

Was bisher geschah

Wir haben bisher über den Inhalt der Phonetik und ihre drei Teilgebiete gesprochen. Im Zentrum stehen die Sprachlaute, und die Phonetik beschreibt und untersucht,

1. wie Sprachlaute mit Hilfe der Artikulationsorgane gebildet werden,
2. wie sie durch die Luft oder ein anderes Medium übertragen werden und
3. wie sie mit dem Gehör wahrgenommen und vom Gehirn interpretiert werden.

Zum Begriff «Sprachlaute» muss man noch etwas sagen: Wir können mit Lippen, Zunge, Zähnen, dem Kehlkopf usw. unglaublich viele Laute hervorbringen, und wir tun das auch: Lachen, Schluchzen, Kichern, Schmatzen, Schnalzen, die Nase hochziehen, mit den Lippen flattern und vieles mehr. Bei jedem dieser Laute oder **Phone** könnte man genau beschreiben, wie er gebildet, übertragen und gehört wird. Das Gebiet der Phonetik wäre damit uferlos. Aber was macht einen bestimmten Laut zu einem «Sprachlaut»?

Wir haben bereits die Sprachlaute des Deutschen gesammelt und Beispielwörter dafür gefunden. Das Deutsche hat zum Beispiel die Laute [t], [l] und [ɔ] (offenes o wie in «offen»). Daraus kann ich das Wort [tɔl] zusammensetzen, das für Sprecher des Deutschen eine bestimmte Bedeutung hat: «prima, fantastisch, irre» usw. Wenn ich jetzt das [t] am Anfang durch einen anderen Sprachlaut ersetze, beispielsweise [f], entsteht ein anderes Wort, das eine andere Bedeutung hat, nämlich [fɔl], in Buchstabenschrift «voll». Ein einziger Laut hat die Bedeutung des Wortes komplett geändert. Und das ist die Definition für einen Sprachlaut:

Ein Sprachlaut ist ein Laut mit einer bedeutungsunterscheidenden Funktion.

Weder [t] noch [f] tragen irgendeine Bedeutung in sich, aber sie unterscheiden die Bedeutung in den beiden Wörtern «toll» und «voll» oder auch in «Tee» und «Fee». Wir bezeichnen sie als **Phoneme** des Deutschen. Das englische «th» ist auch ein Sprachlaut, aber er hat im Deutschen keine bedeutungsunterscheidende Funktion, ist also kein Phonem des Deutschen. Alle Phoneme einer Sprache zusammen bilden ihr **Lautsystem**.

Dann haben wir uns darüber unterhalten, in welcher Beziehung die Phoneme zu den Buchstaben stehen. Wir haben zwei Dinge festgestellt:

1. Es gibt sehr viel mehr Sprachlaute als Buchstaben.
2. Mit Buchstaben lassen sich die Sprachlaute nicht eindeutig wiedergeben.

Diese beiden Probleme hängen natürlich zusammen: Wenn ich weniger Buchstaben als Laute habe, muss ich einige Buchstaben mehrfach verwenden, um alle Laute meiner Sprache aufzuzeichnen. Man sagt, ein Buchstabe hat einen bestimmten **Lautwert**, aber dieser Lautwert kann sich ändern. Das V in «Vase» wird zum Beispiel anders ausgesprochen als in

«verstehen». Auch die Buchstabenfolge CH hat verschiedene Lautwerte: sie können wie «ach» klingen, oder wie «ich», oder sogar als [k] wie in «wachsen», oder als «sch» wie in «China» (was wiederum vom Dialekt abhängt). Um die Sprachlaute zu beschreiben und zu untersuchen, brauchen wir ein System von Zeichen, in denen jedes Zeichen genau einen bestimmten Lautwert hat, der sich nicht ändert, wo also eine 1:1-Beziehung zwischen Laut und Zeichen besteht. Ein solches System ist das **Internationale phonetische Alphabet**, abgekürzt **IPA**, das 1886 in Paris entwickelt wurde und bis heute ständig weiterentwickelt wird. Die Zeichen des IPA sind größtenteils aus verschiedenen bereits existierenden Alphabeten entnommen. Um Verwechslungen mit Schriftzeichen, also Buchstaben, zu vermeiden, werden die Lautzeichen in eckigen Klammern [] und die Schriftzeichen, die man auch als **Grapheme** bezeichnet, in spitzen Klammern < > geschrieben.

