de verstaanbaarheid tussen mannen en vrouwen groter is voor Lombardspraak dan voor natuurlijke spraak en dat het verschil in verstaanbaarheid tussen de twee spraaktypes groter is bij vrouwen dan bij mannen wijst erop dat het Lombardeffect groter is voor vrouwen dan voor mannen.

De aanvullende toetsen die zijn uitgevoerd voor gemiddelde duur, F0, intensiteit en intensiteitsbereik tonen aan dat vrouwelijke sprekers langzamer spreken dan mannelijke sprekers en dat in Lombardspraak langzamer gesproken wordt dan in natuurlijke spraak. Daarnaast zijn in Lombardspraak de gemiddelde F0 en de intensiteit hoger en is het intensiteitsbereik groter dan in natuurlijke spraak.

Lombardspraak is beter verstaanbaar in ruis dan natuurlijke spraak

De resultaten van dit onderzoek wijzen erop dat Lombardspraak beter verstaanbaar is dan natuurlijke spraak, wanneer ze aangeboden worden in ruis op dezelfde SNR. Dit bevestigt de resultaten van de onderzoeken van Dreher en O'Neill (1957), Smiljanic en Gilbert (2017) en Summers et al. (1988). De Lombardspraak in dit experiment werd uitgelokt door de sprekers zinnen voor te laten lezen terwijl speech-shaped noise aangeboden werd via een koptelefoon. Sprekers passen verschillende strategieën toe om goed verstaanbaar te blijven in ruis, zoals harder spreken, langzamer spreken, de toonhoogte veranderen en pauzes inlassen. Dit doen ze niet wanneer ze zinnen voorlezen zonder dat ze ruis aangeboden krijgen en dit zorgt voor een duidelijk verstaanbaarheidsvoordeel van Lombardspraak ten opzichte van natuurlijke spraak.

In dit onderzoek is niet gekeken naar pauzes, maar wel naar intensiteit, duur en gemiddelde F0. Er is aangetoond dat de sprekers uit dit onderzoek langzamer, harder en met een hogere gemiddelde F0 spraken wanneer ze ruis door de koptelefoon hoorden dan wanneer ze dit niet hoorden. Daarnaast was ook het bereik van het intensiteitsniveau groter in Lombardconditie dan in natuurlijke conditie.

Spraak van een vrouw is beter verstaanbaar in ruis dan spraak van een man

Er is veel onderzoek gedaan naar het verschil in verstaanbaarheid tussen mannen en vrouwen. Dit is onderzocht voor zowel normale spraak, duidelijke spraak en spraak in ruis. Er zijn veel onderzoekers die concluderen dat vrouwen beter verstaanbaar zijn in deze situaties (Bradlow et al., 1996; Bradlow et al., 2003; Junqua, 1993; Junqua, 1996, Marguiles, 1979; Markham & Hazan, 2004; Yoho et al., 2018), maar er zijn ook onderzoekers die concluderen dat mannen even goed of zelfs beter verstaanbaar zijn in ruis en duidelijke spraak (resp. Arrabito, 2009; Silverstein et al., 1952 en Gengel & Kupperman, 1980; McCloy et al., 2015). De resultaten van het huidige onderzoek komen overeen met de eerste groep: zowel de natuurlijke spraak als de Lombardspraak van vrouwelijke sprekers is beter verstaanbaar in ruis dan de natuurlijke en Lombardspraak van mannelijke sprekers.

