

einröchtigten Personen noch am ehesten erhalten sein können, sollte deren Stimulierbarkeit anhand einiger *Floskeln* getestet werden. Dazu bieten sich *Begrüßungsfloskeln*, aber auch *automatisierte Reihen* an.

Untersuchungsbogen – bukkofaziale Apraxie

Eine bukkofaziale Apraxie tritt bei Aphasien und Sprechapraxien sehr häufig zusätzlich auf. In diesem Fall müssen ggf. auch orofaziale Bewegungen, sofern diese z. B. im Rahmen der Rehabilitation von gleichzeitig vorliegenden Schluckstörungen relevant sind. Zur Überprüfung kann der Befundbogen im Online-Material (Kap. 11) verwendet werden, der in der Neurologischen Abteilung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen entwickelt wurde [42], [326], [466]. Es gibt 20 Aufgaben, die *verbal (v)* oder *imitatorisch (i)* präsentiert werden. Bei der verbalen Vorgabe soll eine sprachlich vorgegebene orofaziale Bewegung ausgeführt werden. Die imitatorische Aufgabe beinhaltet, dass eine vorgegebene Bewegung nachgeahmt werden soll. Die durchgeführte Bewegung oder Bewegungsfolge wird protokolliert. Richtige Reaktionen werden in der Spalte „RI“ eingetragen, Nullreaktionen in der Spalte „Ø“ und Parapraxien unter Verwendung der entsprechenden Abkürzungen in der Spalte „Art und Abfolge der Parapraxien“.

Bei der bukkofazialen Apraxie werden **6 verschiedene Kategorien von Parapraxien** unterschieden:

- **Substitution (S)**: Es wird eine bedeutungsmäßig andere Bewegung oder ein anderes Geräusch durchgeführt. Beispiel: Die Nase wird gerümpft, statt die Lippen zu spitzen.
- **Fragmentarische Bewegung (F)**: Die geforderte Bewegung wird zwar ansatzweise ausgeführt, es wird aber ein Teil der Bewegung ausgelassen. Beispiel: Bei der geforderten Bewegung „Schmatzen“ wird der Mund geöffnet und geschlossen, es wird aber nicht das dazugehörige Schmatzgeräusch produziert.
- **Reden statt Handeln (R)**: Es wird gesprochen, anstatt die Bewegung auszuführen. Beispiel: Statt der geforderten Bewegung „Zähne flet-schen“ wird gesagt: „Wie ein Hund.“

- **Überschussbewegung (Ü)**: Der geforderten Bewegung wird eine weitere Bewegung hinzugefügt. Beispiel: Bei der Bewegung „Lippen spitzen“ wird zusätzlich gepustet.
- **Perseveration (Pi)**: Eine zuvor durchgeführte Bewegung wird unpassenderweise wiederholt. Der Index „i“ gibt an, über wie viele Aufgaben die Perseveration zurückreicht. Daran kann abgelesen werden, wie stark die Perseverationsneigung ist. Ein niedriger Index spricht für eine hohe Perseverationsneigung, ein hoher Index für eine geringe Perseverationsneigung.
- **Amorphe Bewegung (A)**: Als amorphe Bewegung werden solche Realisationen bezeichnet, die nicht eindeutig der geforderten oder einer anderen Bewegung zuzuordnen sind. Die Bewegungen können somit nicht eindeutig klassifiziert werden. Diese Kategorie wird also erst dann verwendet, wenn die Reaktion nicht in die Kategorien 1–5 eingeordnet werden kann.

Kommt es bei einer Aufgabe zu einer *Abfolge mehrerer Parapraxien*, wird diese Abfolge als *Kette von Fehlersymbolen* gekennzeichnet. Als Beispiel ist auf dem Befundbogen genannt, dass die untersuchte Person auf die Aufforderung zu schmatzen, die Parapraxiefolge S-R-F-Ü zeigt. Anstatt zu schmatzen bläst sie die Wangen auf (S), sagt „matzen (R), öffnet und schließt mehrmals tonlos den Mund (F) und zieht dabei zusätzlich mit der linken Hand an der Unterlippe (Ü).

Beobachtet man im Rahmen einer parapraktischen Bewegungsfolge eine schrittweise Annäherung an die geforderte Bewegung, so bezeichnet man dies als *conduite d'approche*. Bei parapraktischen Reaktionen muss es aber nicht notwendigerweise zu einer Annäherung kommen. Die Bewegung kann sich auch von der gewünschten Bewegung formal weiter entfernen (*conduite d'écart*).

