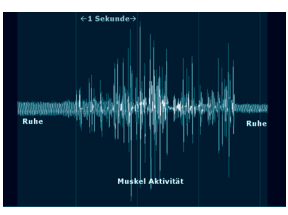
DYSPHAGIEFORUM

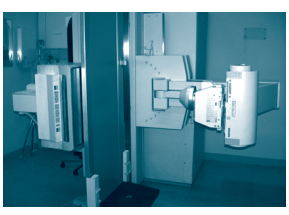
Sönke Stanschus (Hrsg.)

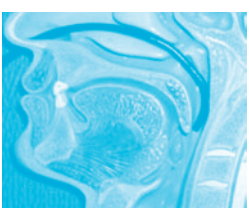
Simone Seidel / Sönke Stanschus (Hrsg.)

Dysphagie – Diagnostik und Therapie

Ein Kompendium







Das Gesundheitsforum

Schulz-Kirchner Verlag

Simone Seidel / Sönke Stanschus (Hrsg.)

Dysphagie – Diagnostik und Therapie

Ein Kompendium

Reihe **DYSPHAGIE**FORUM
herausgegeben von Sönke Stanschus

Band 3

Simone Seidel / Sönke Stanschus (Hrsg.)

Dysphagie – Diagnostik und Therapie

Ein Kompendium

Das Gesundheitsforum

Schulz-Kirchner Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Die Informationen in diesem Werk sind von den Verfassern, Verfasserinnen und dem Verlag sorgfältig erwogen und geprüft, dennoch kann eine Garantie nicht übernommen werden. Eine Haftung der Verfasser, der Verfasserinnen bzw. des Verlages und seiner Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Besuchen Sie uns im Internet: www.schulz-kirchner.de

1. Auflage 2009
E-Book ISBN 978-3-8248-0816-8
Alle Rechte vorbehalten
© Schulz-Kirchner Verlag GmbH, 2009
Mollweg 2, D-65510 Idstein
Vertretungsberechtigter Geschäftsführer: Dr. Ullrich Schulz-Kirchner
Fachlektorat: Prof. Dr. Claudia Iven
Lektorat: Doris Zimmermann
Layout: Petra Jeck
Druck und Bindung: Rosch-Buch Druckerei GmbH, Bamberger Str. 15, 96107 Scheßlitz
Printed in Germany

Auch als Buch erhältlich unter der ISBN 978-3-8248-0293-7

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers der Reihe DysphagieForum 11
Vorwort der Herausgeber 13

1 *Christiane Borr:*
Aspekte der Anatomie, Physiologie und Neurologie des Schluckaktes 15
Einleitung 15
Anatomie schluckrelevanter Strukturen 16
Die Phasen des Schluckvorgangs 25
Neuroanatomie des Schluckaktes 29
Zentralnervöse Steuerung des Schluckens 31
Literatur 34

2 *Nancy Voigt:*
Klinische Schluckuntersuchung 37
Einleitung 37
Klinische Schluckuntersuchung 37
Anamnese (Krankengeschichte) 40
Überprüfung der motorischen und sensiblen Funktionen der am Schluckvorgang beteiligten Organe 45
Schluckversuch 48
Patienten mit Trachealkanüle 53
Zusammenfassung 55
Literatur 56
Anhang 61

3 *Anne Awounou / Sönke Stanschus:*
Untersuchung des Schluckaktes mittels Videofluoroskopie (VFS) 65
Einleitung 65
Methodik 66
Physiologische Dysfunktionen und Dysphagie-Symptome in der videofluoroskopischen Schluckuntersuchung oropharyngealer Dysphagien 68
Orale Phase 68
Schluckreflextriggerung 69
Pharyngeale Phase 69
Penetration 70
Aspiration 71

Oberer Ösophagussphinkter 73
Durchführung einer videofluoroskopischen Schluckuntersuchung 73
Equipment 75
Auswahl der Kontrastmittel 76
Zubereitung der Konsistenzen 76
Nasogastralsonden 77
Positionierung des Patienten 77
Wahl des Bildausschnitts und erste radiographische Beobachtungen 79
Standard-Untersuchungsprotokoll 79
Untersuchung im lateralen Strahlengang 80
Untersuchung im anterior-posterioren Strahlengang 83
Probatorische Behandlung unter Durchleuchtung 83
Ende der Untersuchung 84
Untersuchung der ösophagealen Funktionen 85
Analyse, Interpretation und Berichterstattung 85
Validierte Analyse-Verfahren 89
Sprachtherapeutischer Aufgabenteil und Multidisziplinarität 90
Ausbildung und Qualifikation 91
Reliabilität 91
Nachteile und Grenzen der Videofluoroskopie 92
Strahlenexposition 92
Strahlenschutzmaßnahmen für den Patienten und Untersucher 93
Geringe Durchleuchtungszeit 94
Lungentoxische Wirkung einiger Kontrastmittel 94
Ökonomie 94
Nachteile und Grenzen der VFS 95
VFS vs. FEES – Die Diskussion um den „Goldstandard“ 96
Möglichkeiten und Nutzen der VFS in Dysphagiemanagement und Forschung 99
Zusammenfassung 102
Literatur 102

4 *Petra Pluschinski / Marcel Blonder:*
Die fiberendoskopische Evaluation des Schluckens (FEES) 111
Einführung 111
Verwendung eines flexiblen Endoskops zur Beurteilung des Schluckaktes 112

Endoskopische Ausstattung 114
Durchführung der Untersuchung 114
Literatur 126

5 ***Angelika Kartmann:***
Funktionelle Therapieverfahren bei oropharyngealen Dysphagien 129
Einleitung 129
Interdisziplinäres Dysphagiemanagement 130
Der individuelle Therapieplan 131
Wirksamkeit von Schlucktherapie 132
Schaffung von Therapievoraussetzungen 134
Rehabilitative Therapieverfahren 136
Rehabilitative Therapie bei Störungen der oralen Vorbereitungs- und Transportphase 140
Rehabilitation oder Kompensation? Die Stimulation des Schluckreflexes 143
Rehabilitative Therapie bei Störung von Einzelfunktionen der pharyngealen Phase 146
Kompensatorische Therapieverfahren 159
Therapieintensität und Übungsfrequenz 167
Zusammenfassung 168
Literatur 168

6 ***Anja Block:***
Funktionelle Dysphagietherapie bei Krebserkrankungen im Kopf-Hals-Bereich 177
Einleitung 177
Pathologie 179
Diagnostische Verfahren in der Tumorerkennung 180
Kausale Faktoren der Dysphagie bei Kopf-Hals-Tumoren 180
Voraussetzungen für die Rehabilitation der Schluckstörungen nach operativem Eingriff 182
Klinische Schluckdiagnostik 183
Bildgebende Schluckdiagnostik durch radiologische und endoskopische Verfahren 183
Logopädische Therapie bei Schluckstörungen nach Behandlung von Kopf-Hals-Tumoren 184
Ernährungstherapie bei Kopf- Hals-Tumoren 193
Literatur 195

