

In deze studie is de variatie in het spectrum en in het timbre van gezongen klinkers behandeld. In het akoestische onderzoek (deel I) werd de binnen en tussen klinkers optredende spectrale variatie (gemeten in 1/3-octaaftrekfrentiebanden) geanalyseerd. In het perceptieve onderzoek (deel II) werd met behulp van luisterproeven het timbre van gezongen klinkers in kaart gebracht. Beide aanpakken zijn nauw verwant: we toonden aan dat minstens tot een grondfrequentie van 392 Hz de ongelijkheid in het timbre van eenzelfde klinker, gezongen door verschillende zangers, zeer goed voorspeld kan worden op basis van het verschil in 1/3-octaaftrek spectrum (Hoofdstuk 11). De resultaten van de analyses van de 1/3-oct spectra kunnen daarom geïnterpreteerd worden vanuit het oogpunt van de waarneming van timbre. Het voordeel is dat 1/3-oct spectra in experimenteel opzicht veel eenvoudiger te verkrijgen zijn dan gegevens over timbreperceptie.

Voor de akoestische analyses (deel I) maakten we opnamen van 3888 gezongen klinkers die representatief moeten worden geacht voor een zeer groot aantal mogelijke timbres in zang. Daartoe zongen veertien professionele zangers (2 bassen, 2 baritons, 3 tenoren, 3 altten, 2 mezzo-sopranen, 2 sopranen) negen verschillende klinkers, elk met negen verschillende manieren van zingen (neutraal, licht, donker, geknepen, vrij, luid, zacht, strak, extra vibrato) op grondfrequenties (F_0) van 98 tot 880 Hz.

Om een algemene indruk te krijgen van de bijdrage van de hoofdeffekten van de factoren "klinkers", "zangers", en "manieren van zingen", en hun interacties, wordt in Hoofdstuk 3 voor elke grondfrequentie hun bijdrage tot de totale spectrale variantie bepaald. De aan de faktor "klinkers" gerelateerde spectrale variantie blijkt te domineren tot $F_0 = 659$ Hz; voor hogere F_0 waarden domineren spectrale verschillen tussen zangers en manieren van zingen.

Nadat de meerdimensionale representatie van 1/3-octaaftrek spectra is uitgelegd wordt in Hoofdstuk 4 een relatie gelegd tussen de resultaten, in de vorm van formantfrequenties, uit een analyse van klinkerspectra op basis van de akoestische theorie van spraakproduktie en de resultaten van een analyse op basis van 1/3-octaaftrek spectra. Een eerste-orde overeenkomst wordt aangetoond. Op basis hiervan worden eigenschappen van klinkerkonfiguraties

tot $F_0 = 880$ Hz bestudeerd.

Karakteristieke verschillen in spectrum voor verschillende zangers worden in Hoofdstuk 5 onder de loep genomen. Dit leidt tot de conclusie dat spectrale verschillen tussen mannelijke zangstemmen belangrijk anders zijn dan spectrale verschillen tussen vrouwelijke zangstemmen, wat waarschijnlijk wijst op verschillen in de vorm en lengte van het aanzetstuk bij mannen en op verschillen in stembandpuls bij vrouwen. In dit hoofdstuk komen tevens spectrale verschillen tussen het modale register en het falsetregister aan de orde. Verschillende manieren van zingen blijken grotendeels gerelateerd te zijn aan de helling van het spectrum (Hoofdstuk 6). De steilste helling heeft het spectrum van zachte (pianissimo) zang, de vlakste die van luid (fortissimo) zang, welke in belangrijke mate op stemloosnivo hun oorsprong hebben. Minder geprononceerd zijn de spectrale verschillen die met de hoogte van het strottenhoofd en het keelvolume samenhangen: donkere en geknepen zang.