In der Auswertung werden die Reaktionen auf die imitatorische und die verbale Aufgabenstellung hin getrennt notiert. Dabei wird anhand der Aufgabennummer markiert, ob eine Aufgabe richtig, gar nicht oder parapraktisch ausgeführt wurde. Bei der Diagnose der bukkofazialen Apraxie werden nur die imitatorischen Aufgaben berücksichtigt, um möglicherweise zusätzlich vorliegende Sprachverständnisdefizite auszuschließen.

Im englischsprachigen Raum steht mit dem *Upper and Lower Face Apraxia Test* [68] ein Testverfahren zur Verfügung, das sowohl standardisiert ist als auch an einer Gruppe von gesunden italienischen und britischen Kontrollpersonen normiert wurde. Eine deutsche Übersetzung und Normierung für den deutschen Sprachraum gibt es bisher nicht.

M!

Merke

Eine bukkofaziale Apraxie liegt vor, wenn bei mehr als einer der imitatorischen Aufgaben Parapraxien auftreten.

Diese Einschätzung beruht auf klinischer Erprobung und wurde nicht empirisch überprüft. Da bukkofaziale Bewegungen und Sprechbewegungen voneinander unabhängig sind, lassen sich aus der Überprüfung bukkofazialer Bewegungen keine Rückschlüsse auf die Sprechapraxie ziehen. Bukkofaziale Übungen können Sprechbewegungen nicht verbessern, können jedoch indiziert sein, sofern parallel eine Störung der Nahrungsaufnahme vorliegt.

Untersuchungsbogen – bukkofaziale Apraxis kurz

Sofern eine schwere Sprechapraxie von einer Aphasie mit deutlichen Beeinträchtigungen des Sprachverständnisses begleitet ist, bietet es sich an, die bukkofaziale Apraxie ausschließlich anhand *nonverbaler Aufgabenstellungen* zu überprüfen. Bei gutem Sprachverständnis sollte der ausführliche Untersuchungsbogen verwendet werden (Untersuchungsbogen online verfügbar Kap. 11).

Untersuchungsbogen – artikulatorische Diadochokinese

Auch wenn die Leistungen von Personen mit einer Sprechstörung im Bereich der Diadochokinese nicht generell zur Vorhersage der Beeinträchtigungen in der Spontansprache herangezogen werden können [694], kann eine Testung dieses Bereichs sinnvoll sein, um die *zeitliche Komponente* weiterer sprechmotorischer Anforderungen zu erfassen. Die zu untersuchende Person wird aufgefordert, die

Silben „ba“, „da“, „ga“ und die Silbenfolge „badaga“ auf einen Atemzug in möglichst schneller Abfolge zu artikulieren. Gemessen wird über einen Zeitraum von 5 Sekunden. Danach wird die Anzahl der Silben pro Sekunde bestimmt. Die Werte und zusätzliche Beobachtungen werden in der nebenstehenden Spalte notiert (Untersuchungsbogen online verfügbar Kap. 11).

Ziegler et al. [690] geben **folgende Normwerte** (Silben pro Sekunde) an:

- **Erwachsene ohne Sprechstörungen bis 65 Jahre:**
 - /ba/ – Median 6,8 (min. 5,2 – max. 8,2)
 - /da/ – Median 6,7 (min. 5,0 – max. 8,6)
 - /ga/ – Median 6,0 (min. 5,0 – max. 7,8)
- **Ältere Menschen:**
 - /ba/ – Median 5,5 (min. 3,0 – max. 8,2)
 - /da/ – Median 5,0 (min. 2,5 – max. 6,8)
 - /ga/ – Median 4,5 (min. 2,5 – max. 6,5)

Hierarchische Wortlisten

Liebold et al. [338] haben 2003 mit den Hierarchischen Wortlisten (HWL) das erste deutsche Untersuchungsverfahren veröffentlicht, das eine systematische Erfassung der sprechpraktischen Symptomatik erlaubt. Zielsetzung, Aufbau, Durchführung und Auswertung sowie deren Interpretation werden nachfolgend dargestellt.

► **Zielsetzung.** Mithilfe der Hierarchischen Wortlisten sollen sprechpraktische Symptome *quantitativ* erfasst werden. Der Test enthält Wörter und Pseudowörter zur Beurteilung der *Lexikalität*, unterschiedliche Wortlängen zur Erfassung von *Wortlängeneffekten* sowie einfache und komplexe Silbenstrukturen zur Beurteilung der *Silbenkomplexität*.