7 ***Hans Bogaardt:***
Einsatz von Oberflächen-EMG als Biofeedback in der Behandlung pharyngealer Schluckstörungen 199
Einleitung 199
Biofeedback 200
Literatur 214

8 ***Ursula Winklmaier:***
Dysphagien bei Patienten mit Trachealkanülen 217
Einleitung 217
Tracheo(s)tomie 218
Trachealkanülen 221
Auswirkungen von Kanülen auf Patienten 228
Dysphagie bzw. Tracheostomie und Lebensqualität 230
Ernährungssituation bei tracheostomierten Patienten 231
Dichtheitsverhalten blockbarer Trachealkanülen 233
Klinische Dysphagiediagnostik bei Kanülenpatienten 235
Therapeutischer Umgang mit tracheotomierten Patienten 238
Entblockung und Dekanülierung 241
Trachealkanülenwechsel in der Theorie 241
Rechtliche Situation im Umgang mit tracheostomierten Patienten 243
Zusammenfassung 244
Literatur 245

9 ***Annette Hartwanger / Sönke Stanschus:***
Pflegerische Aspekte im Management von neurogenen Dysphagien 253
Einleitung 253
Bedeutung des Schluckvermögens 253
Epidemiologie 254
Erkennung von Schluckstörungen bei akuten Schlaganfallpatienten 254
Erkennung von Schluckstörungen bei Patienten mit anderen neurologischen Erkrankungen 262
Management von Schluckstörungen 263
Folgen der Dysphagie 265
Problematik Andicken 272
Zusammenfassung 273
Literatur 273

10 ***Sandra Schuck:***
Ambulantes Dysphagiemanagement 279
Vorbemerkung 279
Übernahme des Klienten in die Praxis 281
Erstkontakt mit dem Klienten 283
Dysphagiediagnostik in der Praxis 285
Ambulantes Dysphagiemanagement bei geriatrischen Klienten 291
Ambulante Versorgung von Tracheostoma-Patienten 293
Diätetische Maßnahmen 296
Hausbesuchsituation 299
Zusammenfassung 301
Literatur 301
Anhang 303

11 ***Michaela Heintze & Felicitas Koch:***
Beratung bei Schluckstörungen 305
Einleitung 305
Entstehung der MÜSS 305
Finanzierung der MÜSS 306
Erfahrungen mit der MÜSS 306
Zusammenfassung 312
Ausblick 313
Dank 313
Literatur 314

12 ***Edith Wagner-Sonntag:***
Dysphagie und Lebensqualität 315
Einleitung 315
Spezielle Probleme der Dysphagie 315
Lebensqualität und ihre Messbarkeit 318
SWAL-QOL und SWAL-CARE 320
Zusammenfassung 320
Literatur 321
Weitere Literaturempfehlungen 323

Die Autorinnen und Autoren 324

Vorwort des Herausgebers der Reihe **DYSPHAGIE**FORUM

Ziel der Reihe DysphagieForum ist, Meinungen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Klinischen Dysphagiologie, die maßgeblich oder stellvertretend für zentrale Entwicklungen oder für Denkansätze in der internationalen Diskussion sind oder sein könnten, in deutscher Sprache auszudrücken und vorzustellen. Die bisherigen Bände 1 und 2 basierten insofern auf Vorträgen der Tagung Karlsbader Dysphagie Forum.

Mit diesem Band wird das Konzept der Reihe DysphagieForum weiterentwickelt, um so die Philosophie eines „Forums“, eines Marktplatzes, eines Gedankenangebotes ausdrucksvoller zu konturieren. Dabei sollen zum einen praktisch tätige Dysphagiologen Gelegenheit erhalten, mit Fachabhandlungen einen Beitrag zur öffentlichen Diskussion zu leisten. Zum anderen sollen mehr klinisch-praktisch tätige Experten im deutschsprachigen Bereich ermutigt werden, sich über das normale Fort- und Weiterbildungsgeschehen hinaus auch als Autoren von Fachtexten an der Erweiterung des deutschsprachigen Diskussionsspektrums zu beteiligen.

Sönke Stanschus

Vorwort der Herausgeber

Die Optimierung eines interdisziplinären klinischen und ambulanten Dysphagiemanagements hat in den vergangenen Jahren, geleitet durch aktuelle gesundheitspolitische Forderungen, immer mehr an Bedeutung gewonnen. Für die Betroffenen bedeutet die Diagnose Dysphagie eine massive Beeinträchtigung ihrer Lebensqualität verbunden mit einem hohen Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko. Im klinischen Setting gilt es ebenso wie im ambulant-rehabilitativen Sektor durch optimierte Handlungsstrategien evidenzbasiert tätig zu werden, um die Patienten bestmöglich zu rehabilitieren.

Das vorliegende Kompendium ist aus der Idee entstanden, erfahrenen Dysphagietherapeuten aus Klinik und Praxis ein Forum zu bieten. Der Leser hält ein Werk in der Hand, in dessen Kapiteln sich Wissen zu evidenzbasiertem Dysphagiemanagement mit alltagsrelevantem Expertenwissen vereint.

Die Autoren haben versucht, dem Anspruch Genüge zu tragen, therapeutisches Handeln unter Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Publikationen zu thematisieren und kritisch zu beleuchten/diskutieren. Ausgewählte und aktuelle Referenzen aus der Fachliteratur sollen für den Leser eine Bereicherung seiner klinischen und rehabilitativen Praxis darstellen.

Getragen von dem Gedanken der Interdisziplinarität und der weitreichenden Dimension der Diagnose Dysphagie haben wir neben den klassischen Themen die Kapitel „Ambulantes Dysphagiemanagement“, „Pflegerische Aspekte im Management von neurogenen Dysphagien“ sowie „Dysphagie und Lebensqualität“ aufgenommen. Wir wünschen uns, auf diesem Weg die Diskussion unter Kollegen und Vertretern der deutschsprachigen Klinischen Dysphagiologie zu bereichern.

An dieser Stelle gilt unser Dank den Autoren, die teilweise über 5 Jahre an der Umsetzung des Werkes beteiligt waren und uns als Herausgebern ungebrochen die Treue gehalten haben. Dies war auch verbunden mit der lang währenden Bereitschaft, die Beiträge wiederholt zu aktualisieren und zu überarbeiten. Am Ende ist es der Autorenschaft gelungen, mit ihrem Wissen

und ihren besonderen Erfahrungen ihr Thema aktuell und fundiert darzustellen.

Im Weiteren danken wir Frau Zimmermann vom Schulz-Kirchner Verlag, die uns durch ihre zahlreichen Bemühungen und ein exzellentes Lektorat unterstützt hat, dieses Vielautorenwerk erfolgreich zu beenden.