Er zijn duidelijke verschillen tussen de karakteristieken van mannelijke en vrouwelijke spraak. Deze worden deels verklaard door de verschillen in de anatomie, zoals de lengte van de stembanden en het spraakkanaal. Er zijn ook verschillen die worden veroorzaakt door aangeleerd gedrag, zoals intonatie, die over het algemeen dynamischer is bij vrouwen. Sprekers waarvan de natuurlijke spraak beter verstaanbaar is, hebben vaak een groot F0-bereik en grote klinkerruimtes, spreken langzaam en luid, articuleren nauwkeurig, pauzeren tussen woorden, leggen klemtonen en verlengen klanken in plaats van ze te reduceren. De natuurlijke spraak van de vrouwelijke sprekers in dit onderzoek is beter verstaanbaar dan de natuurlijke spraak van mannelijke sprekers en dit zou verklaard kunnen worden aan de hand van het onderzoek van Koopmans-van Beinum (1980) waaruit blijkt dat vrouwen zorgvuldiger articuleren. Wanneer vrouwen duidelijk spreken passen zij de volgende kenmerken beter toe dan mannen volgens Bradlow et al. (1996) en Byrd (1994): vrouwen pauzeren vaker tussen woorden dan mannen, waardoor de woordgrenzen duidelijker worden, het F0-bereik van vrouwen is groter en vrouwen articuleren nauwkeuriger, waardoor de klinkerverstaanbaarheid beter is dan bij mannen (Ferguson, 2004). De spraaksignalen van de vrouwelijke sprekers in het huidige onderzoek hadden een langere gemiddelde duur dan de spraaksignalen van de mannelijke sprekers. Of dit komt doordat vrouwen langzamer spreken – en duidelijker articuleren – of doordat ze meer pauzes inlassen, is niet onderzocht.

Er zijn veel verschillen tussen sprekers in de verstaanbaarheid in ruis. Er wordt zelfs gesteld dat het Lombardeffect verschillend is voor mannen en vrouwen (Junqua, 1993). De huidige resultaten bevestigen deze uitspraak. De strategieën die ervoor zorgen dat spraak beter verstaanbaar is in ruis komen grotendeels overeen met de strategieën die een spreker over het algemeen beter verstaanbaar maken. Naast eerdergenoemde strategieën, is in Lombardspraak vaak sprake van een toename van de gemiddelde toonhoogte en zijn er veranderingen in formantfrequenties te detecteren. De toename van de gemiddelde F0 in Lombardspraak is ook in dit onderzoek bevestigd. Een mogelijke verklaring voor het feit dat Lombardspraak van vrouwen beter verstaanbaar is dan Lombardspraak van mannen, is dat de nauwkeurige articulatie die vrouwen in natuurlijke spraak al hebben, versterkt wordt in Lombardconditie (Junqua, 1993; Yoho et al., 2018). Er zullen aanvullende akoestische analyses nodig zijn om een beter beeld te krijgen van de aspecten die de sprekers in dit onderzoek hebben toegepast.

Het Lombardeffect is groter bij vrouwen dan bij mannen

Er zijn strategieën die door vrouwen beter toegepast worden dan door mannen, wat ervoor zorgt dat het verschil tussen natuurlijke spraak en Lombardspraak groter is bij vrouwen dan bij mannen. Eerdere onderzoeken toonden al aan dat vrouwen een groter verstaanbaarheidsvoordeel hebben van duidelijke spraak en Lombardspraak dan mannen (Arrabito, 2009; Bradlow et al, 2003).

Volgens Södersten et al. (2005) kunnen vrouwen 4 dB minder toenemen in luidheid dan mannen. Mannen kunnen zich dus door toename in luidheid beter verstaanbaar maken in ruis dan vrouwen, waardoor vrouwen andere strategieën wellicht beter moeten beheersen om verstaanbaar te zijn in ruis. In het uitgevoerde experiment werd gecontroleerd voor luidheid, waardoor het voordeel van luidheid voor mannen niet aanwezig was. Echter bleek uit analyse van de gemiddelde intensiteit en het intensiteitsbereik van de onbewerkte spraaksignalen dat er geen significant verschil was in intensiteit(sbereik) tussen de mannelijke en vrouwelijke sprekers uit deze studie. Uit onderzoek van Bradlow et al. (2003) bleek dat vrouwen grotere aanpassingen maakten dan mannen in duur en spreeknelheid, het aantal en de lengte van pauzes, toonhoogte, klinkerruimten en het verlengen van klinkers. Door het verlengen van klinkers en de algemene duur, en het verlagen van de spreeknelheid is er meer akoestische informatie beschikbaar (Lu & Cooke, 2009) in het spraaksignaal, wat ervoor zorgt dat het spraaksignaal beter verstaanbaar is. Daarnaast zorgen pauzes ervoor dat de woordgrenzen duidelijker zijn en het vergroten van klinkerruimten zorgt ervoor dat klinkers makkelijker te onderscheiden zijn. Dat het verschil tussen de duur van Lombardspraak en natuurlijke spraak bij vrouwelijke sprekers groter is dan bij mannelijke sprekers, is te zien in tabel 2. Echter is dit verschil niet significant bevonden in dit onderzoek. Dat vrouwen verschillende technieken beter toepassen, wijst er mogelijk op dat vrouwen hun spraakorganen beter beheersen, wat ervoor zorgt dat vrouwelijke sprekers beter zijn in het verrijken van hun spraak wanneer de situatie daarom vraagt dan mannelijke sprekers.

