

Akustische Phonetik

Quelle*:

Magnús Pétursson – Joachim Neppert:
Elementarbuch der Phonetik, Buske: Hamburg, 1991,
Seite 58-76 (Kap 4.6, Kap. 5).

(Abbildungen auch aus: Bernd Pompino-Marschall: Einführung in die Phonetik,
de Guyter: Berlin / New York, 1995;
Drosdowski, G. et al. (Hrsg.): Duden. Die Grammatik. Dudenverlag:
Mannheim / Leipzig / Wien / Zürich, 1998)

Themen:

- Luftströmungsmechanismen
- Phonation
- IPA (Tabellarische Zusammenfassung)

(*Zitate sind nicht als solche markiert.)

Die Rolle der Atmung

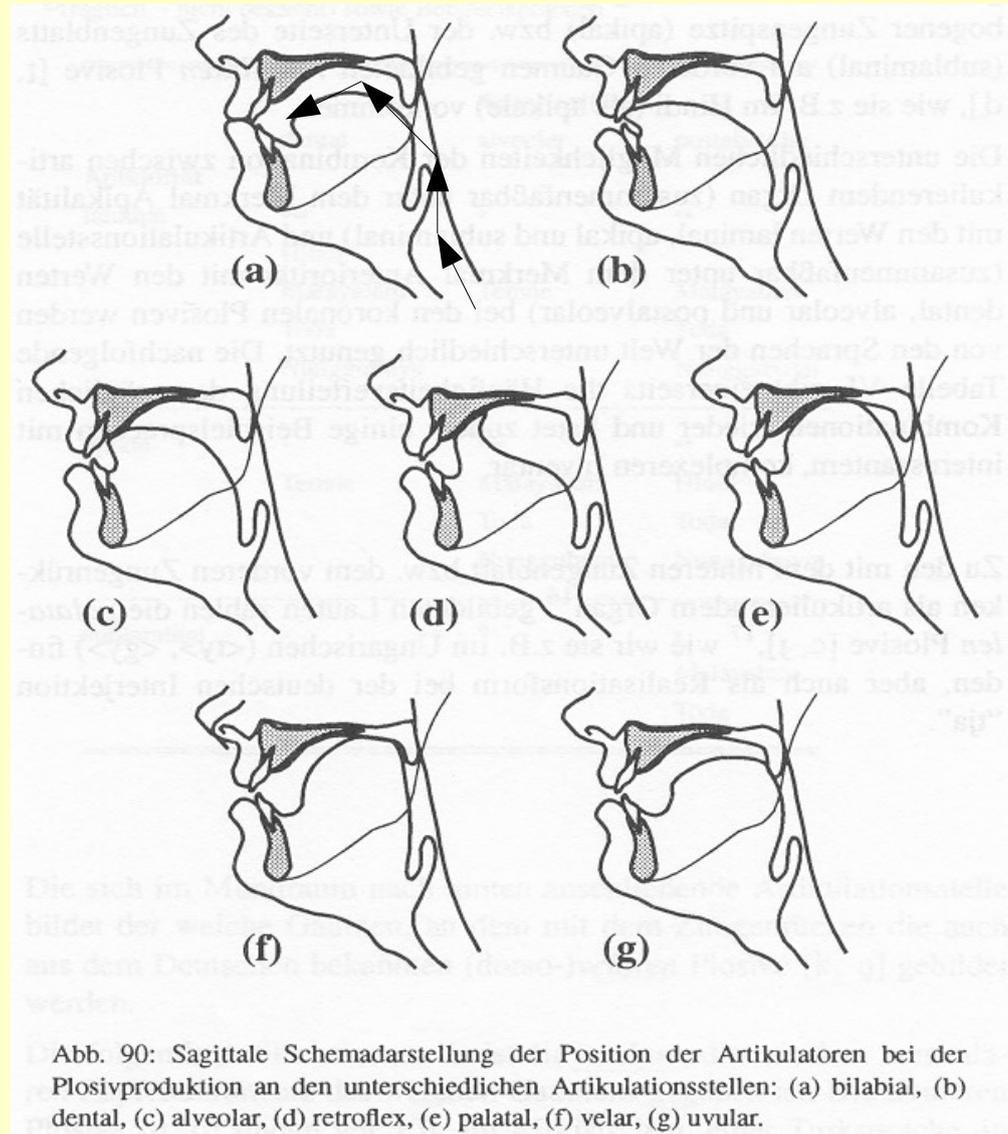
- Die Atmungsorgane liefern die notwendige Energie für das Sprechen:
 - **als Druckdifferenz** zwischen Innen- und Außenluft (potenzielle Energie)
 - Einatmung: Vergrößerung des Lungenvolumens
 - ~ weniger Druck in der Lunge
 - Ausatmung: Verkleinerung des Lungenvolumens
 - ~ Druckerhöhung in der Lunge – der Druck unter der Glottis bleibt während der Ausatmung konstant (auch beim Sprechen)
 - **als Luftströmung** (kinetische Energie)
- Sprechen bei der
 - **Ausatmungsphase (Expiration)**: expiratorisch /exhalatorisch /egressiv
 - Normalfall
 - **Einatmungsphase (Inspiration)**: inspiratorisch /inhalatorisch /ingressiv
 - unökonomisch → selten benutzt

Luftströmungsmechanismen

- **pulmonal-egressiv**: normale Verschlusslaute
- **glottal-egressiv**: Ejektive
- **glottal-ingressiv**: Implosive
- **velar-ingressiv**: Schnalze

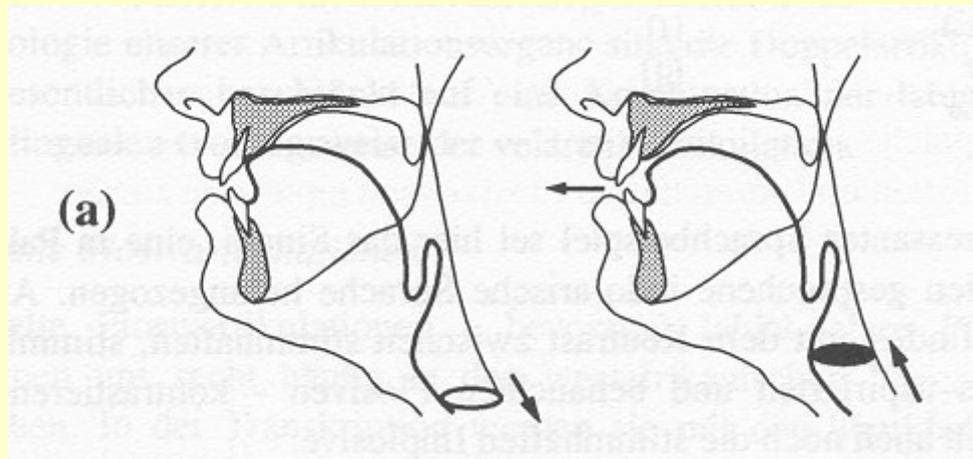
I. Der pulmonale egressive Luftströmungsmechanismus

- Die Luft wird unter dem Einfluss der Ausatemsmuskulatur nach außen gedrückt (der häufigste Luftstrommechanismus).
- z.B.: Verschlusslaute [p, t, k]



II. Der glottal-egressive Luftstrommechanismus

- Voraussetzungen:
 - Verschluss des Nasendurchgangs und
 - eine Verschlussbildung in der Mundhöhle
- Durch eine Aufwärtsbewegung der geschlossenen Glottis wird die Luft im Pharynxraum und im Mundhohlraum zusammengedrückt. Dabei entsteht im Ansatzrohr eine Druckerhöhung. Der Mundverschluss wird zuerst gelöst, und kurz danach erfolgt das Lösen des glottalen Verschlusses.
- z.B.: Ejektive: [p', t', k']

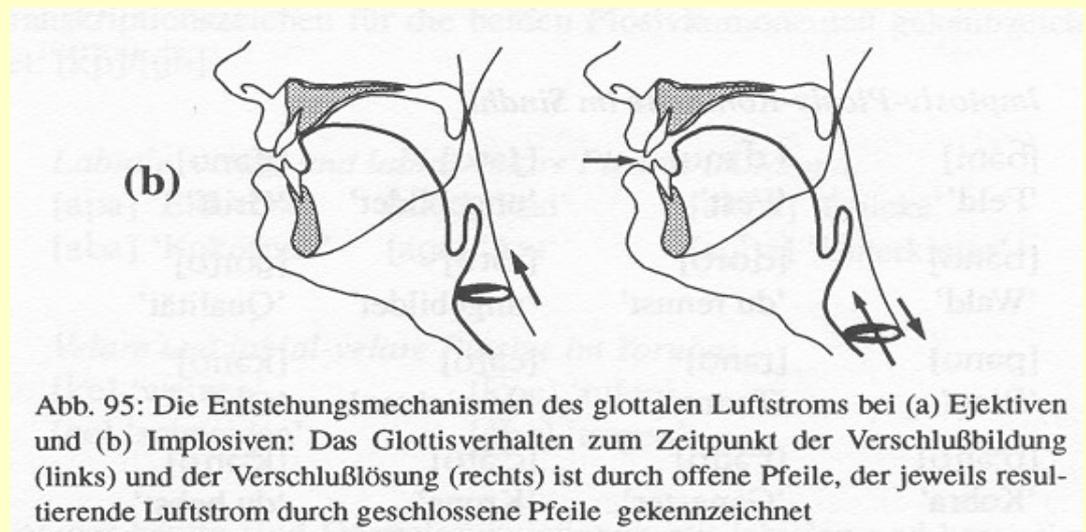


III. Der glottal-ingressive Luftstrommechanismus

- Voraussetzungen:
 - Verschluss des Nasendurchgangs und
 - eine Verschlussbildung in der Mundhöhle
- Während der pulmonale egressive Luftstrom nach außen (bis zur Verschlussstelle im Mundhohlraum) strömt, wird die vibrierende Glottis nach unten gezogen. Dadurch sinkt der Luftdruck im Mund. Wenn die Glottis ihre tiefste Stellung erreicht hat, wird der orale Verschluss gelöst, und der nachfolgende Vokal kann einsetzen.
- z.B.: stimmhafte Implosive:

