

## DAS ATMEN

Unter den Wirbeltieren steht das Atmungssystem der Vögel auf der Spitze der Evolution. Dieser besondere Atmungsapparat ermöglicht den viel Energie brauchenden Flug, sogar in einer Höhe von mehreren tausend Metern.

Er spielt auch bei der Erhaltung der Körpertemperatur des Vogels eine bedeutende Rolle.

Die Vögel haben eine relativ kleine Lunge. Die ganze Oberfläche des Atmungssystems mit den dazu gehörenden neun (9) Luftsäcken, kann ein mehrfaches der Oberfläche des Atmungssystems der Säugetiere betragen.

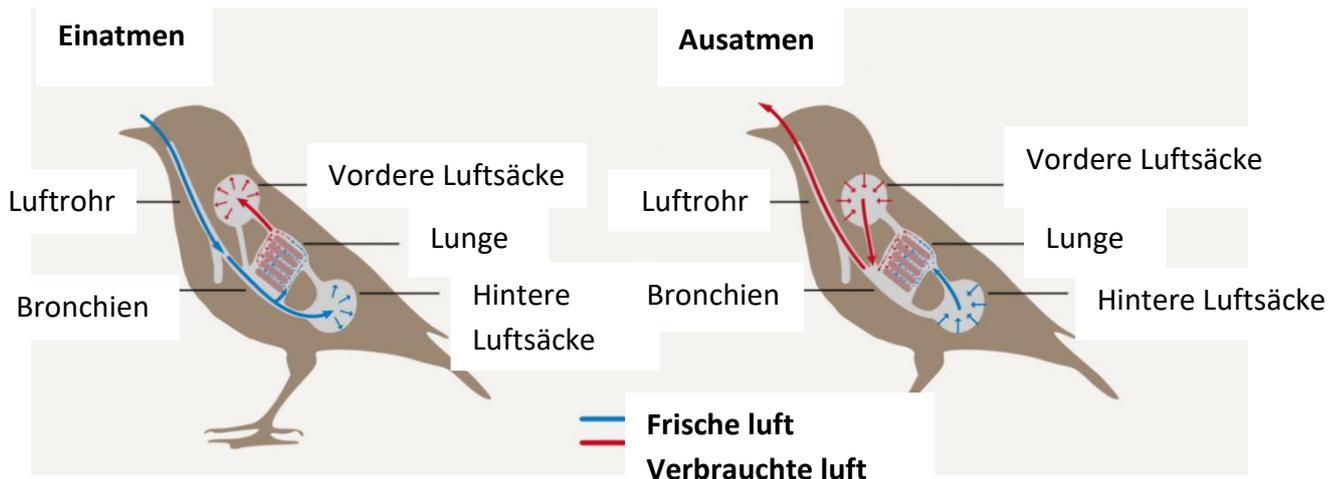
Die Lunge der Vögel bläst sich nicht auf und bläst sich nicht ab, sondern sie behält ihr(en) ständiges Volumen/Umfang und sie verfügt über eine gleichgerichtete Lüftung. Die Atembewegungen kommen durch die Zwischenrippen-Interkostal- und Brustmuskeln zustande. Die Vögel verfügen über kein Zwerchfell. Die aus dem Gesichtspunkt der Gasströmung zwischen den Luftsäcken auf dem halben Wege stehenden Lungen werden kontinuierlich mit der gleichgerichteten eingeatmeten frischen Luft, sowohl beim Einatmen als auch beim Ausatmen, belüftet. Infolge der fortdauernden, gleichgerichteten Luftströmung wird die Lunge der Vögel besser belüftet, als die der Säugetiere.

### **Das Doppelatmen**

Beim Einatmen strömt die frische Luft direkt in die hinteren Luftsäcke und durch die Lunge in die vorderen Luftsäcke. Beim Ausatmen gelangt die frische Luft von den hinteren Luftsäcken in die Lunge. So ist der Gaswechsel sowohl beim Einatmen, als auch beim Ausatmen kontinuierlich.