Und nicht zuletzt gilt unser Dank unseren Familien, die uns geholfen haben, über diesen langen Zeitraum im kritischen und konstruktiven Dialog mit den Autoren zu bleiben und unser Ziel nicht aus den Augen zu verlieren.

Wir wünschen uns, dass dieses Werk für alle, die mit schluckgestörten Patienten arbeiten, ein hilfreicher Wegbegleiter werden kann und es den interdisziplinären Dialog auf medizinisch-therapeutisch und pflegerischer Ebene bereichert.

Für Kritik und Anregungen sind wir offen und dankbar.

Simone Seidel Sönke Stanschus

1 Aspekte der Anatomie, Physiologie und Neurologie des Schluckaktes

Christiane Borr

Einleitung

Schlucken ist ein nur teilweise bewusster bzw. teilweise willkürlich gesteuerter Vorgang, der Flüssigkeit und Nahrung von der Mundhöhle bis in den Magen transportiert. Geschluckt wird im Schlaf- und im Wachzustand. Es besteht keine Einigkeit über die Anzahl der Schlucke pro Tag. Logemann (1983) berichtet von 580 Schlucken, Garliner (1979) sogar von Mittelwerten von 2000 Schlucken pro Tag. Die Schluckfrequenz verändert sich in Abhängigkeit von der Aktivität der schluckrelevanten Strukturen. Sie ist am größten während des Essens und am geringsten beim Schlafen oder bei interessanten Parallelaktivitäten. Im Wachzustand außerhalb der Mahlzeiten schluckt man ungefähr einmal pro Minute (Dodds & Stewart, 1990). Alle 20 Sekunden wird geschluckt, wenn man ein Bonbon lutscht. Für eine kleine Mahlzeit benötigt man etwa 6 Minuten und 32 Schlucke (Martin et al., 1994). Während des Tiefschlafs hören Speicheln und Schlucken fast auf. Schluckkaskaden zeigen sich beim Einschlafen und beim Aufwachen (Dodds, 1989). Weil sich auf Kehlkopfebene des Menschen Luft- und Speiseweg kreuzen, wirken neben den neuromuskulären Transportaktivitäten Protektionsmechanismen für die Atemwege. Der Schluckakt betrifft die beiden Systeme Atmung und Verdauung. Damit dieser komplexe Vorgang ohne Probleme funktioniert, ist ein zeitlich und räumlich fein abgestimmtes Zusammenspiel von 24 Muskelgruppen notwendig. Gelegentliches Verschlucken ist dabei nichts Außergewöhnliches und nach kurzem, kräftigem Husten behoben. Um pathologische Veränderungen des Schluckens besser verstehen zu können, ist eine Beschreibung der anatomischen Strukturen, des physiologischen Zusammenspiels und der Innervation der am Schluckvorgang beteiligten Organe und Muskeln unerlässlich. Zu den relevanten anatomischen Strukturen zählen neben der Mundhöhle mit der Zunge, der Rachen, *Pharynx*, der Kehlkopf, *Larynx*, und der obere Speiseröhrensphinkter, *Ösophagussphinkter*. Nachfolgend werden diese Strukturen im Überblick dargestellt.

Anatomie schluckrelevanter Strukturen

Mundhöhle mit Zunge

Die Mundhöhle, *Cavitas oris*, im weiteren Sinne ist zu gliedern in (vgl. Abb. 1.1): die eigentliche Mundhöhle, die sich innerhalb der Zahnbögen befindet, und in den Vorhof, der außerhalb der Zahnbögen liegt. Der Vorhof der Mundhöhle wird vorn von den Lippen, mit der Mundspalte, seitlich von den Wangen und dorsal bzw. medial von den mit Zahnfleisch bedeckten Alveolarfortsätzen der Kiefer begrenzt, nämlich dem *Processus alveolaris* des Oberkiefers und der *Pars alveolaris* des Unterkiefers sowie den beiden Zahnbögen. Mit Ausnahme der Zähne ist die gesamte Mundhöhle mit Schleimhaut bedeckt. Sie enthält außerdem zahlreiche Drüsen (Lippert, 1996). Die Mundhöhle wird kranial durch den weichen Gaumen von der Nasenhöhle getrennt.

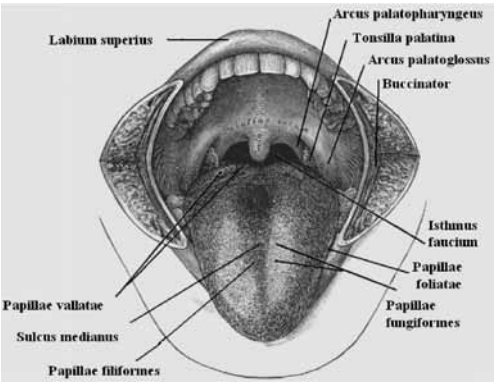


Abb. 1.1:
Mundhöhle aus Gray H (1918): Anatomy of the human body

Am Boden der Mundhöhle ist die Zunge befestigt. Die Zunge ist ein äußerst beweglicher und mit Schleimhaut bedeckter Muskel. Ihr Aufbau ist im menschlichen Körper einmalig. Die Zungenschleimhaut mit ihren Geschmacksknospen ist am Zungenrücken fest mit einer straffen Bindegewebsplatte, *Aponeurosis lingualis*, (Lippert, 1996) verbunden, unter der die Muskeln eingebettet liegen. Die Muskelfasern spannen sich in den drei Hauptdimensionen des Raumes: von vorn nach hinten, vom Rand zur Mitte, von oben nach unten. Die Eigenbeweglichkeit des Organs wird unterstützt von Muskeln, die von vorn (vom Unterkiefer), von hinten unten (vom Zungenbein) und von hinten oben (von der Schädelbasis) in die Zunge einstrahlen. Die Zunge ist aus einer inneren, intrinsischen, und aus einer äußeren, extrinsischen, Muskulatur aufgebaut, wobei die extrinsische die