► **Aufbau und Durchführung.** Es handelt sich um einen *Nachsprechtest*, der 48 Wörter und 48 Pseudowörter enthält. Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit von Wörtern und Pseudowörtern zu gewährleisten, wurden die Pseudowörter phonologisch parallelisiert (Beispiel: Wort = „Kuh“ – Pseudowort = „Keh“). Die Wörter und Pseudowörter sollen nachgesprochen oder ggf. laut gelesen werden. Der Test wird abgebrochen, wenn in 3 aufeinander folgenden Listen je mindestens 3 nicht verwertbare Reaktionen auftreten.

Die Testitems sind in Kategorien mit steigender Silbenanzahl eingeteilt. Zudem variieren die Items in ihrer Silbenstruktur. Jede Liste besteht aus 6 Wörtern bzw. Pseudowörtern mit gleicher Silbenanzahl und Silbenstruktur. Während also die erste Liste Einsilber mit einfacher Silbenstruktur (CV=Konsonant-Vokal) enthält, gibt es in der zweiten Liste 2 Einsilber mit komplexer Silbenstruktur (CC=Konsonant-Konsonant). Diese Struktur wird mit Zweisilberlisten, Dreisilberlisten und Viersilberlisten fortgeführt.

Alle nachgesprochenen Wörter und Pseudowörter werden hinsichtlich der Korrektheit der *phonetischen Struktur (PT)*, der *phonematischen Struktur (PM)* und des *Redeflusses (RF)* beurteilt. Während der Untersuchung, die ca. 10–20 Minuten dauert, markiert der Untersucher – sofern er die Untersuchung nicht per Video dokumentiert und eine nachträgliche Bewertung vornimmt – bei den einzelnen Items die beobachteten Fehler. Zur darüber hinaus gehenden *qualitativen Auswertung* ist eine phonetische Transkription mit phonetischen Zeichen und Diakritika notwendig.

Die Anzahl der korrekten Items wird, auf die jeweilige Fehlerkategorie bezogen, für alle 16 Listen in den Auswertungsbogen zur quantitativen Erfassung eingetragen. Auf diesem Bogen werden zusätzlich Symptome wie Sprechanstrengung, Suchverhalten, silbisches Sprechen und veränderter Wortakzent über eine Skala von 0 (unauffällig) bis 3 (stark ausgeprägt) beurteilt.

► **Auswertung und Interpretation.** Die eingetragenen Zahlen werden für jede Fehlerkategorie und für Wörter und Pseudowörter getrennt summiert. Je nach zu beurteilendem Aspekt (Lexikalität, Wortlängeneffekt oder Silbenstruktur) müssen zusätzlich mehrere Listenwerte miteinander kombiniert und anderen Werten gegenübergestellt werden. Die erhaltenen Werte *phonetisch*, *phonematisch* und *im Redefluss* korrekter Items werden in verschiedene Grafiken eingetragen, die einen direkten Vergleich von Wörtern und Pseudowörtern ermöglichen oder Wortlängeneffekte darstellen.

Bei einem Vergleich der Fehleranzahl bei Wörtern und Pseudowörtern zeigt sich bei der Sprechapraxie, dass Wörter tendenziell weniger Fehler aufweisen als Pseudowörter. Beim Vergleich von

Items mit unterschiedlichen Silbenstrukturen fällt auf, dass Menschen mit Sprechapraxie mehr Fehler bei Wörtern mit komplexer Silbenstruktur machen. Ursache dafür ist vermutlich die höhere Anforderung an die artikulatorische Präzision bei komplexen Silbenstrukturen. Zur Identifikation von Wortlängeneffekten wird die Fehleranzahl in den verschiedenen Fehlerkategorien bei Einsilbern der Fehleranzahl bei Mehrsilbern systematisch gegenübergestellt. Ein bei Sprechapraxie häufig zu beobachtender **positiver** Wortlängeneffekt liegt vor, wenn die Fehleranzahl bei Mehrsilbern über die aus der Fehleranzahl bei Einsilbern statistisch vorhergesagte Fehlermenge deutlich hinausgeht. Es kann aber auch zu **negativen** Wortlängeneffekten kommen. Dies bedeutet, dass weniger Fehler bei längeren Wörtern auftreten, als statistisch zu erwarten wäre. Als mögliche Erklärung hierfür geben Liepold et al. [338] an, dass kürzere Wörter im Lexikon mehr phonologische Nachbarn besitzen. Dadurch kann es zu Fehlern im Abruf kommen. Da die in den HWL enthaltenen Zweisilber überwiegend trochäisch betont und somit von Personen mit Sprechapraxie leichter zu realisieren sind, erhöhen sich die artikulatorischen Anforderungen von den Einsilbern zu den Zweisilbern kaum, während sie mit den Dreisilbern deutlich ansteigen [702].

