

Hoole, Seminar Akustik

Zweite Übung mit Rohrenmodellen ('tube models') des Vokaltrakts:

Auf dem eigenen Linux-Account einloggen, und Terminalfenster öffnen. Matlab starten:
matlab&

Im Matlab-Commandfenster zuerst folgenden Befehl eingeben:
addpath /homes/matlab/akustikfort/vt

[Alternativ: Im Matlab-Übungsaccount einloggen, im Terminalfenster
cd akustikfort/vt und dann matlab eingeben]

Plazieren Sie das Matlab-Command-Fenster im rechten unteren Teil des Bildschirms (das Command-Fenster soll sichtbar bleiben, gleichzeitig aber Platz für drei weitere Fenster lassen).

- (1) **Ziel: Generierung des Nomogramms für ein Drei-Rohren-System durch Manipulation der Areafunktion**
(in Anlehnung an Johnson Fig. 5.4; vgl. Abb. 1 und 2 auf Seite 2 unten)

Programm vt2fbws aufrufen : vt2fbws([16 32])

Stellen Sie sicher, dass das Command-Fenster sowie die Fenster für 'area function' (Figure 1), 'spectrum' (Figure 2) und 'nomogram' (Figure 3) alle gut sichtbar sind.

Aktivieren Sie das Command-Fenster durch Click in der Titelleiste und tippen Sie dann auf einer beliebigen Taste. Jetzt sollte ein schwa-ähnlicher Klang zu hören sein.

Durch den Programmaufruf erhält man, wie in Übung 1 (Nomogramm für ein Zwei-Rohren-System, Johnson Fig. 5.2), eine Vokaltraktlänge von 16cm, bestehend aus 32 Teilstücken mit jeweils 0.5cm Länge.

In dem Feld 'Sections' den Wert 4 eintragen und die Eingabetaste drücken.

Damit wird ein 'constriction length' von 2cm (= 4 * 0.5cm) eingestellt.

Mit der **rechten** Maustaste bei 1cm auf der x-Achse und 0.5cm² auf der y-Achse klicken.

Mit der rechten Maustaste legt man die Position der Konstriktions**mitte** auf der x-Achse fest.

Es sollte also jetzt eine Verengung von 0 bis 2cm auf der x-Achse sichtbar sein

Auf dem Knopf "Add to Nomogram" klicken. In matlab Figure 3 sollten jetzt Formantwerte bei constriction position = 1 sichtbar sein.

Dieser Zustand entspricht: Back_Cavity_Length = 0cm

Im vorliegenden Beispiel gilt also: Back_Cavity_length = constriction_position - 1

Dann in 0.5cm Schritten von links nach rechts die "constriction position" Richtung Lippen verschieben (auf der y-Achse immer bei 0.5cm² bleiben).

d.h für den nächsten Schritt mit der rechten Maustaste bei 1.5cm auf der x-Achse klicken.

Nach jedem Schritt auf dem Knopf "Add to Nomogram" klicken.

Damit sollte in Matlabs Figure 3 schrittweise der Verlauf von Abb. 2 (auf Seite 2 unten) reproduziert werden.

- Bei welcher Constriction Position klingt das Ergebnis am ehesten wie ein [i]?
- Notieren Sie die Formantwerte an dieser Stelle
- Inwiefern weicht der fertige Nomogramm in Matlab Figure 3 von Abb. 2 ab?

Vorsichtshalber immer die Frequenzen der ersten drei Formanten auch auf Papier notieren, und auch die Änderungen der Formanten in Matlab Figure 2 verfolgen: Vor allem wenn zwei Formanten nicht weit auseinanderliegen, kann es manchmal Fehler bei der automatischen Bestimmung der Formantfrequenzen geben.

Beenden Sie diese Übung durch Klicken auf “stop”.

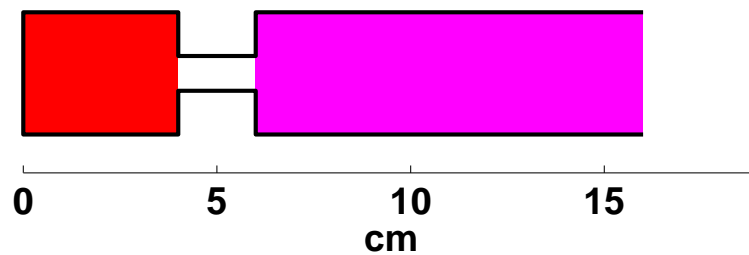


Abb. 1: Drei-Rohren-System. Hinteres Rohr beidseitig geschlossen. Vorderes Rohr einseitig geschlossen. Gesamtlänge 16cm. Konstriktionslänge 2cm.