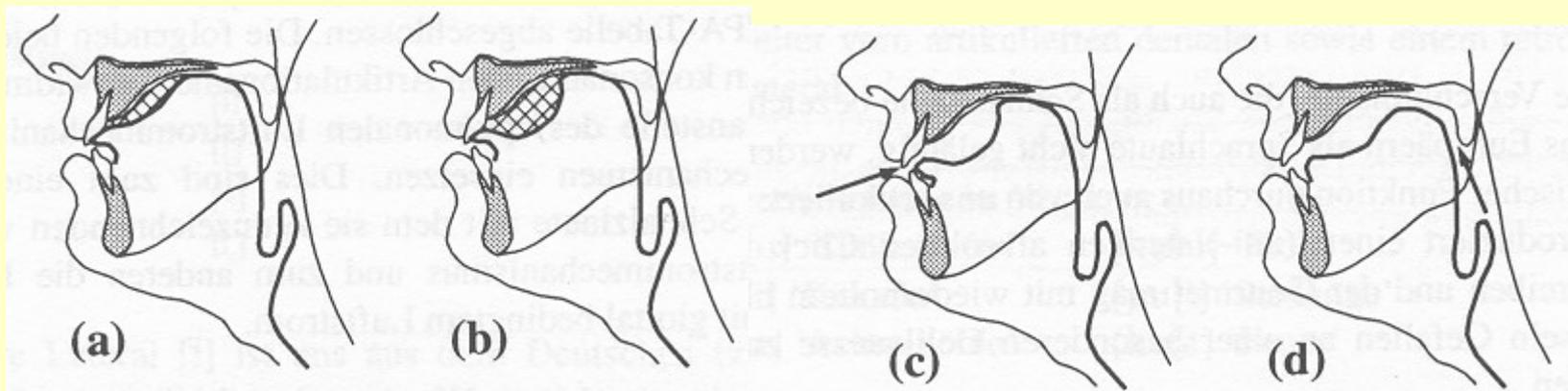
b	bilabial
d	dental/alveolar
ʃ	palatal
g	velar
ʁ	uvular

- Implosive können auch stimmlos sein.



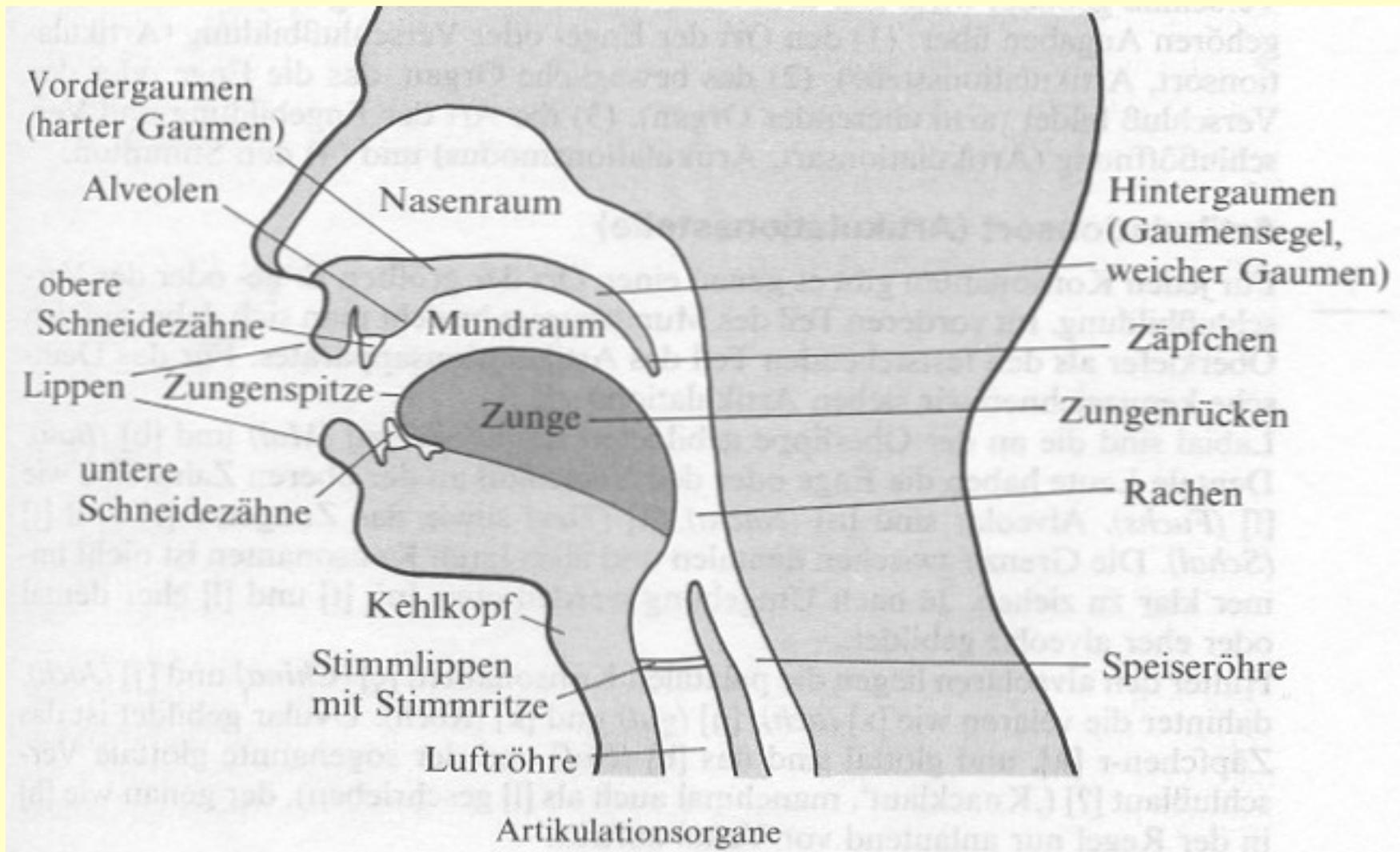
IV. Der velar-ingressive Luftstrommechanismus

- Die Zungenoberfläche hat zunächst Kontakt mit der Gaumenwölbung. Zwischen der Zunge und der Gaumenwölbung wird durch Rückwärtsziehen vor allem der vorderen Teils und durch Abwärtsbewegung vor allem des mittleren und hinteren Teils der Zunge ein Hohlraum gebildet und vergrößert, in dem Luftverdünnung stattfindet (a-b). Wenn die Luft von außen in diesen Hohlraum hineingelassen wird (c-d), entsteht ein Explosivlaut.
- Schnalze werden durch Verschieben von Luft zwischen Hohlräumen unterschiedlichen Druckes innerhalb des Ansatzrohres gebildet.
- z.B.: Schnalze = Schnalzlaute = clicks



Phonation

- Artikulationsorgane:



Funktionen des Kehlkopfes

- Der **Kehlkopf (Larynx)**, der oberste Knorpel der Luftröhre, ist ein ganzer Ring.

- Primärfunktion:

der Schutz der Luftwege.

– Beim Schlucken von Speisen und Getränken oder beim Verschlucken von Fremdkörpern wird der Eingang in die Luftröhre reflektorisch verschlossen.