Verbeteringen

Voor een representatiever beeld van de verstaanbaarheid van mannen en vrouwen, zal een experiment uitgevoerd moeten worden met meer sprekers per groep. Met slechts vier vrouwelijke sprekers en vier mannelijke sprekers is de kans klein dat de geselecteerde sprekers een goede representatie zijn van sprekers van hun geslacht. Aangezien ook de natuurlijke spraak van vrouwen beter verstaanbaar was in ruis dan de natuurlijke spraak van mannen, is het mogelijk dat toevalligerwijs vier relatief goed verstaanbare vrouwen en/of vier relatief slecht verstaanbare mannen geselecteerd zijn. Daarnaast hadden de sprekers een leeftijd tussen 18 en 24 jaar. Om erachter te komen of voor elke leeftijdsklasse geldt dat vrouwen beter verstaanbaar zijn dan mannen in ruis, zal meer variatie toegelaten moeten worden in de leeftijden van de sprekers.

In dit onderzoek werd de spraak beoordeeld door vrouwen tussen 18 en 30 jaar. Aangezien Yoho et al. (2018) waarschuwen voor een mogelijke bias bij een subjectieve meting en een versterking hiervan bij een homogene groep beoordelaars, zullen de resultaten betrouwbaarder worden wanneer de sprekers ook door mannen en door jongere en oudere luisteraars beoordeeld werden.

Volgens Wong et al. (2012) is speech-shaped noise vergelijkbaar met een groot deel van de realistische ruiscondities. Echter, om zeker te weten dat vrouwen niet alleen in de speech-shaped noise die in dit onderzoek gebruikt is beter verstaanbaar zijn, zou het beter zijn om verschillende types ruis met verschillende gemiddelde frequenties mee te nemen in het onderzoeksdesign.

Voor het bepalen van de signaal-ruisverhouding is een pilot afgenomen. De participanten van deze pilot waren niet vergelijkbaar qua geslacht en leeftijd met de participanten die deelnamen aan het daadwerkelijke experiment. Aan de pilot namen veel mannen deel en vrouwen die ouder waren dan 30 jaar. Daarnaast was het verschil tussen de intensiteit van de ruis en het spraaksignaal (SNR) wellicht wat groot, aangezien de feedback van veel participanten was dat eigenlijk geen enkele uiting echt duidelijk verstaanbaar was.

Tot slot zouden aanvullende akoestische analyses van de spraaksignalen een goede aanvulling zijn op dit onderzoek. Op deze manier zouden er duidelijkere verklaringen gevonden kunnen worden voor de verschillen tussen de sprekers en zouden de resultaten kunnen aantonen welke factoren ervoor zorgen dat spreker 2 erg goed verstaanbaar is en spreker 7 juist niet.

Toekomstige onderzoeken naar verstaanbaarheid van mannen en vrouwen in ruis en het verschil in de mate van verrijking van de spraak, zouden dus rekening moeten houden met het aantal sprekers per geslacht, de leeftijd van sprekers die beoordeeld worden, het geslacht en de leeftijd van de beoordelaars en het type ruis. Daarnaast zullen uitgebreidere akoestische analyses een meer toereikende verklaring kunnen bieden voor gevonden resultaten.

In dit onderzoek is de verstaanbaarheid in ruis van vrouwelijke sprekers vergeleken met de verstaanbaarheid in ruis van mannelijke sprekers. Natuurlijke en Lombardspraak van acht sprekers werd aangeboden in ruis en beoordeeld door 32 vrouwen. De resultaten van dit experiment tonen aan dat de beoordelaars minder inspanning hoeven leveren om vrouwelijke sprekers te verstaan in ruis dan om mannelijke sprekers te verstaan in ruis. Dit geldt voor zowel natuurlijk geproduceerde spraak die in ruis wordt aangeboden als voor Lombardspraak die in ruis wordt aangeboden. Daarnaast is aangetoond dat voor vrouwen het verschil tussen Lombardspraak en natuurlijke spraak in ruis groter is dan voor mannen. Dit wijst erop dat vrouwen de technieken om beter verstaanbaar te zijn in ruis beter toepassen dan mannen, waardoor ze hun spraak succesvoller kunnen verrijken dan mannen wanneer de situatie daar om vraagt. Dit zou kunnen wijzen op biologische verschillen tussen mannen en vrouwen wat betreft de beheersing van hun spraakapparaat.