Das IPA ordnet die Laute aller Sprachen der Welt in einer systematischen Weise an. Zum einen wird eine grundsätzliche Unterscheidung in **Konsonanten** und **Vokale** getroffen – dazu später mehr. Die Konsonanten werden in einer Tabelle «von vorne nach hinten» angeordnet. Damit gemeint, an welcher Stelle im Mund der entsprechende Laut gebildet wird, man spricht auch von der **Artikulationsstelle**. Der Laut [p] zum Beispiel wird «ganz vorne» mit beiden Lippen gebildet, darum steht er in der Tabelle weit links, während der Laut [h] «ganz hinten» an den Stimmlippen gebildet wird, dementsprechend steht er also ganz rechts.

Wir haben in der zweiten Sitzung die Artikulationsstellen zusammengetragen, die wir für die Laute des Deutschen benötigen. Wir bilden Laute an folgenden Stellen:

1. **bilabial**: an den beiden Lippen
2. **labiodental**: mit der Unterlippe an den oberen Schneidezähnen
3. **alveolar**: am Zahndamm hinter den Schneidezähnen
4. **palato-alveolar**: an der Übergangsstelle von Zahndamm und hartem Gaumen
5. **palatal**: am harten Gaumen
6. **velar**: am weichen Gaumen (Gaumensegel, auch Velum genannt)
7. **uvular**: am und mit dem Zäpfchen
8. **glottal**: an und mit den Stimmlippen

Das betrifft, wie gesagt, die Bildung der Konsonanten. Als wir die Laute des Deutschen zusammengetragen habt, habe ich gefragt, warum wir einige Laute als Vokale, die anderen als Konsonanten bezeichnen – eine selbstverständliche Unterscheidung, die wir aus der Schule kennen. Die Antwort darauf ist, dass Vokale ohne irgendein Hindernis im Mund oder im Rachenraum gebildet werden. Für jeden Sprachlaut benötigen wir Luft, die von innen nach außen strömt, und diesen Luftstrom nennen wir **Phonationsstrom**. Wenn der Phonationsstrom ungehindert fließt, entsteht ein Vokal, und wenn er auf ein Hindernis stößt, entsteht ein Konsonant.

Nun schauen wir uns an, wie der Phonationsstrom überhaupt entsteht.

Die drei Phasen der Phonation

Alles beginnt mit der **Einatmung**. Wir öffnen den Mund, und die Luft strömt ein – oder? Von wegen: Es passiert gar nichts! (Probier das mal aus.) Wir sitzen da, haben den Mund offen und kommen uns sehr seltsam vor. Wir haben ja noch die Nase, fällt uns ein. Vielleicht klappt es ja damit? Die Nase hat den Vorteil, dass sie schon offen ist. Aber wieder passiert nichts. – Was machen wir, wenn wir einatmen wollen? Warum «wollen» wir überhaupt einatmen? Normalerweise geschieht das von selbst, wir achten meist gar nicht darauf.

Atmen kann auf zwei Weisen geschehen: bewusst oder unbewusst. Der Atem gehört zu den *vegetativen Körperfunktionen*, die nicht unserem Willen unterworfen sind, wie etwa Herzschlag, Verdauung, Stoffwechsel usw., aber wir können ihn auch bewusst steuern: wir können schneller oder langsamer atmen, flacher oder tiefer, durch die Nase oder den Mund. Wir können den Atem auch anhalten, beim Tauchen etwa, oder wenn wir meinen, in einer gefährlichen Situation zu sein, in der wir einen gewissen Atemvorrat brauchen.

Wenn wir bewusst atmen, spüren wir die **Atembewegungen**: der Bauch wölbt sich vor und zurück, der Brustkorb hebt und senkt sich, die Luft strömt ein und aus. Das können wir von außen an uns selbst beobachten. Aber was passiert im Inneren?

Wir betrachten zunächst die **Atmungsorgane**. Das wichtigste ist die **Lunge**. Sie besteht aus zwei elastischen Beuteln, die als **Lungenflügel** bezeichnet werden, und die von der Lungenhaut und den **Rippen** umgeben sind. Zwischen den Rippen liegen zwei Muskelschichten, die sich wechselseitig anspannen und entspannen. Das ist die **Zwischenrippenmuskulatur**, (Intercostalmuskulatur). Die äußeren Muskeln heben die Rippen, die inneren senken sie.

Unter der Lunge befindet sich das **Zwerchfell**¹, eine aus Sehnen und Muskeln bestehende Struktur, die den Brustraum vom Bauchraum trennt. Auch sie kann sich senken und heben. Im gehobenen, entspannten Zustand wölbt sich das Zwerchfell wie zwei nebeneinanderliegende Kuppeln in den Brustraum hinein.