- Sekundärfunktion:

Phonationsorgan

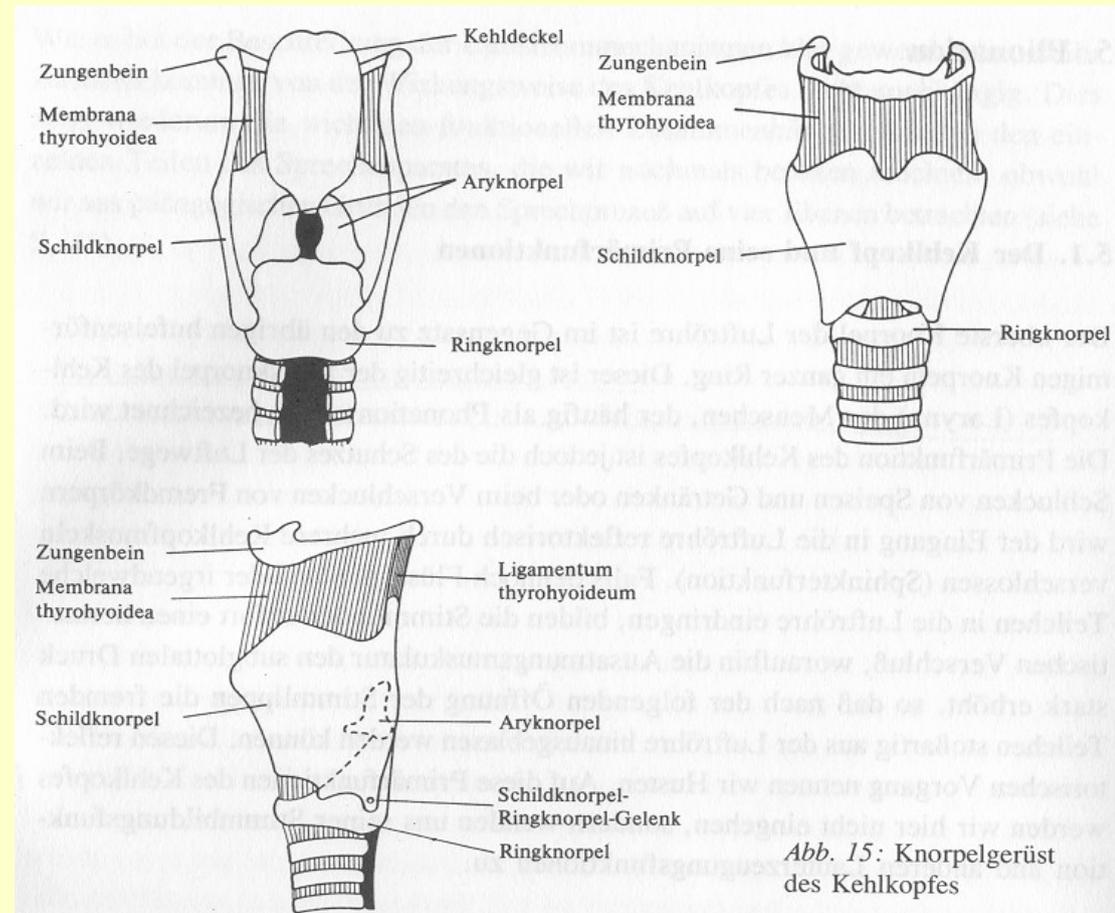


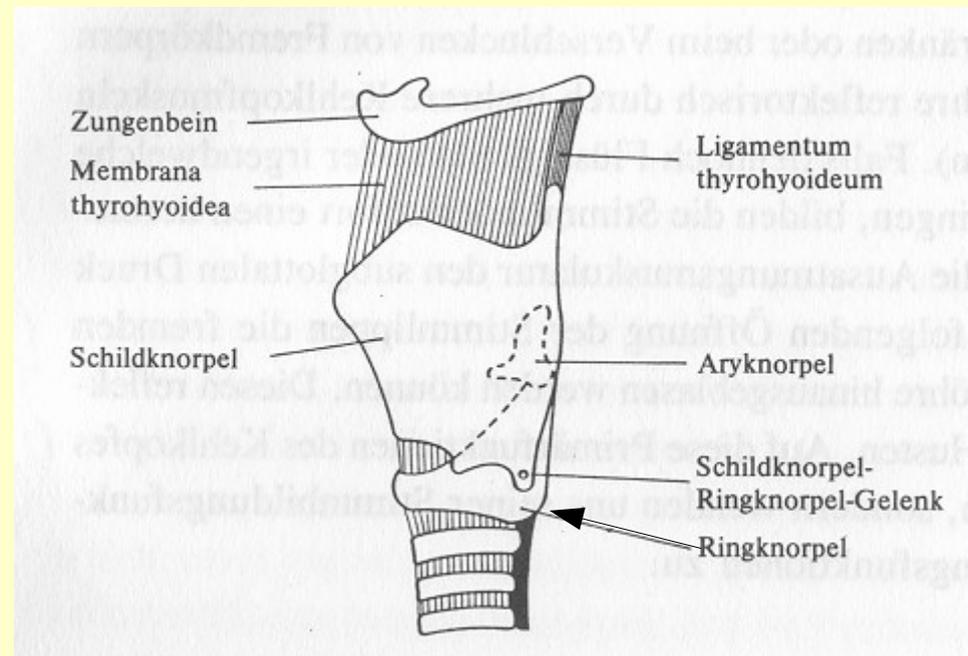
Abb. 15: Knorpelgerüst des Kehlkopfes

Das Knorpelgerüst des Kehlkopfes

- Der Kehlkopf besteht aus Knorpeln, die durch Haftbänder zusammengehalten und durch Muskeln bewegt werden.
 - **Ringknorpel**
 - **Schildknorpel**
 - **Stellknorpel = Aryknorpel**
 - **Kehldeckel**

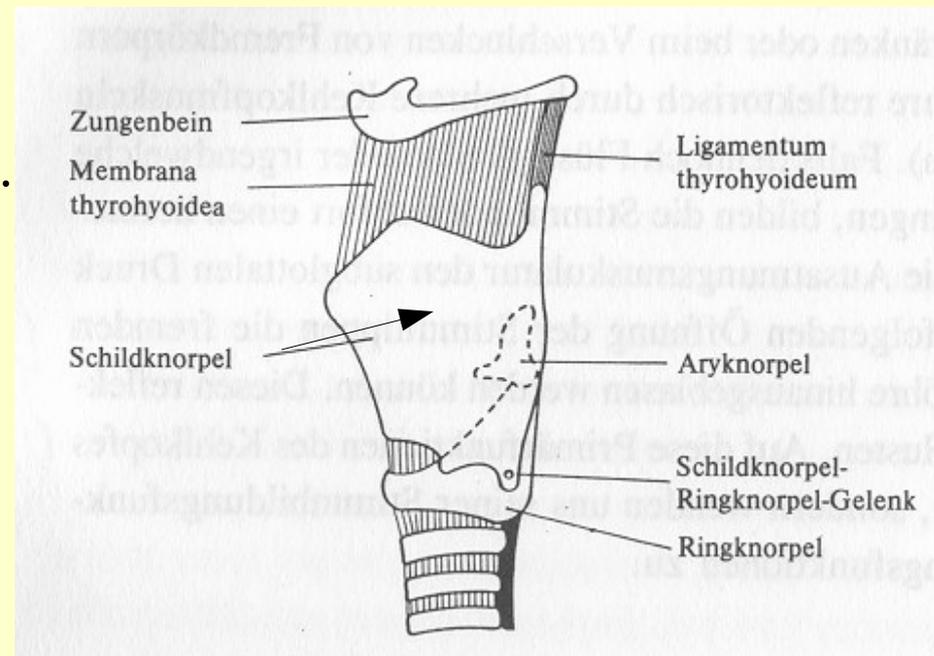
Ringknorpel

- Der Ringknorpel ist der Basisknorpel des Kehlkopfes, der gleichzeitig die obere Begrenzung der Luftröhre darstellt. Er hat die Form eines Siegelringes, dessen breite Fläche nach hinten gerichtet ist.