Vrouwen tussen 18 en 24 jaar kunnen hun spraak dus beter aanpassen aan een lawaaiige omgeving en zullen beter verstaanbaar zijn in die situatie dan mannen van dezelfde leeftijd. Dus om aanstaande zaterdagavond zo min mogelijk moeite te hoeven doen om je vrienden later op de avond nog te kunnen verstaan, kun je het beste je vrouwelijke vrienden weer eens uitnodigen.

Literatuurlijst

- Arrabito, G.R. (2009). Effects of talker sex and voice style of verbal cockpit warnings on performance. *Human Factors*, 51(1), 3-20. doi: 10.1177/0018720808333411
- Boersma, P., & Weenink, D. (2018). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.39, geraadpleegd op 1 oktober 2018 van <http://www.praat.org/>
- Bond, Z.S., Moore, T.J., & Gable, B. (1989). Acoustic-phonetic characteristics of speech produced in noise and while wearing an oxygen mask. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 85(2), 907-912. doi: 10.1121/1.397563
- Bradlow, A.R., Kraus, N., & Hayes, E. (2003). Speaking clearly for children with learning disabilities: Sentence perception in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(1), 80-97. doi: 0.1044/1092-4388(2003/007)
- Bradlow, A.R., Torretta, G.M., & Pisoni, D.B. (1996). Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. *Speech Communication*, 20(3-4), 255-272. doi: 10.1016/S0167-6393(96)00063-5
- Byrd, D. (1994). Relations of sex and dialect to reduction. *Speech Communication*, 15(1-2), 39-54. doi: 10.1016/0167-6393(94)90039-6
- Castellanos, A., Benedí, J., & Casacuberta, F. (1996). An analysis of general acoustic-phonetic features for Spanish speech produced with the Lombard effect. *Speech Communications*, 20(1-2), 23-35. doi: 10.1016/S0167-6393(96)00042-8
- Coleman, R.O. (1971). Male and female voice quality and its relationship to vowel formant frequencies. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 14(3), 565-577. doi: 10.1044/jshr.1403.565
- Cooper, W.E., & Sorenson, J. (1981). *Fundamental Frequency in Sentence Production*.
- Dreher, J.J. & O'Neill, J. (1957). Effects of ambient noise on speaker intelligibility for words and phrases. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 29(11), 1320-1323. doi: 10.1121/1.1908780
- Ellis, L., Fucci, D., Reynolds, L., & Benjamin, B. (1996). Effects of gender on listeners' judgments of speech intelligibility. *Perceptual and Motor Skills*, 83(3), 771-775. doi: 10.2466/pms.1996.83.3.771
- ENRICH ETN (2017). *Individual Differences in Enriching One's Speech*. Geraadpleegd op 21 december 2018 van ENRICH ETN: <http://www.enrich-etn.eu/positions/individual-differences-in-enriching-ones-speech/>
- Fant, G. (1975). Non-uniform vowel normalization. Quarterly progress and status report. *Department for Speech, Music and Hearing*, 16(2-3), 1-19.
- Ferguson, S.H. (2004). Talker differences in clear and conversational speech: Vowel intelligibility for normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(4), 2365-2373. doi: 10.1121/1.1788730
- Garnier, M., & Henrich, N. (2013). Speaking in noise: How does the Lombard effect improve acoustic contrasts between speech and ambient noise? *Computer Speech and Language*, 28(2), 580-597. doi: 10.1016/j.csl.2013.07.005
- Gengel, R.W., & Kupperman, G.L. (1980). Word discrimination in noise: Effect of different speakers. *Ear and Hearing*, 1(3), 156-160.
- Godoy, E., Koutsogiannaki, M., & Stylianou, Y. (2013). Approaching speech intelligibility enhancement with inspiration from Lombard and Clear speaking styles. *Computer Speech & Language*, 28(2), 629-647. doi: 10.1016/j.csl.2013.09.007
- Graetzer, S., Bottalico, P., & Hunter, E.J. (2017). Speech produced in noise: Relationship between listening difficulty and acoustic and durational parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(2), 974-983. doi: 10.1121/1.4997906