► **Bewertung.** Zur Überprüfung der *Testgütekriterien* wurde u. a. eine Beurteiler-Übereinstimmung erhoben. Es konnte nachgewiesen werden, dass es zu einer *hohen Hörerübereinstimmung* kommt (Kendalls t zwischen 0,59 und 0,90). Damit ist die *Auswertungsobjektivität* des Tests gegeben. Die *innere Konsistenz* ergab für alle Fehlerarten signifikante Korrelationen von $p < 0,001$ ($n = 58$). Auch die Korrelationskoeffizienten im Bereich der Validität lagen für alle Testvariablen bei $p < 0,001$. Dies bestätigt die gute Konzeption des Tests.

In der praktischen Durchführung zeigt sich aber auch der Nachteil der parallelisierten, also den Wörtern sehr ähnlichen, Pseudowörter. Auch bei leichten zusätzlichen aphasischen Störungen zeigen die Betroffenen eine Lexikalisierungstendenz, da sie versuchen, die den Wörtern ähnlich klingenden Pseudowörter wie Realwörter auszusprechen.

Insgesamt liegt mit den Hierarchischen Wortlisten ein zwar nicht standardisiertes, aber sehr gut strukturiertes Verfahren vor, das vor allem eine systematische quantitative, aber auch eine darüber hinaus gehende qualitative Beurteilung sprechapraktischer Symptome und Einflussfaktoren bietet. Anhand der Ergebnisse lässt sich eine Auswahl für die Strukturierung des Therapiematerials treffen. Auch eine Verlaufskontrolle ist möglich. Der Test liefert jedoch keine festgelegten Kriterien für die Diagnosestellung der Sprechapraxie. Es handelt sich weiterhin um eine Ausschlussdiagnose, die auf der gesamten klinischen Beobachtung der Untersuchenden beruht.

Die mit 15–30 Minuten angegebene *Auswertungszeit* erscheint aufgrund der zahlreichen vorzunehmenden Berechnungen und Eintragungen nur für sehr geübte Untersuchende realistisch. Setzt man den Test eher selten ein, ist mit einer deutlich höheren Auswertungsdauer zu rechnen. Zur *zeitökonomischeren Auswertung* der Hierarchischen Wortlisten empfiehlt sich die *Nutzung einer spezifischen Tabelle in einem Tabellenkalkulationsprogramm* (z. B. *Excel*). Man kann damit leicht die zahlreichen Summenwerte berechnen und aus diesen Werten die erforderlichen Grafiken automatisch generieren lassen. Dies reduziert die Auswertungszeit erheblich (ca. 10 Minuten) und macht den Test im therapeutischen Alltag wesentlich handhabbarer. Eine excelbasierte Auswertungsdatei findet sich unter <https://logopaedie-lauer.de>.

► **HWL-kompakt.** Mittlerweile liegt mit *HWL-kompakt* eine im Praxisalltag gut verwendbare Kurzform der Hierarchischen Wortlisten vor [701]. Dabei werden lediglich Realwörter geprüft und keine Pseudowörter. Die Anzahl der Realwörter wurde von 48 auf 32 reduziert und auf abbildbare Nomen eingegrenzt. So kann die Testung mit Bildvorlagen unterstützt werden. Vier ausgewählte Wörter werden jeweils 5-mal geprüft, um Aussagen zur Konstanz und Konsistenz treffen zu können. Damit umfasst der Kurztest insgesamt 48 Realwörter. Die Untersuchungsdauer beträgt 5–10 Minuten, die Auswertung dauert 15–30 Minuten. In der Auswertungsweise ist das Verfahren mit den HWL vergleichbar. Zusätzlich wird bei HWL-kompakt ein Konsistenzwert berechnet, der auf der Gesamtzahl unterschiedlicher Reaktionen ba-

siert. Alle zur Durchführung und Auswertung der HWL-kompakt nötigen Materialien liegen online unter <https://neurophonetik.de> vor.