In die Lunge hinein führt die **Luftröhre**, an deren oberem Ende der Kehlkopf sitzt. Die Luftröhre verzweigt sich zu den beiden **Bronchien**, die links und rechts in die beiden Lungenflügel führen. In der Lunge verzweigen sich die Bronchien immer feiner, bis sie schließlich zu feinen Kapillaren (Haargefäßen) geworden sind. Sie umschließen die **Lungenbläschen** (Alveolen), von denen die ganze Lunge ausgefüllt ist. Hier findet der Gasaustausch statt: Sauerstoff aus der Luft gelangt ins Blut, Kohlendioxid aus dem Blut gelangt in die Lungenbläschen.

Wie funktioniert nun die Einatmung? Am Anfang ist, bis auf eine kleine «Notreserve», noch keine Luft in der Lunge. In ihr herrscht nahezu ein Vakuum, und das führt dazu, dass sie sich zusammenzieht – ähnlich wie eine vakuumverschweißte Kaffeepackung, kompakt und dicht. Die Kuppeln des Zwerchfells sind gehoben und entspannt, die Rippen gesenkt. Jetzt kommt der «Befehl» zum Einatmen, entweder vom vegetativen Nervensystem (bei der unbewussten Atmung) oder von dir (bei der bewussten Atmung). Das Zwerchfell senkt sich, die beiden

¹ Das Wort *zwerch* kommt aus dem Althochdeutschen und bedeutet «quer».

Kuppeln flachen ab und drücken die Bauchorgane nach unten, was zur Folge hat, dass sich der Bauch vorwölbt. Gleichzeitig spannen sich die äußeren Zwischenrippenmuskeln an, wodurch sich die Rippen heben. Die Lunge muss diese Bewegung mitmachen, obwohl sie am liebsten in ihrer entspannten Ruhelage geblieben wäre. Sie wird mitgezogen und nach vorne, nach oben und nach unten ausgedehnt. Jetzt ist Raum entstanden, der gefüllt sein will, denn in der Lunge herrscht ein geringer Luftdruck, im Raum drumherum – also außen – herrscht ein höherer Luftdruck, und der will ausgeglichen sein. Wo immer der Luftdruck niedrig ist, strömt sofort Luft von einer anderen Stelle mit höherem Luftdruck herbei².

Also strömt die Luft herein, sie stürzt förmlich durch die Nase oder den Mund, durch den Rachen in die Luftröhre, rauscht durch die Bronchien, verteilt sich, verästelt sich immer weiter, erreicht die Lungenbläschen, der Sauerstoff dringt ins Blut und jagt, vom Herzschlag getrieben, durch den ganzen Körper... Was für ein Vorgang! Und alles nur, weil wir ein paar Muskeln angespannt haben: die äußere Zwischenrippenmuskulatur und das Zwerchfell.

Es ist also *nicht* so wie einem Ballon: Die Luft wird nicht aktiv in die Lungen gepumpt oder geschaufelt. Es mag dir vielleicht so vorkommen, als würdest du die Luft ansaugen, aber das stimmt nur indirekt. Die Luft wird schon angesaugt, aber nicht, weil du das aktiv tust, sondern weil du den Raum dafür schaffst. Durch die Anspannung der Atemmuskeln wird das Lungenvolumen vergrößert, und das zwingt die Luft um dich herum, sich in diesen freigewordenen Raum zu stürzen.

Du hebst also die Rippen, drückst mit angespanntem und sich immer weiter anspannendem Zwerchfell die Bauchorgane nach unten weg – wie tief kannst du eigentlich einatmen? Probier das mal aus.

Irgendwann ist Schluss. Der Luftdruck in deiner Lunge ist so groß, dass es sich unangenehm anfühlt, und von dem Überschuss an Sauerstoff wird dir vielleicht leicht schwindelig. Also ausatmen! Du pustest die Luft raus und... stop! Stimmt das?

Genauso wenig wie du die Luft aktiv ansaugst, kannst du sie auch nicht auspusten. Beobachte genau, was an diesem «Kipp-Punkt» am Ende der Einatmung geschieht: Die Atembewegung kommt zum Stillstand, und jetzt – lässt du die Atemmuskeln einfach los, du erlaubst ihnen, sich zu entspannen. Und jetzt kommen mehrere Kräfte ins Spiel:

Da ist zum einen die Schwerkraft. Sie zieht an deinen Rippen und Muskeln, Richtung Erdmittelpunkt. Die Rippen müssen sich senken, einfach weil sie schwer sind.