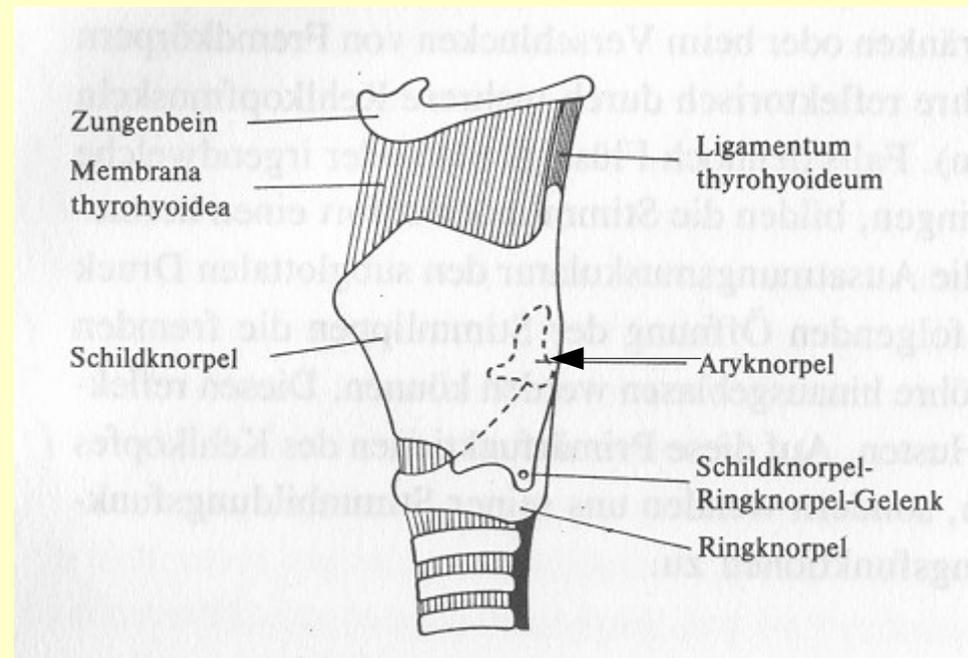
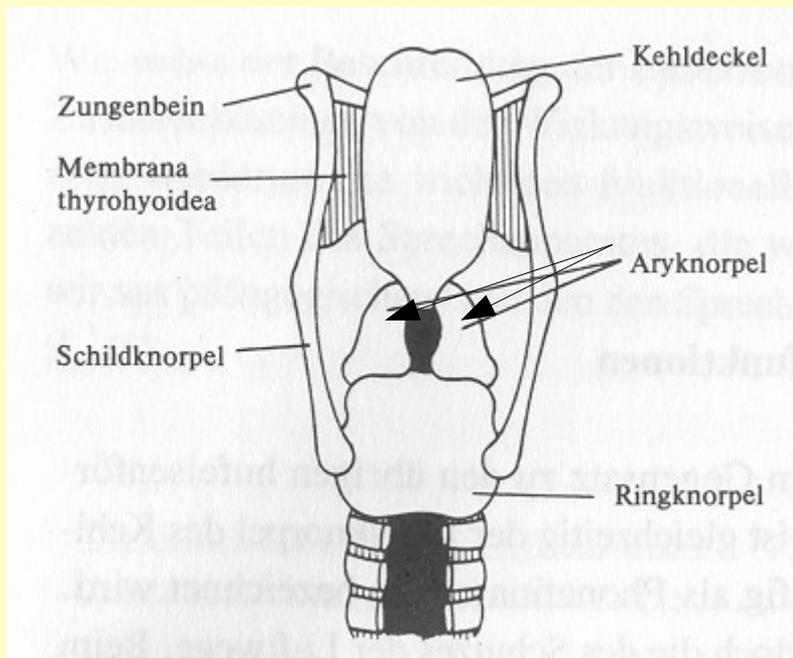
Schildknorpel

- Der Schildknorpel liegt oberhalb des Ringknorpels. Er besteht aus zwei annähernd viereckigen Platten, die vorne zusammengewachsen sind. Die hinteren Ecken haben je einen Fortsatz nach unten und nach oben, die Hörner genannt werden. Sie verbinden den Schildknorpel mit den Ringknorpel und mit dem Zungenbein.
- Die beiden vorne zusammengewachsenen Platten des Schildknorpels stehen beim Mann in einem Winkel von etwa 90 Grad, bei der Frau in einem Winkel von etwa 120 Grad zueinander. Seine vordere Spitze wird als „Adamsapfel“ bezeichnet.



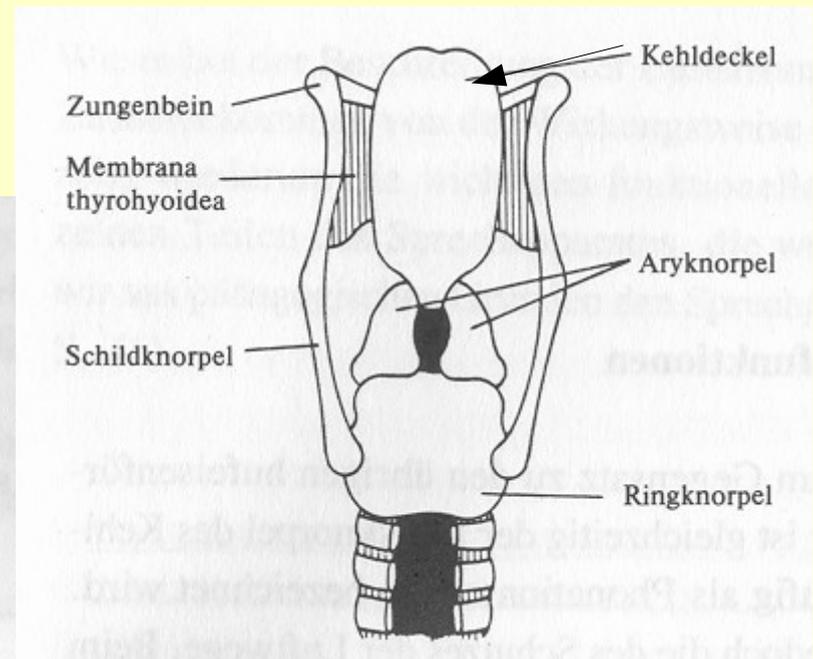
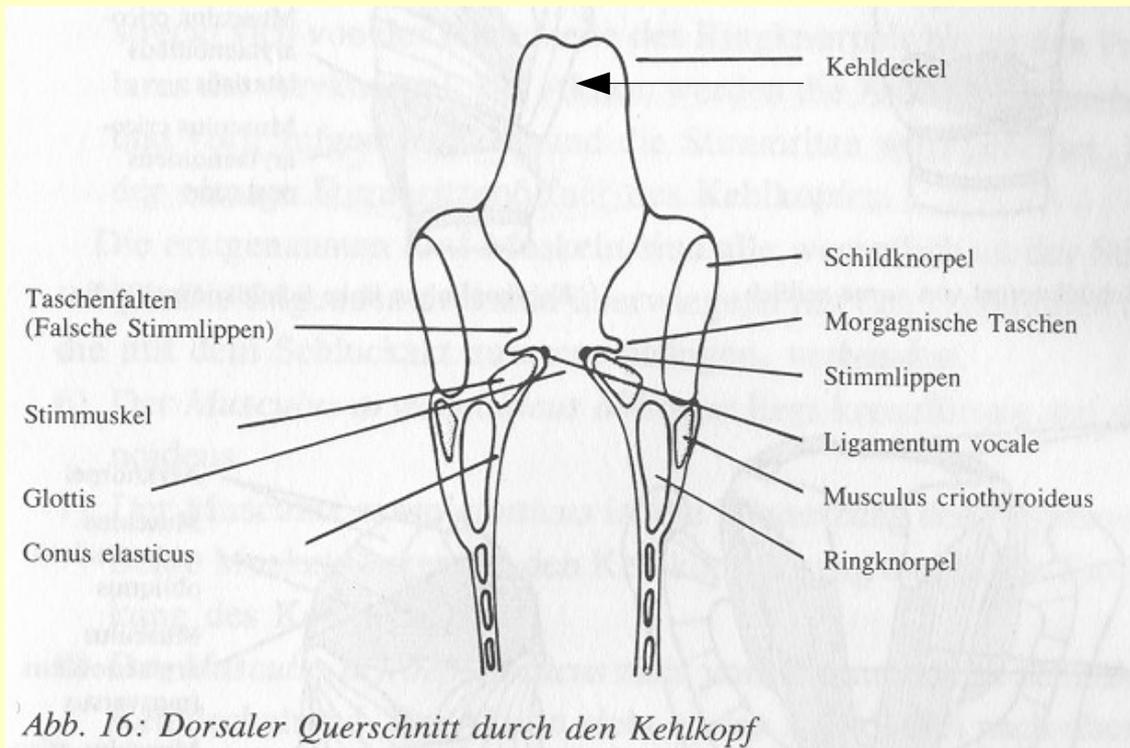
Stellknorpel = Aryknorpel

- Auf dem breiten hinteren Teil des Ringknorpels befinden sich diese zwei pyramidenförmige kleine Knorpel.