5.3 Apparative Verfahren

Apparative Verfahren bieten die Möglichkeit, den subjektiven Höreindruck mittels spezifischer technischer Hilfsmittel zu objektivieren. Die Darstellung der *Schalldruckkurve*, die Messung der *Grundfrequenz* sowie die *Spektrografie* ermöglichen eine Objektivierung der akustischen Untersuchung. Mit anderen apparativen Verfahren lassen sich wiederum die Bewegungen der Artikulatoren darstellen. Dadurch werden artikulatorische Ungenauigkeiten und Suchbewegungen sichtbar. Zu diesen **Verfahrenen** gehören:

- Zungensonografie
- Elektromyografie
- Elektropalatografie
- Elektroglossografie
- Dehnungsmessstreifen
- elektromagnetische Artikulografie
- Röntgen-Microbeam-Untersuchung
- Echtzeit-Magnetresonanztomografie

Im Folgenden werden die einzelnen Verfahren kurz beschrieben. ► Tab. 5.6 gibt eine Übersicht über die apparativen Verfahren im Hinblick auf die durch sie untersuchten Aspekte, ihren Aufwand und ihre Invasivität bzw. Belastung für die Untersuchten. Invasivität bedeutet in diesem Zusammenhang das Einstechen von Elektroden in Muskeln oder eine Strahlenbelastung durch Röntgenstrahlen. Eine Belastung tritt bei einem Verfahren dann auf, wenn z. B. an den Artikulatoren angebrachte Elektroden erforderlich sind.

► **Schalldruckkurve.** Über einen Oszillografen kann die sich während der Artikulation spezifisch verändernde Schallintensität sichtbar gemacht werden. Anhand des aufgezeichneten Signals lassen sich Pausen im Sprechablauf sowie stimmhafte und stimmlose Anteile identifizieren. Zeitliche Aspekte wie die Dauer von Lauten, Silben, Wörtern und Sätzen lassen sich über dieses Verfahren ebenso beurteilen wie der Aspekt der Stimmhaftigkeit, bei dem eine größere Schallintensität zu beobachten ist als bei stimmlosen Gesprächsanteilen.

Tab. 5.6 Übersicht über apparative diagnostische Verfahren zur Untersuchung der Sprechapraxie.

Untersuchungsverfahren	untersuchte Aspekte	Aufwand	Invasivität bzw. Belastung
Schalldruckkurve	Schallintensität, zeitliche Aspekte, Stimmhaftigkeit	gering	keine
Grundfrequenz	mittlere Sprechstimmlage, Tonhöhenumfang	gering	keine
Spektrografie	Dauer, Vokalqualität über Formanten, Schallintensität, Grundfrequenz	gering	keine
Zungensonografie	Zungenbewegungen (ohne Zungenspitze und Velum)	mittel	gering
Elektromyografie (EMG)	Zungen-/Lippenbewegungen	mittel	hoch
Elektropalatografie (EPG)	Zungenbewegungen	hoch	gering
Elektroglottografie (EGG)	laryngeale Bewegungen	gering	gering
Dehnungsmessstreifen	Lippen- und Kieferbewegungen	mittel	gering
elektromagnetische Artikulografie (EMA)	Zungen-/Lippenbewegungen	hoch	mittel
Röntgen-Microbeam	Zungen-/Lippenbewegungen	hoch	hoch
Echtzeit-Magnetresonanztomografie (MRT)	Zungen-/Lippenbewegungen	mittel	gering

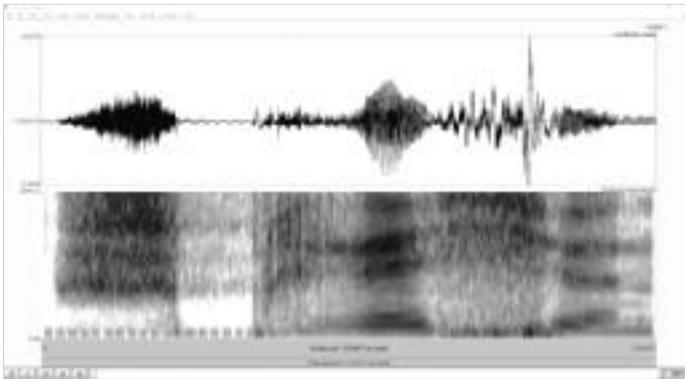


Abb. 5.1 Spektrogramm am Beispiel des Freeware-Programms Praat [74].