Hoofdstuk 7 laat zien dat vier manieren van zingen (zacht, licht, neutraal en luid) de belangrijkste bron vormen van verschillen in het totale geluidsdruknivo in gezongen klinkers. Op de tweede plaats komen verschillen tussen zangers. Een analyse van spectrale verschillen die met variatie in het totale geluidsdruknivo samenhangen wordt gegeven, waarbij klinkerafhankelijke aspecten aan de orde komen.

Een analyse van het geluidsdruknivo van de zogenaamde zangersformant leidt in Hoofdstuk 8 tot de konklusie dat hierin grote variatie kan optreden door verschillen tussen zangers, klinkers, manieren van zingen en F_0 . Opvallend was dat het relatieve nivo van de zangersformant ten opzichte van het totale geluidsdruknivo voor elke manier van zingen zeer constant gehouden werd door een afstemming van de geluidsintensiteit en F_0 . Het gemiddelde geluidsdruknivo van de zangersformant was alleen voor sopranen beduidend lager dan voor alle andere stemklassifikaties.

Deel II behandelt de resultaten van een tweetal typen luisterexperimenten naar timbreverschillen van eenzelfde klinker die door verschillende zangers werd gezongen. Hierbij werd gebruik gemaakt van opnamen van gevorderde conservatoriumstudenten. Zowel musici als niet-musici participeerden als luisteraars. In het eerste type luisterexperiment werd de ongelijkheid in timbre op een niet-verbale wijze onderzocht (Hoofdstuk 11); in het tweede type experiment werden timbre-verschillen verbaal beoordeeld op 21 semantische bipolaire schalen (Hoofdstuk 12). In het verbale experiment werden niet alleen klinkers maar

ook liedfrasen beoordeeld om het perceptieve effect van temporele variatie op timbre te onderzoeken.

De beide experimenten leverden voor de klinkers een vergelijkbare weergave van timbre in een meer-dimensionale ruimte op. Het verbale experiment maakte het daarnaast mogelijk om relaties tussen beschrijvingswijzen van timbre, zoals helder, dof, kleurrijk, te onderzoeken. De grootste overeenstemming tussen luisteraars bestond over de semantische schaal scherp-dof, die globaal gerelateerd bleek te zijn aan de helling van het spektrum. Waar niet-muzikaal geschoolde luisteraars verder weinig differentiatie tussen semantische schalen aanbrachten, was dit voor musici wel het geval, vooral bij de beoordeling van een liedfrase. De semantische schalen groepeerden zich rond: zangtechniek, algemene evaluatie, temporele aspecten, helderheid en scherpte; deze groepen waren echter niet onafhankelijk.

APPENDICES

APPENDIX A

A DETAILED DESCRIPTION OF INTRA-VOCALIC SPECTRAL VARIATION

Intra-vocalic spectral variation can be divided into spectral variation due to differences between singers and spectral variation due to differences between modes of singing. For the material described in Part I, spectral characteristics of intra-vocalic variation are given in Figs. A1-A9 separately for all nine vowels. The spectral characteristics of each vowel are described for each F_0 value and for male and female singers separately.

The panels of each figure are organized as follows:

(1) The panels of the left half show results for the male singers, the panels of the right half those for the female singers, (2) each row of panels present results for the same F_0 value, from 98 Hz (upper row) to 880 Hz (lower row), and (3) for each F_0 value, separately for males and females, a row of four panels is presented showing the average spectrum and three basis vectors associated with (a) spectral differences between singers, (b) spectral variation as the effect of differences in overall SPL, and (c) spectral variation due to the modes of singing dark and pressed, respectively. In addition, for male singers at $F_0=392$ Hz the basis vector which describes the main spectral difference between the modal and the falsetto register is presented too.

The following computational procedures have been used:

AVERAGE SPECTRUM. For each vowel and each F_0 value the average spectrum of the total number of spectra (=number of singers x nine modes of singing) is shown. The effect of the basis vectors presented can be estimated with reference to this average spectrum.

BASS-TENOR/ALTO-SOPRANO. These panels show the basis vector per F_0 value which is associated with to the main spectral differences between singers