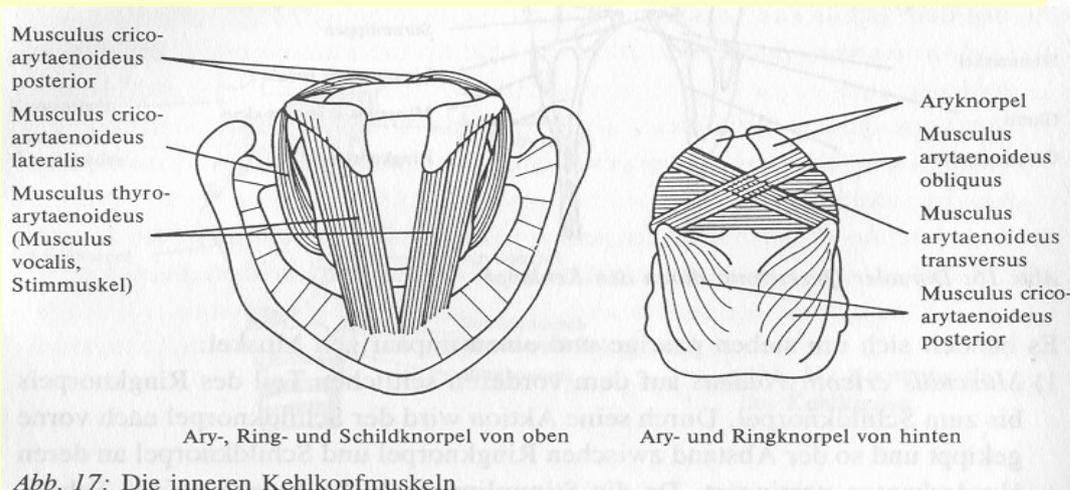
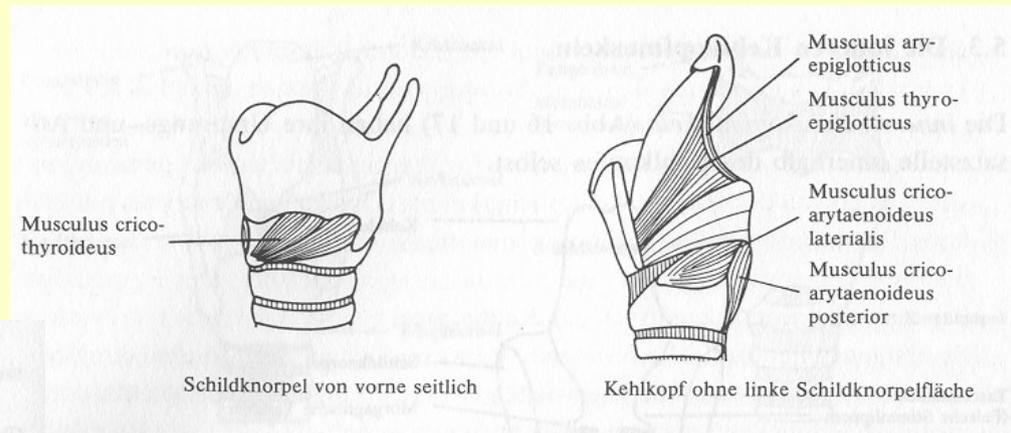
Kehldeckel

- Der Kehldeckel ragt aus der vorderen Spalte des Schildknorpels heraus. Beim Schluckakt schließt er den Zugang zur Luftföhre, sodass die Nahrung in die Speiseröhre geleitet wird.



Die inneren Kehlkopfmuskeln

- Es handelt sich um sieben paarige und einen unpaarigen Muskel:
 - Davon fünf sind wesentlich an der Stimmbildung beteiligt (hier nur diese aufgeführt).
 - Die anderen hängen überwiegend mit der primären Funktion des Kehlkopfes (Schlucken) zusammen.



Die inneren Kehlkopfmuskeln

- 1. Musculus cricothyroideus: auf dem vorderen seitlichen Teil des Ringknorpels bis zum Schildknorpel. Durch seine Bewegung können die Stimmlippen gespannt werden, und damit steigt im Falle der Phonation die Frequenz der Stimmlippenschwingungen.
- 2. Musculus thyroarytaenoideus = Musculus vocalis: ist der in den Stimmlippen liegende Muskel, dessen Aufgabe ist, die Spannungs- und Massenverhalten der Stimmlippen zu verändern. Auch dies beeinflusst wesentlich die schwingungsfrequenz der Stimmlippen.
- 3. Musculus cricoarytaenoideus lateralis: zieht vom vorderen Seitenteil des Ringknorpels bis zur hinteren Spitze jedes Aryknorpels. Bei Aktion schließt er mit Hilfe der Einwärtsdrehung der Aryknorpel den muskulösen Teil der Glottis.

Die inneren Kehlkopfmuskeln

- 4. Musculus arytaenoideus transversus = Interarytaenoideus: liegt zwischen den beiden Aryknorpeln auf deren Rückseite. Er ist der einzige unpaarige innere Kehlkopfmuskel. Bei Aktion schließt er durch Zusammenziehen der Aryknorpel den knorpeligen Teil der Stimmritze, das so genannte Flösterdreieck.
- 5. Musculus cricoarytaenoideus posterior = Posticus: erstreckt sich von der Hinterseite des Ringknorpels bis zu den hinteren Spitzen der Aryknorpel. Der Stimmritzeöffner des Kehlkopfes: Bei Aktion werden die Aryknorpel nach hinten gezogen und vorn aufgeschwenkt, und die Stimmritze wird geöffnet.

Die äußeren Kehlkopfmuskeln

- Als äußere Kehlkopfmuskeln werden diejenigen Muskeln bezeichnet, die am Kehlkopf ansetzen, jedoch ihre Ursprungsstelle außerhalb des Kehlkopfes haben.
- Sie sind mit den Schildknorpel verbunden und können bei Aktion die Spannung der Stimmlippen beeinflussen oder den Kehlkopf nach oben ziehen.

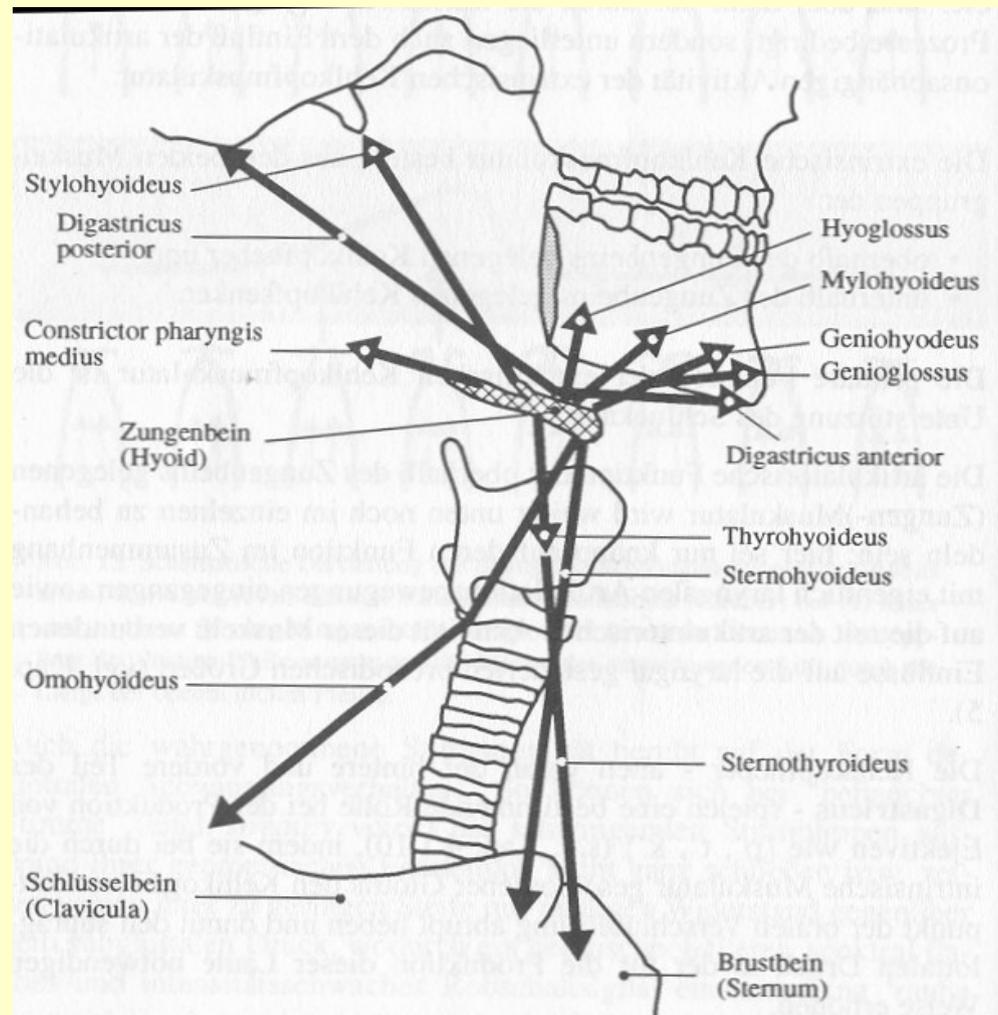
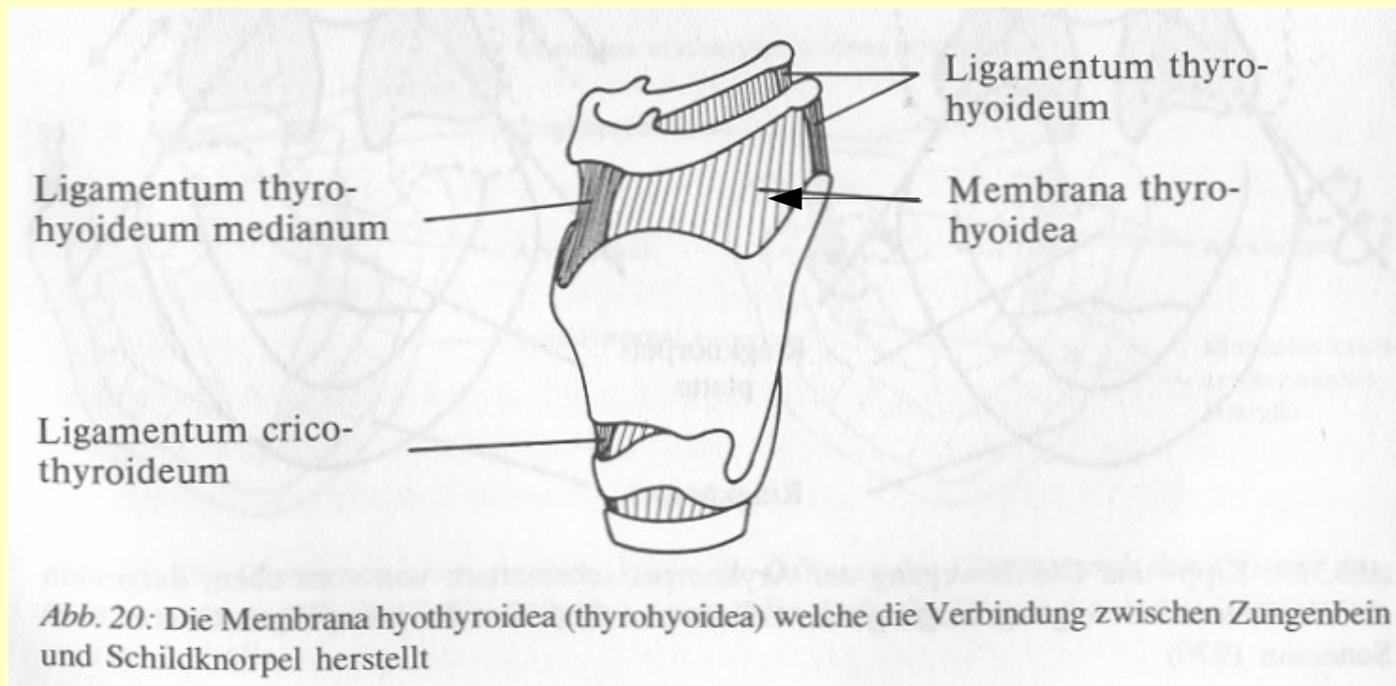