► **Grundfrequenzanalyse.** Die Analyse der Grundfrequenz ermöglicht die Beurteilung eines Teilaspekts der Prosodie bzw. des Sprechverhaltens. Sie errechnet sich aus der Anzahl der Stimmlippen-schwingungen pro Sekunde. Die mittlere Sprechstimmlage und der Tonhöhenumfang können be-

stimmt werden. Bei sprechpraktischen Personen liegt zwar meist keine primäre Phonationsstörung vor, es kann aber häufiger eine aus der Sprechanstrengung resultierende erhöhte Sprechstimmlage beobachtet werden.

► **Spektrografie.** Bei der Spektrografie bzw. Sonografie wird der *spektrale Verlauf des Sprechens* (Frequenz über Zeit) gemessen und als Diagramm (Spektrogramm, ► Abb. 5.1) dargestellt. Darüber können zeitliche Aspekte, wie z. B. die Dauer von Vokalen und Konsonanten sowie Pausen innerhalb der Sprechrealisierung oder die Stimmeinsatzzeit sichtbar gemacht werden. Außerdem kann die Vokalqualität anhand der dargestellten Formanten beurteilt werden. Das phonetische Analyseprogramm Praat [75] beinhaltet auch die Messung der Schallintensität und Grundfrequenz.

Collins et al. [116] verwendeten die Spektrografie, um die Vokaldauer in Wortstämmen bei Sprechapraxie zu messen. Dabei stellten sie fest, dass die Untersuchten die phonologische Regel der abnehmenden Vokaldauer bei zunehmender Wortlänge beherrschten, aber nicht adäquat umsetzen konnten.

5.3.1 Zungensonografie

Die Zungensonografie stellt eine im Vergleich zu sonstigen physiologischen apparativen Verfahren wenig invasive Methode dar. Es handelt sich um eine *Ultraschalluntersuchung*, bei der eine Sonde am Mundboden der zu untersuchenden Person angebracht wird (► Abb. 5.2). Die Ultraschallwellen durchdringen Haut und Gewebe und werden an Grenzflächen von Geweben unterschiedlicher Dichte reflektiert. Das hervorgerufene Echo wird aufgezeichnet (Impuls-Echo-Verfahren).

Über diese Untersuchung lässt sich ein Profil der gesamten Zungenoberfläche darstellen (► Abb. 5.3). Neben Artikulationsbewegungen können auch Suchbewegungen der Zunge in Echtzeit sichtbar gemacht werden. Das Verfahren ist schmerzfrei und ohne Gefahren für die Untersuchten. Meistens kann nur der Zungenkörper dargestellt werden. Eine Beurteilung von Velum oder Zungenspitze ist nicht möglich [401]. Die Zungensonografie wird, wenn überhaupt, in Kliniken eingesetzt und eignet sich theoretisch auch als *Biofeedback-Methode* bei der Behandlung der Sprechapraxie [473].

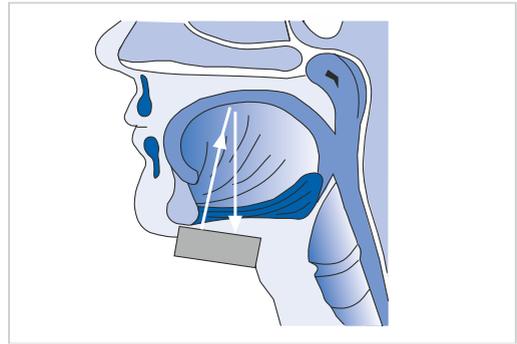


Abb. 5.2 Impuls-Echo-Verfahren bei der Zungensonografie.

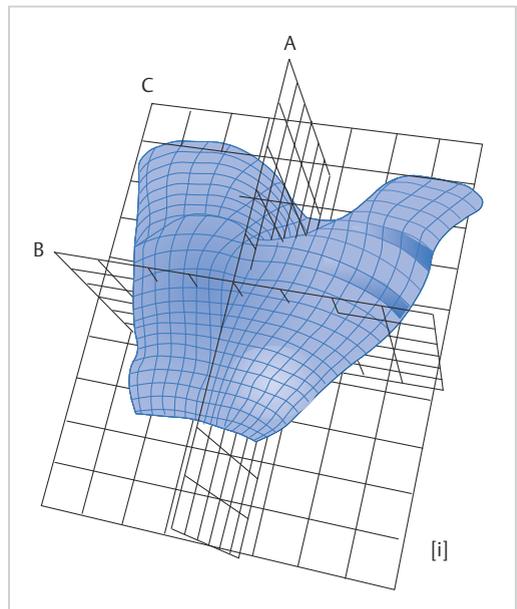


Abb. 5.3 Ultraschallprofil der Zungenoberfläche bei Artikulation des Vokals [i].