- Howell, P., & Bonnett, C. (1997). Speaking clearly for the hearing impaired: Intelligibility differences between clear and less clear speakers. *European Journal of Disorders of Communication*, 32(1), 89-97. doi: 10.3109/13682829709021462
- Junqua, J. (1993). The Lombard reflex and its role on human listeners and automatic speech recognizers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93(1), 510-524. doi: 10.1121/1.405631
- Junqua, J.C. (1996). The influence of acoustics on speech production: A noise-induced stress phenomenon known as the Lombard reflex. *Speech Communication*, 20(1-2), 13-22. doi: 10.1016/S0167-6393(96)00041-6
- Klatt, D.H., & Klatt, L.C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *The Journal of Acoustical Society of America*, 87(2), 820-857. doi: 10.1121/1.398894
- Koopmans-van Beinum, F.J. (1980). *Vowel contrast reduction: An acoustic and perceptual study of Dutch vowels in various speech conditions*. Dissertatie, Amsterdam
- Kramer (1977). Perceptions of female and male speech. *Language and Speech*, 20(2), 151-161. doi: 10.1177/002383097702000207
- Krueger, M., Schulte, M., Brand, T., & Holube, I. (2017). Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(6), 4680-4693. doi: 10.1121/1.4986938
- Lane, H., & Tranel, B. (1971). The Lombard sign and the role of hearing in speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 14(4), 677-709. doi: 10.1044/jshr.1404.677
- Lass, N.J., Hughes, K.R., Bowyer, M.D., Waters, L.T., & Bourne, V.T. (1976). Speaker sex identification from voiced, whispered, and filtered isolated vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 59(3), 675-678. doi: 10.1121/1.380917
- Lu, Y., & Cooke, M. (2009). The contribution of changers in F0 and spectral tilt to increased intelligibility of speech produced in noise. *Speech Communication*, 51(12), 1253-1262. doi: 10.1016/j.specom.2009.07.002
- Marguiles, M.K. (1979). Male-female differences in speaker intelligibility; normal and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 65(1), S99. doi: 10.1121/1.2017546
- Markham, D., & Hazan, V. (2004). The effect of talker- and listener-related factors on intelligibility for a real-word, open-set perception test. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(4), 725-737. doi: 10.1044/1092-4388(2004/055)
- McCloy, D.R., Wright, R.A., & Souza, P.E. (2015). Talker versus dialect effects on speech intelligibility: A symmetrical study. *Language and Speech*, 58(3), 371-386. doi: 10.1177/0023830914559234
- McFadden, D., Pasanen, E.G., Maloney, M.M., Leshikar, E.M., & Pho, M.H. (2018). Differences in common psychoacoustical tasks by sex, menstrual cycle, and race. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(4), 2338-2354. doi: 10.1121/1.5030998
- Peterson, G.E., & Barney, H.L. (1952). Control methods used in a study of the vowels. *The Journal of Acoustical Society of America*, 24(2), 175-184. doi: 10.1121/1.1906875
- Picheny, M.A., Durlach, N.I., & Braid, L.D. (1985). Speaking clearly for the hard of hearing I: Intelligibility differences between clear and conversational speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 28(1), 96-103. doi: 10.1044/jshr.2801.96
- Picheny, M.A., Durlach, N.I., & Braid, L.D. (1986). Speaking clearly for the hard of hearing II: Acoustic characteristics of clear and conversational speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 29(4), 434-446. doi: 10.1044/jshr.2904.434
- Pickett, J.M. (1956). Effects of vocal force on the intelligibility of speech sounds. *The*