Abb. 16: Schematische Darstellung der extrinsischen Kehlkopfmuskeln und ihrer Zugrichtung (bezogen auf das nicht fixierte Zungenbein; bei Fixierung der entsprechenden Strukturen agieren diese als Kehlkopfheber bzw. -senker).

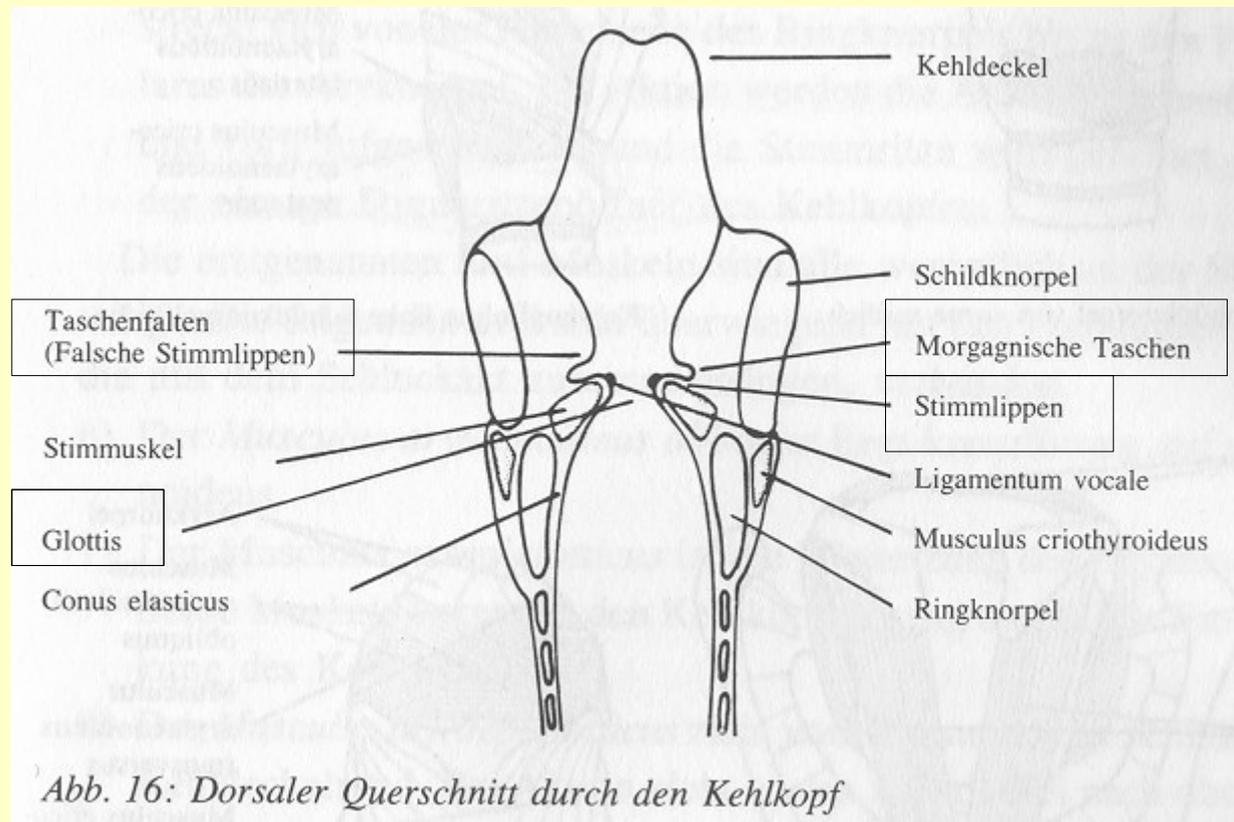
Die Verbindung zwischen Kehlkopf und Zungenbein

- Es gibt zahlreiche Haftbänder und Membranen im Kehlkopf.
- Membrana hyothyroidea: verbindet den unteren Rand des Zungenbeins mit dem oberen Rand des Schildknorpels. Das hat zur Folge, dass jede Zungenbewegung sich auf den Kehlkopf und somit auch auf die Stimmlippen auswirkt.



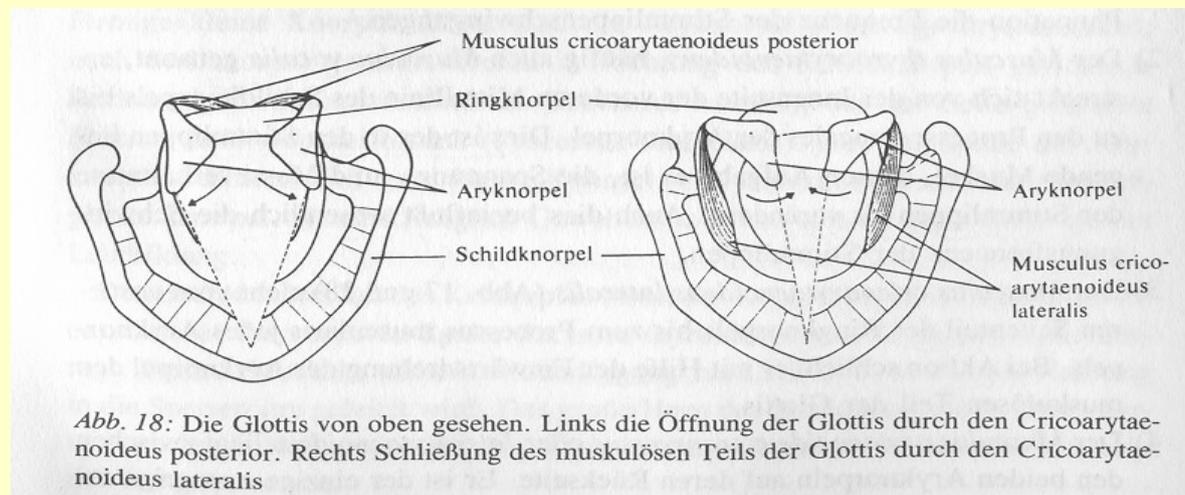
Das Innere des Kehlkopfes

- Der ganze Kehlkopf ist mit Schleimhaut ausgekleidet. Diese bildet eine Verengung zwischen der Mitte des Schildknorpels und den hinteren Spitzen der Aryknorpel. Diese Verengung der Luftröhre heißt Conus elasticus. Dessen obere Ränder sind die **Stimmlippen**.



Das Innere des Kehlkopfes

- Die **Stimmlippen** bestehen aus
 - dem **Stimmband** (Ligamentum vocale) und
 - dem darunterliegenden **Stimm-Muskel** (Musculus vocalis)
- Die Öffnung zwischen den Stimmlippen heißt **Stimmritze = Glottis**.
- Oberhalb der Stimmlippen befinden sich auf jeder Seite kleine Einbuchtungen, die **morgagnischen Taschen** genannt werden. Dort befinden sich Drüsen, die die Stimmlippen feucht halten.
- Darüber befindet sich je eine Falte, die **Taschenbänder** oder falsche Stimmlippen genannt werden.



