

Rückstoss mit Pressluft

Eine mit Druckluft betriebene Düse ist über eine Metallkonstruktion mit einer drehbaren Halbschale fest verbunden. Dabei zeigt der Luftstrahl der Düse in den Mittelpunkt der Schale. Je nach Ausrichtung der Schale dreht sich das gesamte System im Gegenuhrzeiger- oder im Uhrzeigersinn.

A) Beschreibung des Experiments



Abbildung 1: Linksdrehung



Abbildung 2: Rechtsdrehung

Die Ausrichtung der Schale gegenüber dem Luftstrahl ist essentiell für die Richtung der Drehbewegung des gesamten Systems. In der obigen Abbildung sind die zwei verschiedenen Ausrichtungen für eine Bewegung im Uhrzeigersinn (links) und im Gegenuhrzeigersinn (rechts) aufgezeigt.

B) Physikalische Grundlagen

Die physikalische Erklärung für das Auftreten der zwei verschiedenen Bewegungsrichtungen ist im Kontext der Impulserhaltung erklärbar.

Bewegung im Uhrzeigersinn

Der erste Teil des Experiments beinhaltet die Bewegung im Uhrzeigersinn. Dafür ist die Schale wie in Abbildung 3 zum Luftstrahl ausgerichtet.

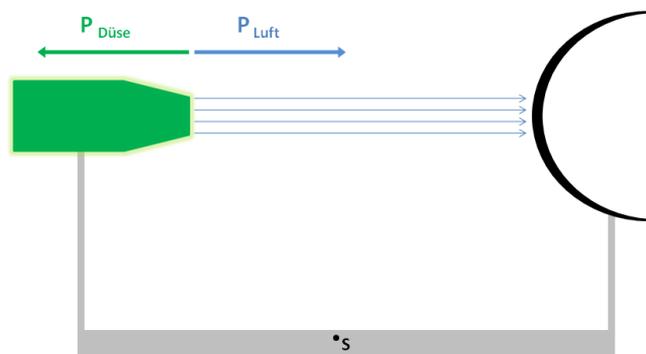


Abbildung 3: Seitenansicht Linksdrehung

Weil der Anfangsimpuls des System ist null, müssen nach der Impulserhaltung der Düsenimpuls und der Gesamtimpuls der Luftteilchen entgegengesetzt und betragsgleich sein.

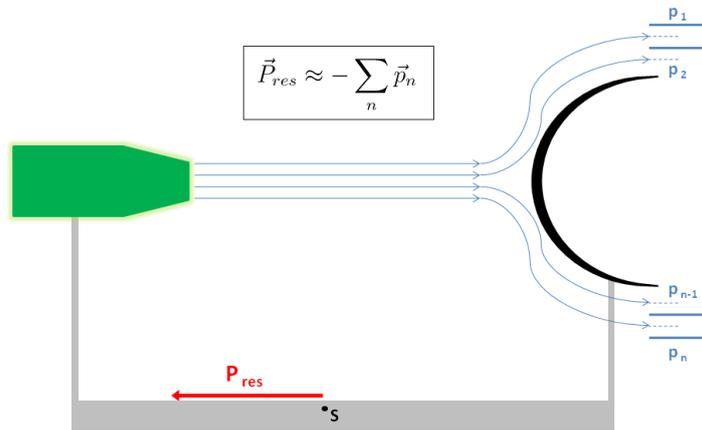


Abbildung 4: Resultierender Impuls Linksrotation

Erreichen die Luftteilchen die äussere Oberfläche der Schale, werden diese gemäss Abbildung 4 umgelenkt. Es soll angenommen werden, dass durch die Umleitung der Betrag jedes Teilchenimpulses \vec{p}_n nicht verändert wird. Somit wird ein resultierender Impuls \vec{P}_{res} erhalten der am Schwerpunkt des Systems angreift und zu einer Drehbewegung im Uhrzeigersinn führt.

Bewegung im Gegenuhrzeigersinn

Im zweiten Teil des Experiments trifft der Strahl die Innenseite der Schale (siehe Abb. 5).