- Journal of the Acoustical Society of America*, 28(5), 902-905. doi: 10.1121/1.1908510
- Rademacher, J., Morosan, P., Schleicher, A., Freund, H.J., & Zilles, K. (2001). Human primary auditory cortex in women and men. *Neuroreport*, 12(8), 1561-1565. doi: 10.1121/1.5030998
- Ryalls, J., & Lieberman, P. (1982). Fundamental Frequency and Vowel Perception. *The Journal of Acoustical Society of America*, 72(5), 1631-1634. doi: 10.1121/1.388499
- Schwartz, M.F. (1968). Identification of speaker sex from isolated, voiceless fricatives. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 43(5), 1178-1179. doi: 10.1121/1.1910954
- Shen, C., & Janse, E. (2017). *Readme for Radboud Lombard Corpus_Dutch (RaLoCo_Dutch)*. Radboud University
- Siegel, G.M., & Pick, H.L. (1974). Auditory feedback in the regulation of voice. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 56(5), 1618-1624. doi: 10.1121/1.1903486
- Silverstein, B., Bilger, R., Hanley, T., & Steer, M. (1953). The relative intelligibility of male and female talkers. *The Journal of Educational Psychology*, 44(7), 418-428. doi: 10.1037/h0054345
- Simpson, A.P. (2009). Phonetic differences between male and female speech. *Language and Linguistics Compass*, 3(2), 621-640. doi: 10.1111/j.1749-818X.2009.00125.x
- Smiljanic, R., & Gilbert, C. (2017). Intelligibility of noise-adapted and clear speech in child, young adult, and older adult talkers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(11), 3069- 3080. doi: 10.1044/2017_JSLHR-S-16-0165
- Södersten, M., Ternström, S., & Bohman, M. (2005). Loud speech in realistic environmental noise: Phonetogram data, perceptual voice quality, subjective ratings, and gender differences in healthy speakers. *Journal of Voice*, 19(1), 29-46. doi: 10.1016/j.jvoice.2004.05.002
- Stanton, B.J., Allen, G.D., & Jamieson, L.H. (1988). Acoustic-phonetic analysis of normal, loud, and Lombard speech in simulated cockpit conditions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(S1), 15. doi: 10.1121/1.2025697
- Summers, van W., Pisoni, D.B., Bernacki, R.H., Pedlow, R.I., & Stokes M.A. (1988). Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(3), 917-929. doi: 10.1121/1.396660
- Tartter, V.C., Gomes, H., & Litwin, E. (1993). Some acoustic effects of listening to noise on speech production. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 94(4), 2437-2440. doi: 10.1121/1.408234
- Wong, L.L.N., Ng, E.H.N., & Soli, S.D. (2012). Characterization of speech understanding in various types of noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(4), 2642-2651. doi: 10.1121/1.4751538
- Yoho, S.E., Borrie, S.A., Barrett, T.S., & Whittaker, D.B. (2018). Are there sex effects for speech intelligibility in American English? Examining the influence of talker, listener, and methodology. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81(2), 558-570. doi: 10.3758/s13414-018-1635-3

Bijlagen

Bijlage 1: syntactisch vergelijkbare zinnen

Code	Zin
F1	Gelukkig was de student vanmorgen niet gewond.
K1	Peter heeft de zaak toevallig gisteren opgelost.
F2	Hij schilderde de muren binnen één dag oranje.
K2	Martin had de taak vandaag binnen een uur afgemaakt.
F3	De ober heeft het bord per ongeluk laten vallen.
K3	De grote kat heeft de vaas per ongeluk gebroken.
F4	Gelukkig werd de verdwenen man in het bos gevonden.
K4	Mijn vader had mijn haas weer teruggevonden in een grot.
F5	Gelukkig had de kapitein het schip niet verlaten.
K5	Toni had de baas gisteren langer mee moeten helpen.
F6	De angst die mijn vriend voelde werd gaandeweg minder.
K6	Mijn vriendin heeft de haat misschien niet zo gevoeld.
F7	De wijn is per ongeluk op de tafel gemorst.
K7	Haar zoon heeft de kaas per ongeluk op de grond gegooid.
F8	Hans heeft het gereedschap in de kelder aangetroffen.
K8	Mijn broer had de zaag later in de schuur aangetroffen.
F9	De mondhygiënist had gisteren zijn tanden gepolijst.
K9	De man heeft de kies gelukkig daarna snel verwijderd.
F10	Toch heeft mijn neef de sticker op de koelkast zien zitten.
K10	Mijn opa had de piep jammer genoeg niet meer gehoord.
F11	Misschien is Bob nog niet aangekomen bij het meer.
K11	Jimmy heeft de piek vorig jaar laten vallen.
F12	Mees eet zijn lunch vaak in het universiteitscafé.
K12	Marjan had de biet per ongeluk vergeten mee te nemen.
F13	De inbreker is gisteravond door Carlos gevangen.
K13	Rob heeft de dief toen onmiddellijk naar buiten gegooid.
F14	Helaas is de auto op de hoofdweg geparkeerd.
K14	Doris had de fiets volgens mij op zijn kop gezet.
F15	Mijn oom vond de sleutels onder het bed van mijn neef.
K15	De jongen heeft de spies onder de tafel teruggevonden.
F16	De rode kat werd vaak achter de bak gevonden.
K16	De agent had de pies bij de kofferbak geroken.
F17	Lars heeft zijn opdracht gisteravond ingediend.
K17	Ferdi heeft het boek helaas in het park laten liggen.
F18	Het overhemd kon niet in oranje worden geleverd.
K18	Anna had de hoed nog nooit eerder in het groen gemaakt.
F19	Idealiter wordt de pannenkoek warm gegeten.
K19	Het meisje had de soep eigenlijk liever niet besteld.
F20	Laura heeft het bed naast de klerenkast geplaatst.
K20	Thomas had de poef daarna voor de deur gezet.
F21	Krista had gistermorgen haar jurk gewassen.
K21	De man heeft de hoef daarna met water afgespoeld.
F22	Sophie heeft gistermiddag de huisarts bezocht.
K22	Betty had de voet misschien even moeten masseren.