Der Phonationsvorgang

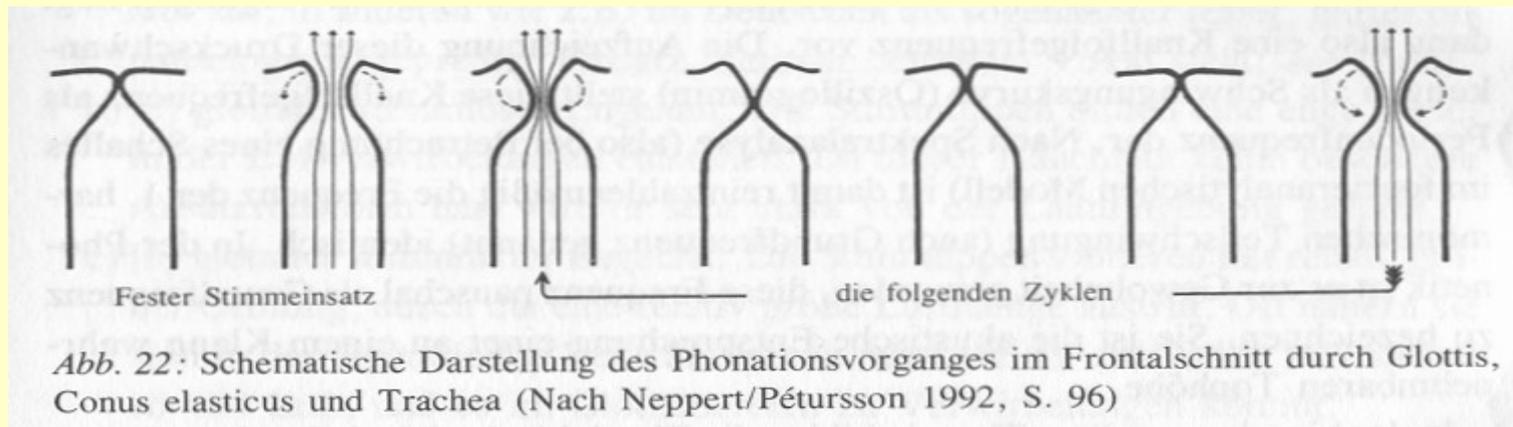
- Der Kehlkopf wird in der Phonetik als das Phonationsorgan betrachtet, obwohl die **Phonation (Stimmerzeugung)** nur eine Sekundärfunktion des Kehlkopfes ist.
- Um die Phonation zu ermöglichen, müssen die Stimmlippen die Stimmritze schließen oder so weit einengen, dass der Luftdruck unterhalb der Glottis (**subglottal**) im Falle der Verengung geringfügig, im Falle des Verschlusses deutlich steigt. In der enger werdenden Düse, zwischen den Stimmlippen und auch darunter, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit der ausströmenden Luft zu, wodurch in der Düse ein Unterdruck entsteht. Dieser relative Unterdruck in der Glottis ist es, der im Wesentlichen die zum Verschluss führende Kraft zur Verfügung stellt, und diese Kraftwirkung wird in der Phonetik oft als Sogeffekt oder Bernoulli-Effekt bezeichnet.

Der Phonationsvorgang

- Die schwingungsähnlichen Öffnungs- und Verschlussvorgänge der Glottis beginnen mit einem solchen durch Unterdruck verursachten Verschluss, wenn die Ausatemungsströmung beim Zusammenführen der Stimmlippen schon stark genug ist. Beginnt die Ausatemungsfunktion erst nach dem vollzogenen Zusammenführen, so muss zunächst der subglottale Druck so weit ansteigen, dass die Stimmritze von unten her gesprengt wird. Hat sich danach in der Stimmritzendüse die Strömung hinreichend beschleunigt, führt der relative Unterdruck (Bernoulli-Effekt) wieder zum Verschluss.
- Im oberen Bereich der Glottis werden vor allem das Stimmband und der mit einer gewissen Vorspannung versehene Stimm-Muskel bei der Versprengung gedehnt, was zu einer Erhöhung der vorhandenen Gewebespannung führt. Die daraus resultierenden Rückstellkräfte unterstützen in diesem Bereich der Glottis den Verschlussvorgang.

Der Phonationsvorgang

- Die sich wiederholende Bewegung kann mit einer freien Schwingung verglichen werden.
- Im Ablauf dieser Zyklen entstehen in der Glottis und unmittelbar über der Glottis **impulsartige Druckschwankungen**. Diese Impulse können in Vereinfachung als periodisch auftretende einzelne Knälle aufgefasst werden, die jedoch wegen ihres kurzzeitigen Abstandes nicht separat, sondern in einer andauernden Folge als **Stimmklang** wahrgenommen werden.
- Die Aufzeichnung dieser Druckschwankungen als Schwingungskurve (Oszillogramm) stellt diese Knallfolgefrequenz als Periodenfrequenz dar. Diese Frequenz ist mit der Grundfrequenz identisch. Die Grundfrequenz ist die akustische Entsprechung einer an einem Klang wahrnehmbaren Tonhöhe.

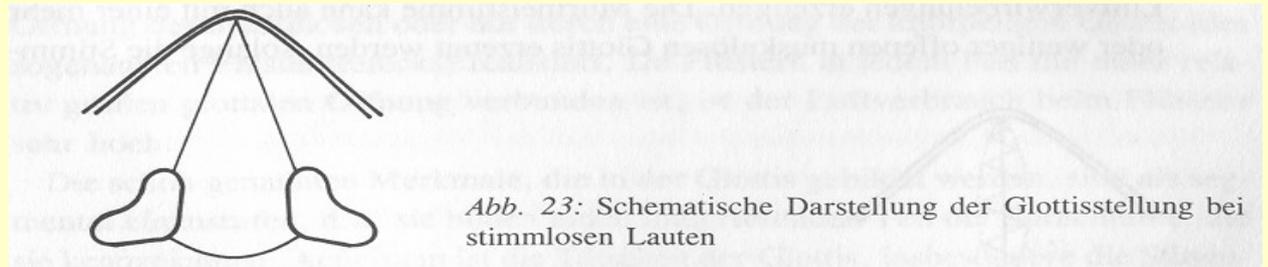


Im Kehlkopf gebildete Laute

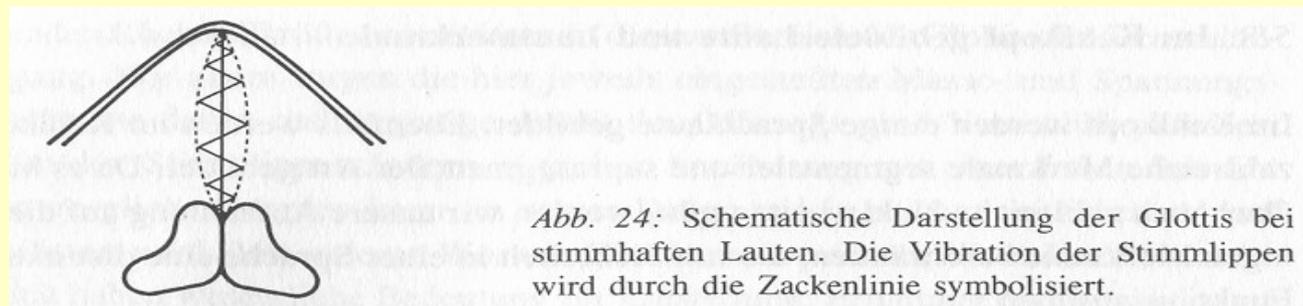
- Im Kehlkopf werden einige Sprachlaute, außerdem zahlreiche Merkmale segmentaler und suprasegmentaler Art gebildet.
- 1. [ʔ] Der **glottale Verschlusslaut**. Die Stimmlippen bilden einen festen Verschluss, der durch erhöhten subglottalen Druck gesprengt wird.
 - In einigen Sprachen tritt der glottale Verschlusslaut als selbstständiger Sprachlaut auf.
 - Im Deutschen wird als harter Einsatz vor Vokalen in Silbenanlaut eingesetzt.
- 2. [h]: **glottaler stimmloser Engelaut**. Die Stimmlippen bilden eine enge Düse, in der Luftverwirbelungen entstehen. Da dieser Hauchlaut keine besondere Ansatzrohrform hat, wird er sehr stark von der Lautumgebung gefärbt.
- 3. [ɦ]: **glottaler stimmhafter Engelaut**. Die Stimmlippen vibrieren mit relativ großer Öffnung, durch die eine relativ große Luftmenge austritt, so dass es im Glottisbereich zu Verwirbelungen kommt.