Die Wirksamkeit des Atmens der Vögel wird durch einen einzigartigen Mechanismus weiter erhöht: die gegenseitige Strömung des Blutes und der Luft innerhalb der tertiären Bronchien. Das Ergebnis ist, dass der Sauerstoff/das Oxygen wirksamer in der Blutströmung läuft, während das Kohlendioxid mit derselben Wirksamkeit entfernt wird.

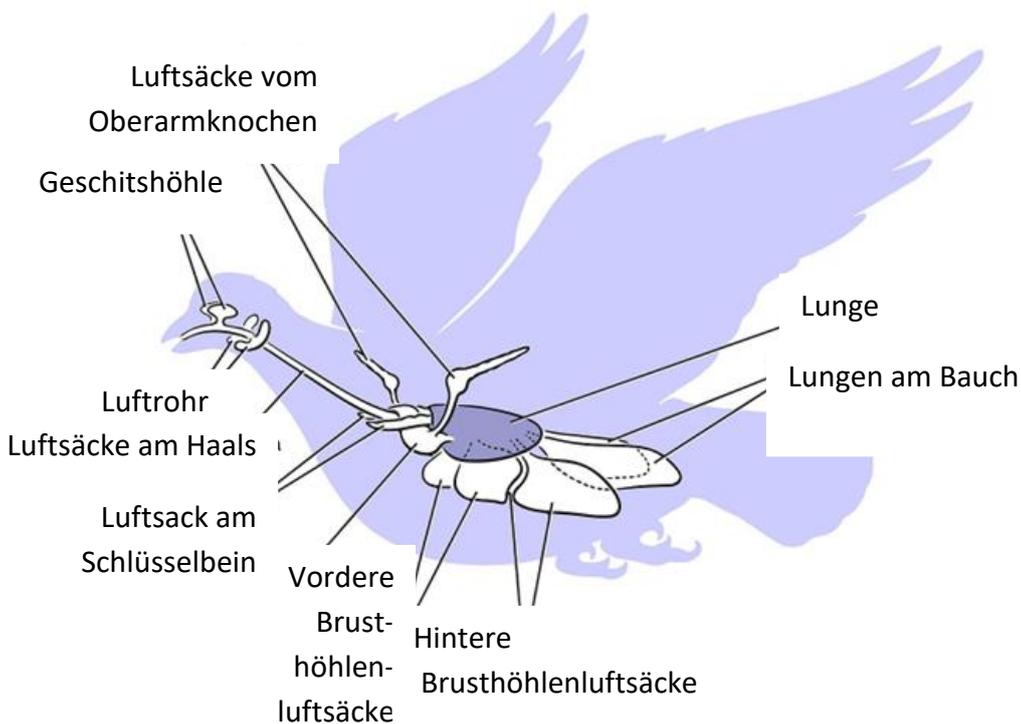
Parabronchus: tertiäre Bronchien. Hier starten die Atemkapillaren, auf deren Oberfläche der Gaswechsel vor sich geht.



<https://asknature.org/srategy/respiratory-system-facilitates-efficient-gas-exchange/>

Die Fledermäuse beweisen als einzigstes Säugetier, dass der Flug ohne Vogelatmen nicht unmöglich ist. Aber Zeitdauer und Höhe ihres Fluges sind deshalb beschränkt.

### Luftsäcke



<https://silvotherapy.co.uk/articles/how-birds-breathe>

Die zentralen Elemente des Atmungssystems der Vögel sind die Luftsäcke. Diese sind dünnwandig ausgebildet und werden mit wenig Blut versorgt. Sie spielen beim Erhalt der kontinuierlichen Luftströmung durch die Lunge eine entscheidende Rolle. Sie nehmen an dem Gaswechsel nicht teil, sondern sie dienen dem Speichern der Luft. Dadurch helfen sie bei der kontinuierlichen, gleichgerichteten Strömung der sauerstoffreichen Luft durch das Atmungssystem. Die verschiedenen Luftsäcke schrumpfen abwechselnd zusammen und dehnen sich wieder aus, was eine Luftbewegung verursacht. Das Atmungssystem besteht aus je zwei Luftsäcken am Hals, zwei vorderen und zwei hinteren Brusthöhlenluftsäcken und zwei Luftsäcken am Bauch.