F23	De verkoper had de bloemen vaak op de markt verkocht.
K23	Mijn moeder heeft de hoek gisteren nog schoongemaakt.
F24	Merel heeft alle meubels via internet gekocht.
K24	Het bedrijf had de hoes binnen twee dagen geleverd.

Bijlage 2: verdeling zinnen over condities en lijsten

	Conditie Sprak-GeslachtSprekernummer	Lijst 1	Lijst 2	Lijst 3	Lijst 4
1	NAT-V1	F1	F7	F13	F19
2	NAT-V1	K1	K7	K13	K19
3	NAT-V1	F2	F8	F14	F20
4	NAT-V2	K2	K8	K14	K20
5	NAT-V2	F3	F9	F15	F21
6	NAT-V2	K3	K9	K15	K21
7	NAT-V3	F4	F10	F16	F22
8	NAT-V3	K4	K10	K16	K22
9	NAT-V3	F5	F11	F17	F23
10	NAT-V4	K5	K11	K17	K23
11	NAT-V4	F6	F12	F18	F24
12	NAT-V4	K6	K12	K18	K24
13	NAT-M5	F13	F19	F1	F7
14	NAT-M5	K13	K19	K1	K7
15	NAT-M5	F14	F20	F2	F8
16	NAT-M6	K14	K20	K2	K8
17	NAT-M6	F15	F21	F3	F9
18	NAT-M6	K15	K21	K3	K9
19	NAT-M7	F16	F22	F4	F10
20	NAT-M7	K16	K22	K4	K10
21	NAT-M7	F17	F23	F5	F11
22	NAT-M8	K17	K23	K5	K11
23	NAT-M8	F18	F24	F6	F12
24	NAT-M8	K18	K24	K6	K12
25	LOM-V4	F19	F1	F7	F13
26	LOM-V4	K19	K1	K7	K13
27	LOM-V4	F20	F2	F8	F14
28	LOM-V3	K20	K2	K8	K14
29	LOM-V3	F21	F3	F9	F15
30	LOM-V3	K21	K3	K9	K15
31	LOM-V2	F22	F4	F10	F16
32	LOM-V2	K22	K4	K10	K16
33	LOM-V2	F23	F5	F11	F17
34	LOM-V1	K23	K5	K11	K17
35	LOM-V1	F24	F6	F12	F18
36	LOM-V1	K24	K6	K12	K18
37	LOM-M8	F7	F13	F19	F1
38	LOM-M8	K7	K13	K19	K1
39	LOM-M8	F8	F14	F20	F2
40	LOM-M7	K8	K14	K20	K2

41	LOM-M7	F9	F15	F21	F3
42	LOM-M7	K9	K15	K21	K3
43	LOM-M6	F10	F16	F22	F4
44	LOM-M6	K10	K16	K22	K4
45	LOM-M6	F11	F17	F23	F5
46	LOM-M5	K11	K17	K23	K5
47	LOM-M5	F12	F18	F24	F6
48	LOM-M5	K12	K18	K24	K6