Ortsbewegungen ermöglicht. Die intrinsische Muskulatur des Organs setzt sich aus vier Anteilen zusammen, die alle vom *N. hypoglossus* (XII) innerviert werden. Die Fasern des *M. longitudinalis inferior* verkürzen die Zunge und senken die Spitze ab. Die Fasern des *M. longitudinalis superior* verkürzen die oberen Zungenpartien und heben die Zungenspitze. Kurze Faserzüge des *M. verticalis linguae* flachen die Zunge ab. Kontraktionen der Fasern des *M. transversus linguae* verlängern und verschmälern die Zunge. Zu den Außenmuskeln zählt der *M. genioglossus*, der die Zunge nach vorn zieht. Der *M. hyoglossus* führt bei Kontraktion zur Retraktion und Absenkung der Zunge. Kontraktionen des *M. styloglossus* ziehen die Zunge nach hinten oben. Der *M. palatoglossus* im vorderen Gaumenbogen bewegt eher das Gaumensegel zur Zunge als die Zunge zum Gaumen. Analog zur intrinsischen Muskulatur werden alle extrinsischen Muskelpaare vom *N. hypoglossus* (XII) innerviert. Die Muskulatur der Zunge, des *Pharynx*, des *Larynx* und auch die Kaumuskulatur sind quer gestreift. Es handelt sich hauptsächlich um phasische fast-twitch (Typ II-) Fasern[1], die schnelle Bewegungen ermöglichen. Die Zunge ist als Muskel-, Sinnes- und Abwehrorgan ein sogenanntes Mehrzweckorgan. Im Hinblick auf den Schluckvorgang übernimmt sie folgende Funktionen: Sie macht es möglich, Flüssigkeiten anzusaugen, schiebt in ihrer Funktion als Mahlorgan im Wechselspiel mit der Wangenmuskulatur die Nahrung zwischen die Zahnreihen, als Schluckorgan befördert sie den Bolus in die Schlundenge und leitet damit den Schluckakt ein. Des Weiteren ist sie Geschmacksorgan, d.h., sie prüft die Nahrung. Die Zungenschleimhaut enthält daher Geschmacksrezeptoren.

Orofaziale Muskulatur

Durch das wohlkoordinierte Zusammenspiel von 24 Muskelgruppen und fünf Hirnnervenbahnen sind die Verarbeitung und der Transport jeglicher Nahrung und Flüssigkeit vom Mundraum in den Magen gewährleistet (vgl. Bartolome, 1999). Viele dieser Muskeln werden zur orofazialen Muskulatur gerechnet und sind an der Aufnahme und Aufbereitung des Bissens in der Mundhöhle beteiligt. Dazu zählen u.a.:

1 Typ II-Fasern oder auch fast-twitch Fasern sind in Muskeln enthalten, die rasche, kurze Bewegungen ausführen, z.B. bei dynamischen Kontraktionen. Dagegen sind für tonische Kontraktionen, wie sie bei lang anhaltenden, ausdauernden Bewegungen notwendig sind, Muskeln mit einem hohen Anteil für Typ I-Fasern oder auch slow-twitch Muskelfasern vorgesehen.

- Muskeln, die den Bissen oder die Flüssigkeit aufnehmen bzw. ansaugen und dabei die Mundhöhle abdichten,
- Muskeln für den Kauakt, Temporo-Mandibular-Gelenk (Kieferöffnungs- und -schlussmechanismen),
- Muskeln für die Boluspräparation und den Bolustransport.

Einen Überblick über die an der oralen Phase beteiligten gepaarten Muskeln mit ihrer Funktion beim Schlucken und ihrer Innervation geben Putz & Pabst (1993) und Denk & Bigenzahn (1999).

Pharynx

Die Mundhöhle geht in den Pharynx über (vgl. Abb. 1.2). Der Pharynx ist eine 12-14 cm lange, semicirculär nach hinten geschlossen aufgebaute Röhre. In ihm überkreuzen sich der Luft- und der Speiseweg.

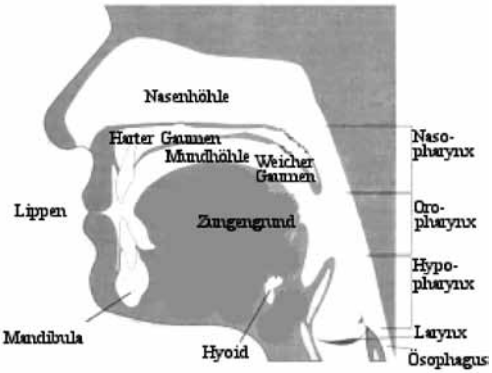


Abb. 1.2: Schluckrelevante Strukturen (lateral) aus Corbin-Lewis K, Liss JM, Sciortino KL (2005): Clinical anatomy & physiology of the swallow mechanism. Thomson Delmar Learning. S. 45

Er verfügt daher über vier weite Öffnungen: jeweils eine in die paarig angelegten Nasenhöhlen mit der paarig angelegten Nasenöffnung, *Choanen*, zum Nasenrachen, in die Mundhöhle mit der Schlundenge, *Isthmus faucium*, in den Kehlkopf mit dem „Kehlkopfeingang“, *Aditus laryngis,* und in die Speiseröhre durch den „Ösophagusmund“. Der *Pharynx* wird ohne scharfe Abgrenzungen in drei Etagen eingeteilt: in den *Nasopharynx* oder auch *Epipharynx, Pars nasalis pharyngis*, der sich in Höhe der Nasenhöhle befindet, in den *Oropharynx, Pars oralis pharyngis*, der auf Höhe der Mundhöhle lokalisiert ist, und in den *Hypopharynx* oder auch „Kellerrachen“ genannt, *Pars laryngea pharyngis*, den man in Höhe des Kehlkopfes findet. Die Grenzen zwischen den drei Etagen sind lediglich vorn markiert durch das

Gaumensegel, *Velum,* und den Oberrand des Kehldeckels, *Epiglottis*. Seitlich und hinten verläuft die Rachenwand ohne Gliederung weiter. Die Hinterwand des Rachens ist durch lockeres Bindegewebe von der Halswirbelsäule bzw. den prävertebralen Muskeln getrennt. Auch seitwärts wird der Rachen von einem Bindegewebsraum umgeben, der wichtige Leitungsbahnen enthält. Nachfolgend werden die einzelnen Stockwerke des Rachens detaillierter beschrieben, damit der Weg des Bolus deutlich wird.

Nasopharynx
Der *Nasopharynx* grenzt kranial an den Boden der Keilbeinhöhle, dorsal an die vom Türkensattel zum großen Loch absteigende Vorderwand, *Clivus,* (lat. clivus = Abhang) der hinteren Schädelgrube und an den vorderen Bogen des *Atlas*, erster Halswirbel. Nach vorn öffnet sich der *Nasopharynx* in die beiden *Choanen*. Das Innenrelief wird durch die Rachendachmandel, *Tonsilla pharyngealis*, die Rachenmündung der Ohrtrompete, *Ostium pharyngeum tubae auditivae*, die Tubenwulst, *Torus tubarius*, und die Tuben-Rachen-Falte, *Plica salpingo-pharyngea*, bestimmt. Die Abgrenzung zum *Oropharynx* ist das *Velum*.

Oropharynx
Der Oropharynx ist dorsal der Schlundenge gelegen in Höhe des *Axis*, zweiter Halswirbel. Die *Radix linguae* übernimmt die Funktion der vermissten vorderen Rachenwand. Von ihr ziehen drei Falten zur *Epiglottis*: die mediane Zungen-Kehldeckel-Falte, *Plica glossoepiglottica mediana*, und beidseits die laterale Zungen-Kehldeckel-Falte, *Plica glossoepiglottica lateralis*. Zwischen diesen drei Falten sinken zwei Gruben ein, die Kehldeckelgruben, *Valleculae epiglotticae*. Der *Oropharynx* endet auf der Ebene des *Hyoids*.