Dann sind da die «elastischen Rückstellkräfte». Die Lungenflügel bestehen aus einem dehnbaren Material, das sich, ähnlich wie ein Gummiband oder ein Nylonstrumpf, wieder zusammenzieht.

Und schließlich sind da noch die muskulären Kräfte, nämlich die innere Zwischenrippenmuskulatur, die jetzt übernimmt. Die äußere Schicht entspannt sich, die innere zieht sich zusammen und zieht die Rippen nach unten.

² Auf diese Weise entsteht Wind, da die Luft von einem Hochdruck- zu einem Tiefdruckgebiet strömt. Wind und Atem beruhen gewissermaßen auf demselben physikalischen Prinzip.

Und nicht zuletzt entspannt sich das Zwerchfell, wodurch sich seine beiden Kuppeln von unten nach oben wölben. All das sorgt dafür, dass das Lungenvolumen sich verkleinert, dass die Luft in ihr zusammengepresst wird und irgendwohin entweichen muss.

Ja, wohin? Am besten den Weg zurück, den sie gekommen ist: Aus den Lungenbläschen (jetzt mit Kohlendioxid angereichert) in die Kapillaren, weiter in die Bronchien, durch immer breitere Wege in die Luftröhre, hinauf Richtung Kehlkopf – hoffentlich ist der Ausgang frei!

Im Kehlkopf befinden sich die Hauptdarsteller der Sprachproduktion, die **Stimmklappen**. Sie liegen quer über der Luftröhre und können sich öffnen und schließen. Ursprünglich waren sie von der Evolution nur als Schutz für die Luftröhre gedacht, da Speise- und Luftröhre dicht nebeneinander liegen. Immer wenn wir schlucken, schließen sich die Stimmklappen und verhindern, dass wir uns «ver-schlucken», also Nahrungsteile in die Luftröhre bekommen, was, in der Lunge angekommen, den sicheren Tod bedeuten würde. Unsere Stimmklappen retten uns also täglich mehrere Tausend Mal das Leben.

Die Stimmklappen sind offen – so ein Glück! Endlich raus aus dem Körper, den ganzen Druck und das CO₂ loswerden – UFF, was für eine Erleichterung! Sie befinden sich in der **Atemstellung**, das heißt, die Atemluft kann ungehindert ein- und ausströmen. Aber was wäre, wenn es anders wäre?

Die Stimmklappen sind an drehbaren **Stimmknöpfen** (Aryknöpfen) befestigt. Werden sie gedreht, werden die Stimmklappen angespannt und bewegen sich aufeinander zu. Jetzt ist die Luftröhre geschlossen, nichts kann rein (Speisereste) und nichts kann raus (Ausatemluft). Aber der Druck aus der Lunge ist enorm! Denn immer noch zieht die Schwerkraft die Rippen nach unten, immer noch wölbt sich das Zwerchfell von unten gegen die Lungen, immer noch wirken die elastischen Rückstellkräfte der Lungenwände – und der **subglottische Druck**, der Druck unterhalb der Stimmklappen, steigt. Er steigt so sehr an, dass er die Stimmklappen ein kleines Stück beiseite schiebt und eine winzige Luftportion entweichen kann. Sie hat eine ziemlich große Bewegungsenergie und stößt sehr heftig mit den anderen Luftteilchen oberhalb der Stimmklappen zusammen. Was machen die? Sie geraten in Bewegung und stoßen andere an, und diese Bewegung setzt sich fort, durch den Rachen, durch den Mund oder die Nase, durch den Raum außerhalb des Kopfes, meterweit, bis sie auf ein Ohr trifft, durch den Gehörgang saust und gegen ein Trommelfell stößt. Das zuletzt angestoßene Luftteilchen hat jetzt Ruhe – falls nicht noch mehr von diesen Stößen kommen – aber die Bewegungsenergie ist noch da, sie verschwindet nicht, da Energie niemals vernichtet werden kann, nur umgewandelt. Die Bewegungsenergie stößt gegen das Trommelfell, dieses wölbt sich ein winziges Stückchen nach innen und löst eine Kette von Bewegungen in den Gehörknöchelchen aus. Wir könnten jetzt die mehrfache Umwandlung der Bewegungsenergie weiter verfolgen, bis sie als Nervenimpuls im Hörzentrum des Nachbargeshirns angekommen ist, aber wir blenden zurück zu den geschlossenen Stimmklappen und dem subglottischen Druck.