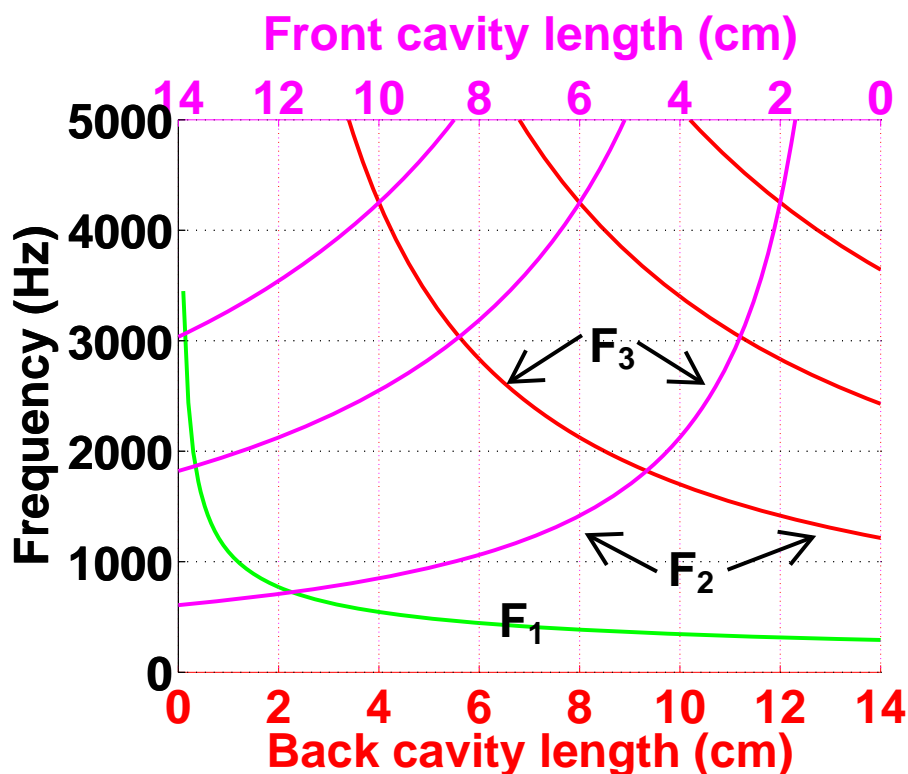


Abb. 2: Nomogramm für das Drei-Rohren-System (in Anlehnung an Johnson Fig. 5.4)

(2) Das 4-Tube, 3-Parameter-Modell von Fant

Johnsons Fig. 5.4 (= Abb. 2 oben) verwendet einfach die Formeln für die Resonanzfrequenzen der drei verschiedenen Resonatortypen (an beiden Enden geschlossen, an einem Ende geschlossen, Helmholtz). Das Vokaltraktmodell in vt2fbws berücksichtigt Kopplungseffekte zwischen den Hohlräumen (und teilweise auch Verlustmechanismen im Vokaltrakt). Insofern sind Unterschiede durchaus zu erwarten.

Wir betrachten jetzt ein etwas realistischeres Modell, das hoffentlich auch ein etwas besseres [i] erzeugen wird. Trotzdem ist Abbildung 2 sehr nützlich, um Anhaltspunkte für die 'cavity affiliations' im folgenden Modell zu bekommen.

Es handelt sich um das 4-tube, 3-Parameter-Modell von Fant (1960). Wir orientieren uns an der Fig. 3.11 in Harrington/Cassidy (s.u., S.5), die leichter zu lesen ist, als die Originalabbildung von Fant (Nomogramm mit durchgezogener Linie).

4-Tube heisst:	Back tube, constriction tube, front tube and lip tube
3-Parameter heisst, dass folgendes variiert wird:	constriction position, area of the constriction, area of the lip opening.

Für diese Übung legen wir fest:

length of constriction	5cm
area of constriction	0.5cm ²
length of lip tube	1cm
area of lip opening	4cm ²

und variieren nur **constriction position**

Tippen Sie beim Matlab-Prompt:

```
do_4tube
```

Diese Hilfsfunktion ruft vt2fbws mit folgenden Einstellungen auf (nur für matlab-interessierte relevant):

```
vt2fbws([ [ repmat(8,[30 1]);4;4] repmat(0.5,[32 1]) ] )
```

Hiermit wird ein Vokaltrakt mit einer Gesamtlänge von 16cm erzeugt, mit einer Querschnittsfläche von 8cm², ausser bei der Lippenöffnung, wo sie auf einer Länge von 1cm 4cm² beträgt.

Im Feld 'Sections' den Wert 10 eintragen (und 'Eingabe' drücken).

Damit wird ein 'constriction length' von 5cm (= 10 * 0.5cm) erzeugt.

Mit der **rechten** Maustaste bei 2.5cm auf der x-Achse und 0.5cm² auf der y-Achse klicken.

Es sollte also jetzt eine Verengung von 0 bis 5cm auf der x-Achse sichtbar sein

Auf dem Knopf "Add to Nomogram" klicken. In matlab Figure 3 sollten jetzt Formantwerte bei constriction position = 2.5 sichtbar sein.

Dieser Zustand entspricht Back Cavity Length = 0cm

Im vorliegenden Beispiel gilt also: Back_Cavity_Length = constriction_position - 2.5
(In Fig. 3.11 entspricht die Xmin-Achse der constriction position.)