5.3.2 Elektromyografie

Bei der Elektromyografie (EMG) handelt es sich um ein Verfahren zur Untersuchung von Muskelaktionspotenzialen [54]. Die elektrische Aktivität, die durch die Spannung eines Muskels erzeugt wird, kann so sichtbar gemacht werden. Hierbei werden bei der Untersuchung sprechapraktischer

Störungen Oberflächenelektroden auf Zunge und Lippen geklebt oder Nadelelektroden eingestochen. Es ist die einzige Methode, mit der die Muskelaktivität selbst gemessen werden kann. Allerdings ist es bei dieser Methode schwierig nachzuweisen, welche Muskelaktivität der einzelnen Zungenmuskeln genau aufgenommen wurde, wenn die Dichte der Muskeln – wie bei der Zunge – besonders hoch ist. Das Ziel des Einsatzes dieses Verfahrens bei Sprechapraxien ist die Aufzeichnung von nicht zur ursprünglichen Bewegung gehörenden Aktionspotenzialen. Suchbewegungen oder Koordinationsstörungen können somit dargestellt werden. Das Verfahren ermöglicht keine Differenzialdiagnose zur Dysarthrie.

5.3.3 Elektropalatografie

Merke

Die Elektropalatografie (EPG) ist ein zeitlich-räumliches Verfahren, bei dem ein speziell angefertigter, mit Elektroden versehener *Kunststoffgaumen* auf Gaumen und Backenzähnen aufliegt.

In den für die Artikulation relevanten Bereichen befinden sich als erhöhte Kontaktpunkte ca. 62–96 Elektroden. Durch Zungenbewegungen wird an den Elektroden ein elektrisches Signal ausgelöst, das als typisches Lautmuster auf einem Bildschirm in Echtzeit sichtbar gemacht wird (► Abb. 5.4). Dabei wird nicht gemessen, welche Zungenanteile für

das Auslösen der elektrischen Signale jeweils verantwortlich sind, sondern nur der am Gaumen hervorgerufene Abdruck. Über die Zusammensetzung verschiedener *Elektropalatogramme* ist eine dreidimensionale Darstellung der palatalen Kontaktänderungen möglich.

Da für jede Person eine eigene Gaumenplatte mit Elektroden hergestellt werden muss, ist die Untersuchung sehr kostenintensiv. Sie eignet sich deshalb eher als *Biofeedback-Verfahren* für die Therapie sprechpraktischer Artikulationsstörungen [204]. Eine wichtige Voraussetzung für eine effektive Therapie ist die Fähigkeit der Behandelten, die abstrakten Lautdarstellungen auf dem Bildschirm zu imitieren und auf die eigene Artikulation zu übertragen [244].

5.3.4 Elektroglottografie

Bei der nichtinvasiven *Elektroglottografie* (EGG) bzw. *Elektrolaryngografie* (ELG) können Stimmlippenbewegungen beobachtet werden. Hierzu werden auf der Haut 2 Elektroden an den Flügeln des Schildknorpels platziert. Bei Phonation wird durch die Elektroden die Impedanz der Stimmlippenbewegungen gemessen, so dass die Öffnung und Schließung der Stimmlippen sichtbar gemacht wird. Bei synchroner Stimmaufnahme können die Bewegungen direkt mit dem Stimmklang verglichen werden. Das Verfahren kommt bei der Untersuchung von Stimmstörungen zur Anwendung. Für die Sprechapraxie konnten mittels EGG laryngeale Symptome wie Suchverhalten und apraktische laryngeale Bewegungen nachgewiesen werden [242].

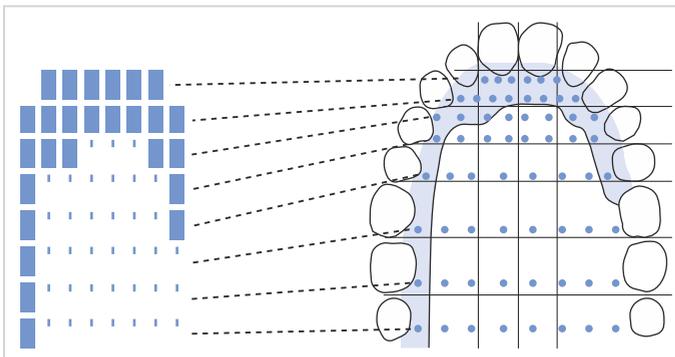


Abb. 5.4 Beziehung zwischen Elektrodenplatzierung am Gaumen und Darstellung der artikulatorischen Kontaktstellen beim Elektropalatogramm.