Lautmerkmale, die auf Glottisaktivität beruhen

- 1. **Stimmlosigkeit:** Die Glottis bildet eine dreieckige Öffnung wie bei der Expiration. Sowohl der muskulöse Teil als auch der knorpelige Teil der Glottis sind offen. z.B.: [p f h ɳ ɖ]

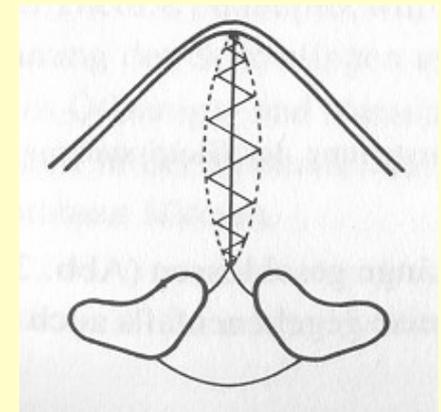
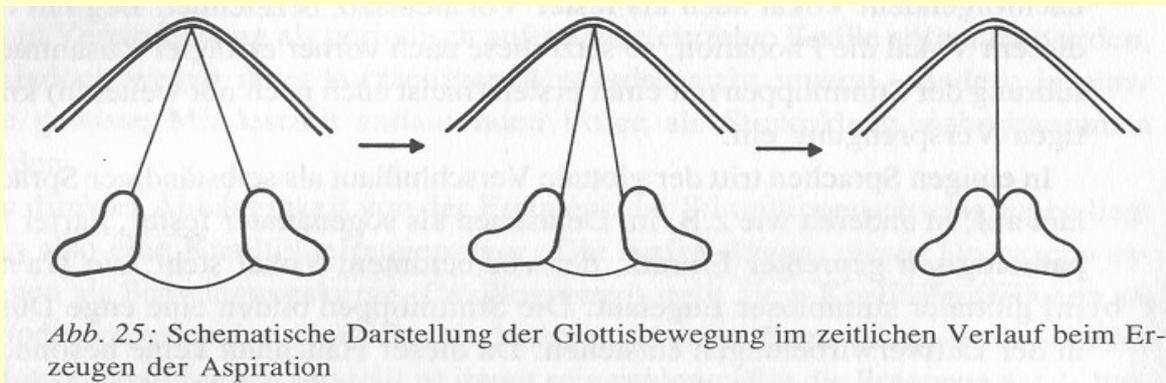


- 2. **Stimmhaftigkeit:** Die Glottis ist in ihrer ganzen Länge geschlossen. Sowohl der muskulöse Teil als auch der knorpelige Teil vibrieren. z.B.: [b v z l a]



Lautmerkmale, die auf Glottisaktivität beruhen

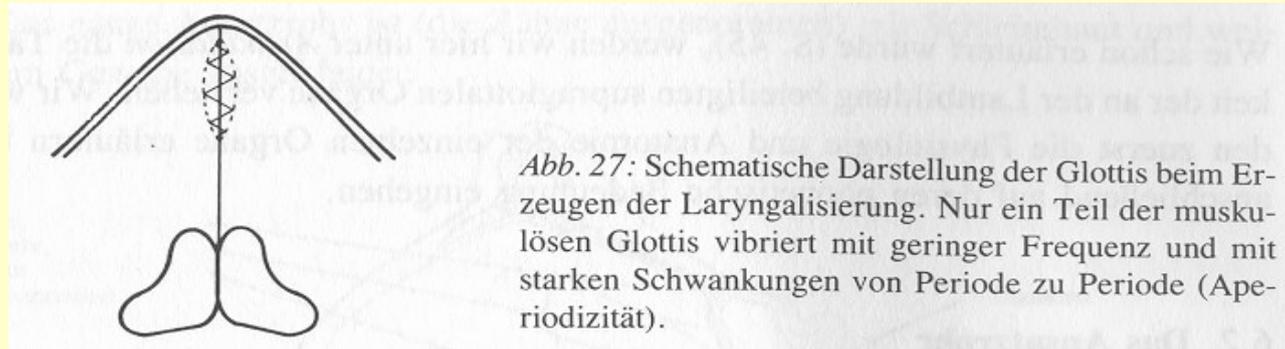
- 3. **Aspiration**: Die Glottis ist offen wie bei der Stimmlosigkeit, bewegt sich aber, sodass die Stimmritze langsam geschlossen wird. Während der Schließbewegung ist ein Hauchlaut hörbar. Im Deutschen werden die stimmlosen Verschlusslaute aspiriert. [p^h t^h k^h]



- 4. **Murmeln, Murmelstimme** oder **behauchte Stimme**: [rechtes Bild] Der muskulöse Teil der Glottis vibriert, aber der knorpelige Teil der Glottis bleibt offen, sodass eine große Luftmenge entweicht. Die relativ große entweichende Luftmenge kann Luftverwirbelungen erzeugen. z.B.: [b̥ ḁ]

Lautmerkmale, die auf Glottisaktivität beruhen

- 5. **Laryngalisierung** = creaky voice = vocal fry: Der knorpelige Teil der Glottis ist fest geschlossen, aber ein Teil der muskulösen Glottis ist offen und vibriert mit geringer Amplitude. z.B.: [b̥ ḁ]



- 6. **Glottalisierung**: ein glottaler Verschluss wird unmittelbar nach dem Lösen eines oralen Verschlusses gelöst. z.B.: [p̚]

Lautmerkmale, die auf Glottisaktivität beruhen

- **Flüstern:** Beim Flüstern ist die Glottisöffnung für die Laute, die im normalen Sprechen stimmhaft sind, etwas geringer als für die stimmlosen. Das Rauschen beim Flüstern primär stimmhafter Laute wird entweder durch eine Öffnung der muskulösen oder nur durch eine Öffnung der knorpeligen Glottis (des so genannten **Flüsterdreiecks**) realisiert. Da Flüstern in jedem Fall mit einer relativ großen glottalen Öffnung verbunden ist, ist der Luftverbrauch beim Flüstern sehr hoch.

Typen der Lautmerkmale:

- Die schon genannten Merkmale sind als **segmental** einzustufen, d. h. sie bilden einen integrierenden Teil der Sprachlaute, die sie kennzeichnen.
- Außerdem ist die Tätigkeit der Glottis, insbesondere die Stimmlippenvibration, entscheidend für zahlreiche **suprasegmentale** Elemente, darunter besonders für die Intonation, für die Betonung (Akzent) und für den Ton als sprachliche Kategorie in Tonsprachen.
 - **suprasegmentale Elemente = Suprasegmentalia:** Elemente der Sprache, deren Geltungsbereich größer als das Einzelsegment (~ hier: Laut) ist.

IPA = Internationales Phonetisches Alphabet

KONSONANTEN (PULMONAL)

ARTIKULIERENDES ORGAN	labial		apikal/laminal					dorsal (uvular)			glottal	
	bilabial	labio-dental	dental	alveolar	post-alveolar	retroflex	palatal	velar	uvular	pharyn-gal	glottal	
ARTIKULATIONS-MODUS	stl.	sth.										
plosiv	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ	
nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ			
gerollt	ʙ			ɾ					ʀ			
geschlagen				ɽ		ɽ						
frikativ	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ	
lateral-frikativ				ɬ ɮ								
approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ				
lateral-approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ				

schraffierte Flächen kennzeichnen unmögliche Artikulationen

IPA

DIAKRITIKA

◌	stimmlos	ŋ ɖ	◌	gerundeter	ɔ̹	^w	labialisiert	t ^w d ^w	◌̃	nasaliert	ẽ
◌̥	stimmhaft	s̥ t̥	◌̥	weniger gerundet	ɔ̥	j	palatalisiert	t ^j d ^j	◌ ⁿ	nasale Lösung	d ⁿ
◌ ^h	aspiriert	t ^h d ^h	◌ ⁺	vorverlagert	ɥ ⁺	Y	velarisiert	t ^Y d ^Y	◌ ^l	laterale Lösung	d ^l
◌̤	behaucht	b̤ a̤	◌ ⁻	rückverlagert	ɨ ⁻	ɣ	pharyngalisiert	t ^ɣ d ^ɣ	◌ ^ʔ	ungelöst	d ^ʔ
◌̌	laryngalisiert	b̌ ǎ	◌̌	zentralisiert	ẽ̌	◌̌	velarisiert od. pharyngalisiert	ɟ̌			
◌̥	linguolabial	t̥̥ d̥̥	◌ ^x	mittel-zentralisiert	ẽ̥ ^x	◌ ^ɹ	erhöht	e̥ ^ɹ ɹ̥ ^ɹ (ɹ̥ ^ɹ = sth. alveolarer Frikativ)			
◌̥	dental	t̥̥̣ d̥̥̣	◌ ⁻	vorverlagerte Zungenwurzel	e̥ ⁻	◌ ^ɻ	erniedrigt	e̥ ^ɻ β̥ ^ɻ (β̥ ^ɻ = sth. bilabialer Approximant)			
◌̥	apikal	t̥̥̣̣̣ d̥̥̣̣̣	◌ ⁻	rückverlagerte Zungenwurzel	e̥ ⁻						
◌̥	laminal	t̥̥̣̣̣̣ d̥̥̣̣̣̣	◌̃	rhotaziert	ɻ̃	◌̣	silbisch	ɹ̣	◌̣	nichtsilbisch	ẹ

WEITERE SYMBOLE

ɱ	stl. velar-labialer Frikativ	ʃ ʒ	alveolo-palatale Frikative
ʋ	sth. labial-velarer Approximant	ɹ̥	alveolarer lateraler Schlag
ɥ	sth. labial-palataler Approximant	ɥ	gleichzeitig ɟ und ɣ
ħ	stl. epiglottaler Frikativ	Doppelartikulationen und Affrikaten können durch Klammerung gekennzeichnet werden:	
ʕ	stl. epiglottaler Frikativ		
ʡ	epiglottaler Plosiv		

k̠p̠ t̠s̠