Hypopharynx
Der Hypopharynx ist seitlich und hinter dem Kehlkopf in Höhe des dritten bis sechsten Halswirbels zu finden. Die *Epiglottis* ragt wie ein „Wellenbrecher“ in den Speiseweg und befördert den Bolus links und rechts am *Larynx* vorbei in den *Ösophagus*. Als Hauptnahrungsweg dient der Teil des *Hypopharynx*, der direkt neben dem Kehlkopf liegt. Diese sogenannte „Schluckrinne“ hat die Form einer birnenförmigen Tasche und ist deshalb unter dem Begriff *Recessus piriformis* oder auch *Sinus piriformis* (lat. pirum = Birne) in die Nomina anatomica eingegangen. Die Öffnung des *Hypopharynx* in den Kehlkopf wird *Aditus laryngis* genannt (Kehlkopfeingang, lat. adire = hinzugehen). Dieser wird kranial von der *Epiglottis*, lateral und kaudal von der Stellknorpel-Kehldeckel-Falte, *Plica aryepiglottica*, begrenzt.

Die Muskelwand setzt sich aus zwei quer gestreiften Muskelsystemen zusammen: den Schlundschnürern »*Mm. constrictores pharynges*« und den Schlundhebern »*Mm. levatores pharynges*«. Die Schlundschnürer bilden eine geschlossene Lage zumeist ringförmig angeordneter Muskeln, die, wenn sie kontrahieren, den Rachen verengen. Tabelle 1.1 fasst die Pharynxkonstriktoren zusammen und beschreibt ihre Funktion während des Schluckens sowie ihre Innervation.

Tab. 1.1: *Mm. constrictores pharynges* (Schlundschnürer) aus Putz und Pabst (1993)

Muskel	Funktion beim Schlucken	Innervation
M. constrictor pharyngis superior (oberer Schlundschnürer)	Wölbt die Schleimhaut zum Abschluss des Nasenrachenraums vor	*Plexus pharyngeus (N. glossopharyngeus, IX; N. vagus, X)*
M. constrictor pharyngis medius (mittlerer Schlundschnürer)	Bolusverarbeitung	
M. constrictor pharyngis inferior (unterer Schlundschnürer)	Fixation und Rückwärtsbewegung des Kehlkopfs	

Die Pharynxkonstriktoren sind besonders beim normalen Schluckvorgang von Bedeutung. Bei Störungen können sie Dysphagien auslösen, deren Ursache allein in Störungen der Pharynxmuskulatur liegt. Die Schlundheber entspringen der Schädelbasis und dem weichen Gaumen und ziehen in Längsrichtung in die Rachenwand. Die Muskelzüge strahlen von innen und von außen in den Rachen hinein und können ihn anheben und verkürzen. Tabelle 1.2 gibt einen Überblick über die Zusammensetzung, Funktion und Innervation der Schlundheber beim Schlucken.

Tab. 1.2: Levatoren des Pharynx aus Putz und Pabst (1993)

Muskel	Funktion beim Schluckakt	Innervation
M. stylopharyngeus	Hebt den Rachen, erweitert ihn, schließt die Epiglottis	*N. glossopharyngeus, IX*
M. palatopharyngeus	Verengt *Isthmus faucium*, senkt weichen Gaumen	*N. vagus, X*
M. salpingopharyngeus	Tubenöffner	*Plexus pharyngeus (N. glossopharyngeus, IX; N. vagus, X)*

Neben den bisher aufgeführten Muskeln gibt es noch eine ganze Reihe von Muskeln, die als Hilfsmuskeln beim Schluckakt dienen (vgl. Tab. 1.3).

Tab. 1.3: Untere Zungenbeinmuskeln *(Mm. infrahyoidei)* aus Putz und Pabst (1993)

Muskel	Funktion beim Schluckakt	Innervation
M. sternohyoideus	Stellen Zungenbein fest, ziehen es kaudalwärts (Kehlkopf auch kranialwärts)	*Ansa cervicalis (Plexus cervicalis)*
M. sternothyroideus		
M. thyrohyoideus	Wirken indirekt auch beugend auf die Kopf- und Halsgelenke, Hilfsmuskeln der Atmung	

Larynx

Der Kehlkopf hat primär die Funktion, den Luftweg zu verschließen. Dieser Verschluss ist notwendig beim Schlucken, beim Husten und bei der Phonation von Lauten. Der *Larynx* beginnt am inferioren Aspekt der *Epiglottis* und seitlich von den aryepiglottischen Falten. Er umfasst den *Aditus laryngis* und endet an der Glottisebene. Man kann den Kehlkopf nach seinen drei Wandschichten gliedern. Die erste Wandschicht stellen die Kehlkopfknorpel »*Cartilagines laryngis*« dar (vgl. Abb. 1.3).

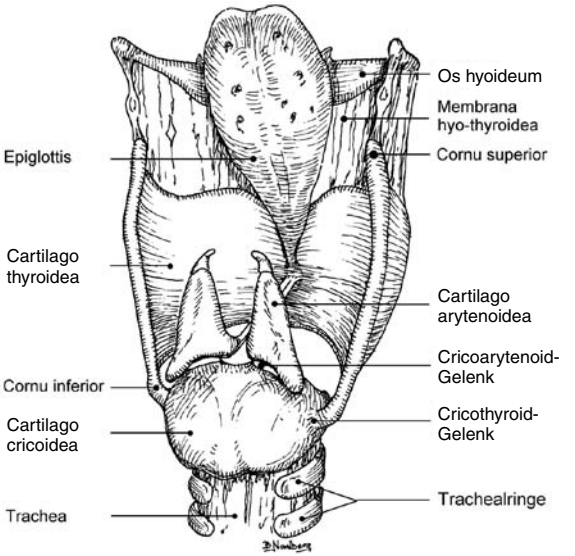


Abb. 1.3:
Knorpel und Gelenke des Kehlkopfes
aus Thyme-Frøjkær K; Frøjkær-Jensen B (2007): Die Akzentmethode. Schulz-Kirchner. S. 33

Wie alle Luft leitenden Räume braucht der *Larynx* eine druckstabile Wand. Sein Skelett darf aber nicht starr, sondern muss beweglich sein. Es ist daher aus einzelnen Elementen aufgebaut, die gegeneinander verschiebbar sind. Die zweite Wandschicht wird durch die Kehlkopfmuskeln »*Mm. laryngis*« repräsentiert, die die aktive Beweglichkeit der Kehlkopfknorpel ermöglichen, (vgl. Tab. 1.4).