5.3.5 Dehnungsmessstreifen

Mittels *Dehnungsmessstreifen* lassen sich *Lippen- und Kieferbewegungen* messen [40], [415]. Hierbei werden an einem am Kopf getragenen Rahmen befestigte Metallstreifen an den Artikulatoren angebracht. Bei Bewegung der Artikulatoren werden die Dehnungen der Metallstreifen gemessen. So lassen sich Rückschlüsse auf das Ausmaß und die Dauer der Bewegungen ziehen [702]. Mit dieser nichtinvasiven Methode wurde beispielsweise die Variabilität von sprechpraktischen Fehlern untersucht und festgestellt, dass Artikulationsfehler bei Sprechapraxie sehr unterschiedliche Laute betreffen können, wobei sie bei einzelnen Lauten (v.a. bei /s/) häufiger auftraten [371].

5.3.6 Elektromagnetische Artikulografie

Bei der *elektromagnetischen Artikulografie (EMA)* werden per *Induktion* Sprechbewegungen sichtbar gemacht [203]. Die zu untersuchende Person trägt einen Helm mit Senderspulen, die ein Magnetfeld erzeugen. Auf die Artikulatoren innerhalb und außerhalb des Mundraums werden Empfängerspulen geklebt (► Abb. 5.5). Bei der Artikulation werden die Abstände der Sender- zu den Empfängerspulen gemessen. Per Computer wird die räumliche Lage der Spulen berechnet und dadurch ein Bild der Artikulationsbewegungen erzeugt. Bartle-Meyer et al. [41] beobachteten mittels EMA eine verlängerte artikulatorische Bewegungsdauer bei Personen mit Sprechapraxie im Gegensatz zu Kontrollpersonen ohne Sprechapraxie. Katz und Carstens [279] setzten die elektromagnetische Elektrografie als Biofeedback-Methode bei einem Patienten mit Broca-Aphasie und Sprechapraxie ein. Verbesserungen konnten sowohl für nichtartikulatorische wie für artikulatorische Bewegungen nachgewiesen werden, jedoch war der Leistungszuwachs bei verbalen Bewegungen geringer.

Neuere Entwicklungen ermöglichen zukünftig 3D-Messungen. Dabei wird der Helm durch einen speziellen Rahmen mit Sonden ersetzt. Die Methode ist generell schmerzfrei und gestattet eine exakte Berechnung von Artikulationsbewegungen mit einer guten zeitlichen Auflösung. Nachteilig sind

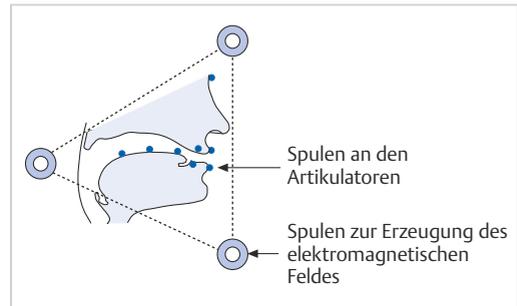


Abb. 5.5 Untersuchungsschema der elektromagnetischen Artikulografie.

die aufwendige Vorbereitung und Auswertung sowie die apparativ bedingte sensorische Beeinträchtigung der Untersuchten bei der Artikulation.

5.3.7 Röntgen-Microbeam

Mit dieser Methode können *zeitliche Aspekte von Sprechbewegungen* dargestellt werden [292]. Dazu werden bis zu 6 kleine Bleikugeln auf den Artikulatoren angebracht, deren Positionen während der *Artikulationsbewegungen über Röntgenstrahlen aufgezeichnet* werden (► Abb. 5.6). Itoh und Sasayama [250] konnten mit dieser Methode zeitliche Abstimmungsprobleme bei Sprechapraxie darstellen. Auch wenn die Strahlenbelastung während der Untersuchung gegenüber konventionellen Röntgenaufnahmen relativ gering ist und derjenigen einer zahnärztlichen Röntgenaufnahme entspricht, erscheint das Verfahren lediglich für Forschungszwecke geeignet. Ein entsprechendes Gerät hierfür gibt es zudem nur an der University of Wisconsin und Vergleichsdaten von Normalprechern liegen lediglich für das amerikanische Englisch vor.