Dann in 0.5cm Schritten von links nach rechts die “constriction position” Richtung Lippen verschieben (auf der y-Achse immer bei 0.5cm² bleiben).
d.h für den nächsten Schritt mit der rechten Maustaste bei 3cm auf der x-Achse klicken.

Nach jedem Schritt auf dem Knopf “Add to Nomogram” klicken.

Bei einer constriction position von 13.5cm kann man aufhören; hier verschwindet die front cavity.

- Position und Formantwerte der besten Annäherung an [i] notieren, und mit denen des ersten Modells vergleichen.
- F4 ändert sich kaum in diesem Modell. Woran liegt das? Anders gefragt: Welche cavity affiliation liegt hier vor?
- Woran liegt es, dass ein etwas besseres [i] erreicht wird als im ersten Modell?

Stellen Sie die constriction position auf 11.5cm ein.

Schalten Sie das ‘Sections’-Feld auf 1 (Drücken der Eingabetaste nicht vergessen!).

Jetzt kann man mit der **linken** Maustaste Änderungen an *einzelnen* Sections vornehmen.

Lassen Sie die vordere Kante der constriction bei 14cm unverändert und experimentieren Sie mit der Position der hinteren Kante der constriction und auch mit der Lippenöffnung.

Beachten Sie vor allem die Auswirkungen auf F2.

Gibt es Änderungen an anderen Stellen im Vokaltrakt, die zu einer Verbesserung von F2 führen?

(Tip: Schauen Sie sich in Fig. 3.6 in Harrington/Cassidy (S.5 unten) das Beispiel der Arealfunktion eines “echten” [i] an.)

Was kann man jetzt über die cavity affiliation von F2 bei dieser Ausgangskonfiguration sagen (constriction bei 11.5cm)?

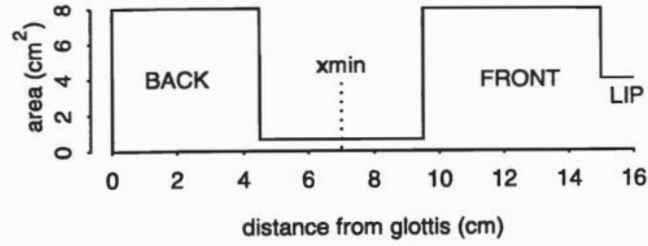


Figure 3.9: One of the models used in Fant (1960) to predict resonance frequencies for vowels. x_{min} is the constriction coordinate.

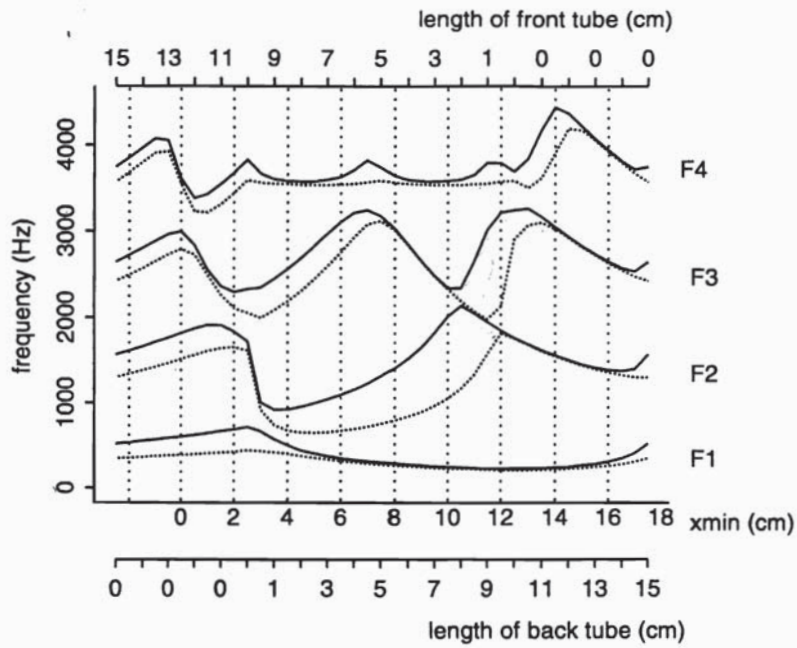


Figure 3.11: Nomograms for incremental values of x_{min} from the glottis to the lips. The top/bottom scales show the lengths of the front/back tubes for different values of x_{min} . *Solid line*: lip tube area of 4 cm^2 (unrounded vowels). *Dotted line*: lip tube area of 0.65 cm^2 (rounded vowels).

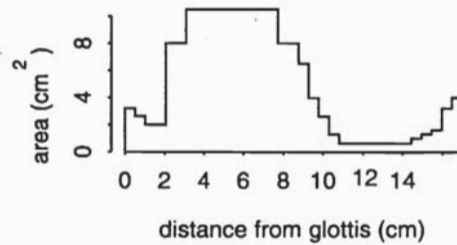


Figure 3.6: A vocal tract area function for a Russian [i] vowel given in Fant (1960). The area is based on thirty-three cylinders extending from the glottis (left) to the lips (right).