Tab. 1.4: Muskeln des Kehlkopfes, *Mm. laryngis* aus Putz und Pabst (1993)

Muskel	**Funktion beim Schluckakt**	**Innervation**
M. cricothyroideus	Spannen der Stimmbänder	*N. laryngealis superior*
M. cricoarytenoideus posterior	Erweiterung der Stimmritze	*N. laryngealis inferior*
M. cricoarytenoideus lateralis	Verschluss der Stimmritze	
M. arytenoideus transversus	Verschluss der Stimmritze	

M. arytenoideus obliquus	Spannen des Stimmbandes	*N. laryngealis inferior*
M. vocalis		
M. aryepiglotticus	Verengen des Kehlkopfeinganges	
M.thyroarytenoideus	Verengen der Stimmritze	
M. thyroepiglotticus	Verengen des Kehlkopfeinganges	

Die dritte Wandschicht ist die Schleimhaut »*Tunica mucosa*«. Sie setzt das Anfeuchten, Anwärmen und Reinigen der Atemluft, das von der Nasenschleimhaut begonnen wurde, fort. In die Lichtung des Kehlkopfs (vgl. Abb. 1.4) springen beidseits zwei Falten vor, zum einen die Taschenfalte oder Vorhoffalte, *Plica vestibularis*, zum anderen die Stimmlippe oder Stimmfalte, *Plica vocalis*.

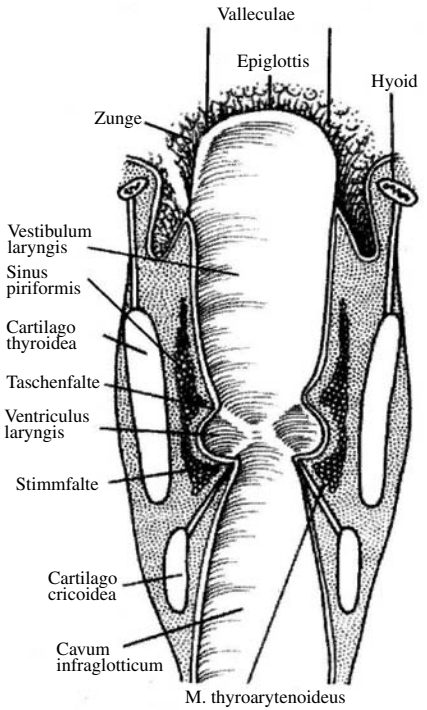


Abb. 1.4:
Die Sanduhrform des Kehlkopfs aus Corbin-Lewis K, Liss JM, Sciortino KL (2005): Clinical anatomy & physiology of the swallow mechanism. Thomson Delmar Learning. S. 48

Das Larynxskelett wird von Schildknorpel, *Cartilago thyroidea*, und Ringknorpel, *Cartilago cricoidea*, gebildet, die durch das *Lig. thyrocricoideum* verbunden sind. An diese schließen sich kaudal die Knorpelspangen der Trachea an. Dorsal befinden sich in Höhe des Überganges zwischen Schild- und Ringknorpel die Arytenoidknorpel, an denen die *Ligamenta vocalia* ansetzen. Die Stellknorpel bilden die untere Begrenzung der pharyngolaryngealen Übergangsregion. Der Schildknorpel setzt sich aus einer rechten und aus einer linken Schildknorpelplatte zusammen, die in der Mitte schiffbugähnlich miteinander verbunden sind. Die vorderen Anteile und die kranialen Ränder mit dem oberen Einschnitt, *Incisura superior*, der beim Mann die Haut als Adamsapfel, *Prominentia laryngea*, vorwölbt, sind gut zu tasten (Schluckkontrollgriff!). Das Kehlkopfskelett ist durch die *Mm. thyrohyoidei* am Zungenbein, *Hyoid*, aufgehängt. Die *Mm. sternothyroidei* fixieren es kaudal am *Sternum*. Das Zungenbein selbst ist zwischen der *Mandibula*, dem Zungengrund, der Schädelbasis und dem Brustbein aufgehängt. An der *Mandibula* ist es durch die *Mm. mylohyoidei*, *geniohyoidei*, am Zungengrund durch die *Mm. hyoglossi* aufgehängt.

Oberer Ösophagussphinkter (OÖS)

Killian (1907) hat erstmals die Existenz eines oberen Ösophagussphinkters postuliert. Dieser ist lediglich vom physiologischen Standpunkt als Sphinkter anzusehen. Vielmehr handelt es sich um eine c-förmige Muskelschlinge, die man in drei Abschnitte untergliedern kann:

1. In einen oberen Abschnitt, der dem kaudalen Anteil des *M. constrictor pharyngis inferior* entspricht,
2. in einen mittleren Abschnitt, der aus dem transversalen Anteil des *M. cricopharyngeus* besteht, der am Ringknorpel ansetzt,
3. und in einen unteren Abschnitt, der dem oberen Anteil der ösophagealen Muskulatur entspricht.

Die Ergebnisse der Studie von Mu & Sanders (1998) zeigen eindeutige Unterschiede zwischen den muskulären Komponenten des oberen Ösophagussphinkters. Während der *M. constrictor pharyngis inferior* aus zwei Muskelschichten besteht, nämlich einer inneren Schicht, die sich aus Typ I-Fasern zusammensetzt, und einer äußeren Schicht, die mit 69% überwiegt und aus Typ II-Fasern besteht, besteht der *M. cricopharyngeus* überwiegend (89%) aus Typ I-Fasern. Im Ruhezustand weist der obere Ösophagussphinkter einen Dauertonus auf. Seine Öffnung wird möglich durch die ventro-kraniale Bewegung des hyolaryngealen Komplexes, durch die Schubkraft des Bolus von oben und durch eine neural vermittelte Relaxation. Seine Innervation erhält sowohl der *M. constrictor pharyngis inferior* als auch der *M. cricopharyngeus* vom *Plexus pharyngeus*, wobei

der *M. cricopharyngeus* zusätzlich vom Endast des *N. laryngeus recurrens*, dem *N. laryngeus inferior*, innerviert wird. Zwischen dem Nervengeflecht des *Plexus pharyngeus* und dem *N. laryngeus recurrens* bestehen umfangreiche Anastomosen. Der obere Anteil der ösophagealen Muskulatur wird ebenfalls vom *N. laryngeus inferior* versorgt (Mu & Sanders, 1996).