Ein kleines Luftpaket hat also den Ausweg geschafft. Es hat die Kraft der geschlossenen Stimmklappen überwunden, sie zurückgedrängt und ist entkommen. Die Stimmklappen sind jedoch ziemlich träge und schwer und außerdem durch die gedrehten Stimmknöpfe angespannt, sie fallen sofort zurück in ihre geschlossene Ausgangsposition, der **Phonationsstellung**. Der

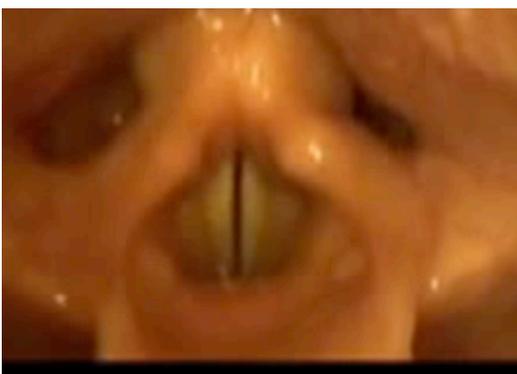
Name verrät schon, um welchen Vorgang es sich hier handelt: Wir haben es mit der **Phonation**, der Lautgebung, zu tun, und die kann nur stattfinden, wenn zuvor eine Einatmung (Inspiration) und eine Ausatmung (Respiration) erfolgt sind, damit ein subglottischer Druck aufgebaut werden kann. Man kann die Stimmlippen auch mit leeren Lungen schließen, aber einen Klang wird man dann nicht hervorbringen können, da der subglottische Druck fehlt. Und noch dazu hat man den Nachteil, dass man dann auch nicht mehr einatmen kann (probier das mal).

Dieses erste winzige Luftpaket hat natürlich den gewaltigen subglottischen Druck um fast nichts verringert. Er ist so hoch, dass ein zweites Paket es schafft, die Stimmlippen auseinanderzudrängen und hindurchzufletschen, bevor sie sich wieder schließen – und noch eins und noch eins, pro Sekunde 120 Stück (zum Beispiel), es können aber auch viel mehr sein. Was hier wie in Zeitlupe beschrieben wird, geht natürlich rasend schnell vor sich: ein Schwingzyklus der Stimmlippen dauert nur 8 Millisekunden.

Auf Schwingungen läuft es hinaus: der subglottische Druck veranlasst die Stimmlippen zu schwingen und die darüber liegende Luft in gleich schnelle Schwingungen zu versetzen. Weil diese Bewegung sehr gleichförmig ist und sich regelmäßig wiederholt, sprechen wir von einer **periodischen Schwingung**. Treffen diese Schwingungen auf ein Ohr, werden sie als Klang mit einer bestimmten Tonhöhe wahrgenommen.

Es lohnt sich, diesen Vorgang tatsächlich sich in Zeitlupe anzuschauen. Mittels **Stimmlippenstroboskopie** können die Stimmlippen optisch verlangsamt werden. Leider muss man sich dafür ein Stroboskop durch die Nase in den Rachenraum schieben lassen, aber das Ergebnis ist faszinierend.

Die Stimmlippen...



... in der Phonationsstellung



... in der Atemstellung

Zusammenfassung

Die Phonation (Lautgebung) besteht aus drei Phasen:

1. der Einatmung (Inspiration)
2. der Ausatmung (Respiration)
3. und der eigentlichen Phonation (Schwingung der Stimmlippen)

Die Einatmung geschieht durch die Anspannung der Einatemmuskulatur (v. a. äußere Zwischenrippenmuskeln und Zwerchfell), wodurch sich das Zwerchfell senkt und die Rippen sich heben. Dadurch vergrößert sich das Lungenvolumen, wodurch ein Unterdruck entsteht und die Luft durch die Atemwege (Luftröhre, Bronchien und Kapillaren) in die Lunge strömt.

Beim Ausatmen geschieht der umgekehrte Vorgang: die Einatemmuskulatur entspannt sich und die Ausatemmuskulatur (v.a. die inneren Zwischenrippenmuskeln) wird aktiviert. Die Rippen senken sich (auch durch die Schwerkraft), das Zwerchfell hebt sich, die Lungen ziehen sich zusammen (elastische Rückstellkräfte). Dadurch erhöht sich der Druck auf die Luft in den Lungen, die durch die Atemwege nach außen gepresst wird.

Die eigentliche Phonation geschieht, wenn die Stimmlippen sich schließen (Phonationsstellung). Die Stellknorpel (Aryknorpel) drehen sich, die Stimmlippen werden angespannt und bewegen sich aufeinander zu. Durch den Verschluss baut sich unterhalb der Stimmlippen ein subglottischer Druck auf, der die Stimmlippen zu periodischen Schwingungen anregt, die sich als Schallwelle durch den Raum fortsetzen.