Die Phasen des Schluckvorgangs

Die meisten Beschreibungen der Schluckphysiologie wurden vorwiegend mithilfe radiologischer Verfahren (wie z.B. der Videofluoroskopie) in zahlreichen Studien an gesunden Probanden gewonnen (McConnel & Cerenco, 1988; Dodds 1989; Dodds & Stewart, 1990). Dabei hat sich eine Einteilung des dynamischen Verlaufs des Schluckens in verschiedene, aufeinanderfolgende Phasen bewährt. In den weiteren Ausführungen wird Bezug auf die Einteilung nach Logemann (1983) genommen, die den Schluckakt in vier Phasen einteilt. Die (1) orale Vorbereitungsphase steht ganz im Sinne der Boluspräparierung, -formung und -portionierung. Sie umfasst Sphinkterverschlüsse (wie Lippen und den glosso-velo-pharyngealen Abschluss), die Tonisierung der Wangen und vor allem das Kauen. Die Dauer dieser Phase ist individuell verschieden. Ungefähr sechs bis sieben Mal erfolgt eine vollständige Kaubewegung pro Festbolus. Die (2) orale Transportphase ist die Phase, in der die Bolusaufladung, -einschließung und der Bolustransfer vollzogen werden. Außerdem wird der Schluckreflex ausgelöst. Die Transitzeit beträgt höchstens eine Sekunde, gemessen ab Einsatz der Zungenspitzenbewegung. In der (3) pharyngealen Phase wird der Pharynx vom Luft- in den Schluckkanal und umgekehrt konfiguriert. Der weiche Gaumen wird verschlossen, der hyolaryngeale Komplex nach kranio-ventral verlagert, der *Larynx* auf drei Ebenen verschlossen, der obere Ösophagussphinkter geöffnet, die Zungenbasis retraktiert, die Rachenhinterwand vorgewölbt, pharyngeale Peristaltik eingesetzt, der hyolaryngeale Komplex in die Ruheposition zurückverlagert, der obere Ösophagussphinkter wieder verschlossen und der Pharynx wieder geöffnet. Die Transitzeit beträgt höchstens eine Sekunde mit Beginn der Schluckreflexauslösung. In der (4) ösophagealen Phase werden peristaltische Wellen im Ösophagus ausgelöst und der untere Ösophagussphinkter geöffnet. Die Transitzeit beträgt zwischen acht und zwanzig Sekunden ab Beginn des Boluseintritts in den Ösophagus (Logemann, 1983).

Orale Vorbereitungsphase

Diese Phase ist willkürlich initiier- und steuerbar (Bigenzahn & Denk, 1999). Speise und Flüssigkeit werden aufgenommen und auf dem vorderen bis zum mittleren Zungendrittel positioniert. Spezifische Rezeptoren analysieren die Nahrung in Bezug auf Geruch, Geschmack, Temperatur und Volumen. Damit feste oder halbfeste Nahrung geschluckt werden kann, muss sie mit den Zähnen zerkleinert und mit Speichel vermischt werden. Dabei schiebt die Zunge die Nahrung wiederholt zwischen die Molaren, der Unterkiefer öffnet und schließt sich in kreisenden Bewegungen. Eine intakte Rückmeldung vom sensorischen System ist notwendig, um Verletzungen der Zunge beim Kauen vorzubeugen. Ein konstanter und vollständiger Lippenschluss, der nur bei freier Nasenatmung möglich ist, ist notwendig, damit die Speise nicht aus dem Mund fällt. Zur gleichen Zeit ist die Wangenmuskulatur auf der entsprechenden Kauseite tonisiert. Die Tonisierung der Wangenmuskulatur verhindert Retentionen des Bolus in den seitlichen Wangentaschen und unterstützt während des Kauens den Nahrungstransport von den Molaren auf die Zunge. Während der Vorbereitungsphase wird das Gaumensegel in Anteriorstellung gebracht. Es schließt die Mundhöhle damit nach hinten ab, damit der „schluckfertige" Bissen vor Auslösung des Schluckreflexes nicht in den Pharynx abrutschen kann. Am Ende der Phase hält die Zunge den Bolus im vorderen bis mittleren Gaumenbereich in der sogenannten Zungenschüssel (Typ 1) gefangen oder am Mundboden (Typ 2). Diese unterschiedlichen Haltepositionen werden den Ausführungen von Dodds (1989) folgend als „tippers" (Typ 1) und „dippers" (Typ 2) bezeichnet.

Orale Transportphase

Zu Beginn der oralen Phase befindet sich der Bolus in der Zungenschüssel. Diese Ausgangsposition trifft nicht nur für die „tippers", sondern auch für die „dippers" zu, die mit der Zunge die Nahrung aufladen. Die Zunge hat einen festen Kontakt mit dem harten Gaumen und schiebt mit einer wellenförmigen Bewegung[2] des medianen Zungenkörpers den Bolus über die Hinterzunge in den *Oropharynx*. Dabei wird zentral eine Furche, der *Sulcus linguae*, für den Bolustransport geformt. Durch die bilaterale Tonisierung der Wangen und durch den Lippenschluss entsteht ein Unterdruck in der Mundhöhle, der den Bolustransport erleichtert. Der Kieferschluss gewährt zudem noch die

2 Die Zungenbewegungen können z.B. mittels Ultraschall dargestellt werden (Shawker & Sonies, 1983). Wein et al. (1988) unterscheiden sonomorphologisch vier Zungenschluckphasen: Sammelphase, Vorbereitungs- bzw. Aufschaufelphase, Förder- bzw. Verdrängungsphase und Abschlussphase (vgl. auch Wein & Klajman, 1988).

erforderliche Stabilität für die Zungenbewegungen entlang des Gaumens. Mit steigender Viskosität der Nahrung muss sich der Zungendruck gegen den Gaumen erhöhen. Durch Kontakt des Bolus mit den Basen der vorderen Gaumenbögen, primäre Triggerareale, wird der Schluckreflex ausgelöst. Es werden auch sekundäre Triggerareale – das sind die aryepiglottischen Falten und die *Sinus piriformes* – vermutet. Zusätzlich wird der Schluckreflex von Bewegungen der Zunge durch Berührung der vorderen Gaumenbögen und der Hinterwand des *Pharynx* stimuliert. Die orale Phase läuft weitgehend automatisiert ab, kann aber willkürlich initiiert werden.

Pharyngeale Phase

Bevor die komplexen anatomischen und funktionellen Details beschrieben werden, sollen an dieser Stelle die wesentlichen Einzelheiten dieser Phase zusammenfassend dargestellt werden:

Die pharyngeale Phase verläuft unwillkürlich. Es handelt sich um eine weitgehend determinierte Sequenz, die unabhängig von Boluseigenschaften und dem peripher sensorischen Input ist. Vermutlich sind keine zentralen Triggerareale für diese Phase existent, sondern mehrere diffus verteilte individuell variierende Triggerpunkte. Die Schluckreflextriggerung verläuft nicht ohne Atemschutz und Bolusпropulsionsereignisse. Der Bolustransport von der Mundhöhle zum Ösophagus wird zum einen über mechanische Kräfte und zum anderen über veränderte Druckverhältnisse vermittelt.

Im Folgenden werden die anatomischen und funktionellen Einzelheiten dargestellt. Die pharyngeale Phase beginnt mit der Schluckreflextriggerung und findet ihr Ende mit der Öffnung des oberen Ösophagussphinkters. Sie ist nicht mehr willentlich initiierbar. Mit der Reflexauslösung wird eine umfangreiche Bewegungskette in Gang gesetzt, um den Bolustransport voranzutreiben. Tritt der Bolus in den Oropharynx ein, wird durch Kontraktion der *Mm. tensor* und *levator veli palatini* sowie des *M. uvulae* das Velum gehoben sowie gespannt und somit ein Verschluss des weichen Gaumens erreicht. Dadurch wird eine nasale Penetration verhindert. Mit der schnellen Retraktion der Zungenbasis wird der Bolus in den Hypopharynx transportiert. Peristaltische Kontraktionen der Pharynxwand, im kranialen Abschnitt

als „Passavant'scher Wulst"[3] bezeichnet, unterstützen die kolbenartige Zungenrückwärtsbewegung. *Hyoid* und *Larynx* werden durch Kontraktion der suprahyoidalen Muskulatur nach kranio-ventral bewegt, „in Abhängigkeit vom Bolusvolumen" (Eckberg & Nylander, 1988). Durch die *Hyoid-Larynx-Elevation* wird die Boluspassage freigegeben, der *Larynx* unter die *Radix linguae* befördert zum Schutz vor Aspiration, die Epiglottiskippung verbessert und die Öffnung des oberen *Ösophagussphinkters* bewirkt. Da während der *Deglutition* eine Überkreuzung von Speise- und Luftweg stattfindet, muss der Luftweg vor Aspiration geschützt werden. Dies geschieht durch den *3-Ebenen-Verschluss* des *Larynx*. Dieser umfasst den Verschluss der Stimmlippen und der Aryhöcker, die vertikale Annäherung der adduzierten Aryhöcker an die Basis der *Epiglottis*, die Epiglottiskippung zum Verschluss des laryngealen Vestibulums. Ob ein Verschluss der Taschenfalten stattfindet (Christensen & Perlman, 1997) oder nicht (Shaker & Dodds, 1990) ist noch eine ungelöste empirische Frage. Der Epiglottisschluss erfolgt durch eine Kombination aus Kräften, die durch den Bolusdruck von oben, durch den Muskelzug der aryepiglottischen Muskeln nach kaudal, durch den kombinierten Druck der Zungenretraktionsbewegung und der Larynxelevation produziert werden (Neumann, 1993). Die Öffnung des oberen *Ösophagussphinkters* wird durch die kranio-ventrale Bewegung des hyolaryngealen Komplexes möglich. Der Speiseröhreneingang muss sich zeitgerecht, ausreichend weit und lange öffnen. Die Öffnung wird in fünf Phasen unterteilt: in Relaxation, Öffnung, Erweiterung der Öffnung, Kollaps, Verschluss. Die pharyngeale Phase endet, sobald der Bolus den zervikalen *Ösophagus* erreicht hat. Das pharyngo-ösophageale Übergangssegment kollabiert. Zunge, Zungenbein und Kehlkopf kehren in ihre Ruheposition zurück. Der velopharyngeale Verschluss und auch der 3-Ebenen-Verschluss des *Larynx* öffnen sich, das pharyngo-ösophageale Segment schließt sich. Die Bolusaustreibung »*Boluspropulsion*« im *Pharynx* ist eine Kombination aus (a) der oropharyngealen Muskelpumpe von kranial, die sich aus pharyngealer Peristaltik und Zungenschubkraft zusammensetzt, und (b)

3 Unter Passavant'scher Wulst wird eine sichtbare Vorwölbung an der Rachenhinterwand auf Höhe des *Atlas* verstanden, die als muskuläre Kontraktion sowohl beim Schlucken als auch beim Sprechen zu beobachten ist. Das anatomische Korrelat zum Passavant'schen Wulst ist bislang nicht hinreichend definiert. Übereinstimmend wird angenommen, dass er durch die Kontraktion von Muskelfasern gebildet wird, die horizontal um den Rachen laufen und am Gaumen inserieren. Ob diese Fasern vom *M. constrictor superior*, vom *M. palatopharyngeus* oder gar von beiden Muskeln stammen, wird derzeit noch kontrovers diskutiert (Sader, 2006).

aus der „*Saugpumpe*“ des Laryngopharynx von kaudal. Der sogenannte hypopharyngeale Saugpumpenstoß ist ein negativer intraluminaler Druck in der Retrokrikoidregion, der durch die Ventrokranialbewegung des *Larynx* und Öffnung des oberen *Ösophagussphinkters* entsteht und den Bolus nach unten ansaugt (McConnel & Cerenco, 1988; Cerenko & McConnel, 1989).

Ösophageale Phase
Die ösophageale Phase beginnt mit der Passage des Bolus durch den oberen Ösophagussphinkter und endet mit dem Durchtritt durch den unteren Ösophagussphinkter. Der Bolustransport erfolgt durch primäre, vom Schluckreflex initiierte peristaltische Wellen und sekundäre, durch lokale Dehnungsreize ausgelöste „Reinigungswellen“.

Neuroanatomie des Schluckaktes

Die Kontrolle des Schluckvorgangs ist ein komplexer Prozess, der von einer verwirrenden Vielzahl von koordinierten neuromuskulären Interaktionen zwischen zentralem Nervensystem, enterischem Nervensystem und den muskulären Komponenten des Schluckapparates abhängig ist (vgl. Miller, 1982). Dieser Abschnitt vermittelt einen allgemeinen Überblick über die schluckrelevanten neuralen Kontrollmechanismen. Im Anschluss daran erfolgt eine Beschreibung der neuralen und muskulären Prozesse jeder Schluckphase.

Zentrale Organisation des Schluckens
Die zentrale Organisation des Schluckvorgangs ist komplex und besteht aus neuralen Elementen, die im Kortex und im Hirnstamm angelegt sind. Darüber hinaus sind noch viele weitere Strukturen an der Koordination des Schluckens beteiligt. Die genaue Lokalisation von allen teilnehmenden Strukturen ist noch nicht vollständig bekannt. Sie umfassen spezifische Regionen des Kortex und zwei primäre Seiten des unteren Hirnstamms. Die Neuronen des Hirnstamms liegen hauptsächlich in der dorsalen Region und sind verbunden mit dem *Nucleus tractus solitarius* („sensorisches Zentrum“) sowie in der ventralen Region um den *Nucleus ambiguus* („motorische Kommandozentrale“). In beiden Regionen sind umliegende Neuronen der »*Formatio reticularis*«, das sind Nervenzell- und Faseransammlungen, die sich über den gesamten Hirnstamm erstrecken, involviert. Beide Regionen sind in beiden Seiten des Hirnstamms repräsentiert und miteinander verbunden, sodass jeweils eine Seite allein die pharyngeale und ösophageale Phase koordinieren kann.