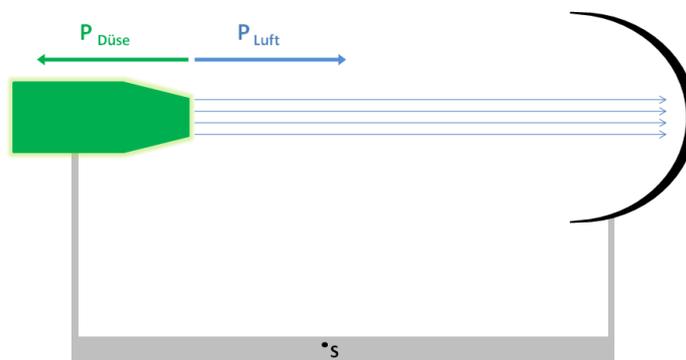


Abbildung 5: Seitenansicht Rechtsrotation

Die zwischen der Schaleninnenseite und dem einzelnen Teilchen erfolgt im Idealfall elastisch und lässt sich wie in Abbildung 6 darstellen.

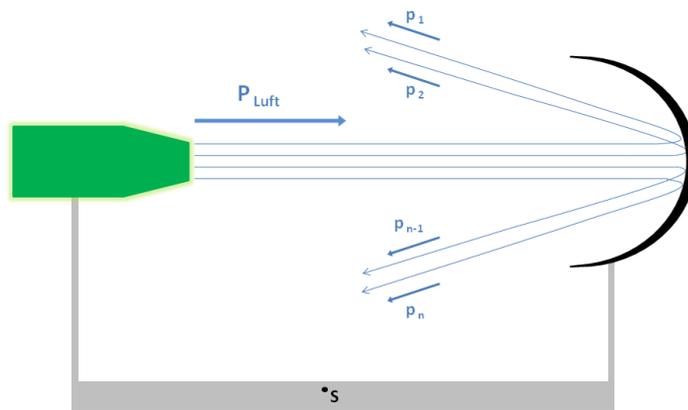


Abbildung 6: Impulsbilanz nach Rückstreuung

Es soll angenommen werden, dass die elastisch reflektierten Teilchen weder mit einem Bestandteil des System noch mit dem einfallenden Teilchenstrom wechselwirken.

Zur genaueren Betrachtung der Impulsbilanz wird Abbildung 7 hinzugezogen.

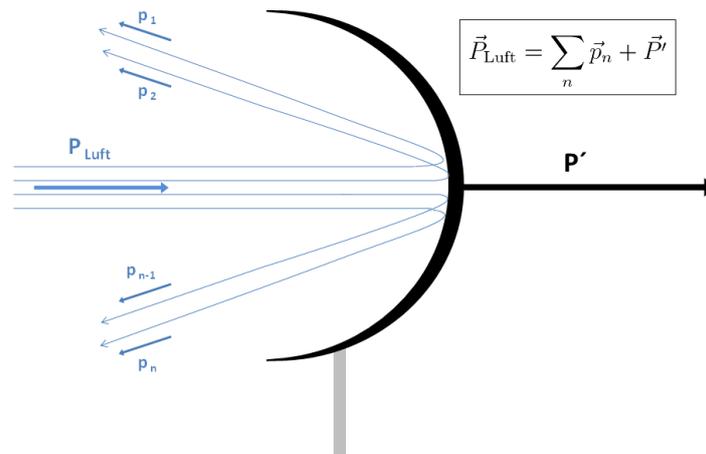


Abbildung 7: Vergrößerung Rückstreuung

Der Gesamtimpuls des einfallenden Luftstroms muss erhalten bleiben. Betrachtet man die an der Schaleninnenseite reflektierten Teilchen, so erkennt man, dass deren Impuls entgegengesetzt zum Impuls P_{Luft} ist. Damit die Impulserhaltung nach dem Stoss an der Innenseite gültig ist, muss auf die Schale ein Impuls P' wirken, der parallel zu P_{Luft} gerichtet und vom Betrag doppelt so gross ist (siehe Abb. 8).

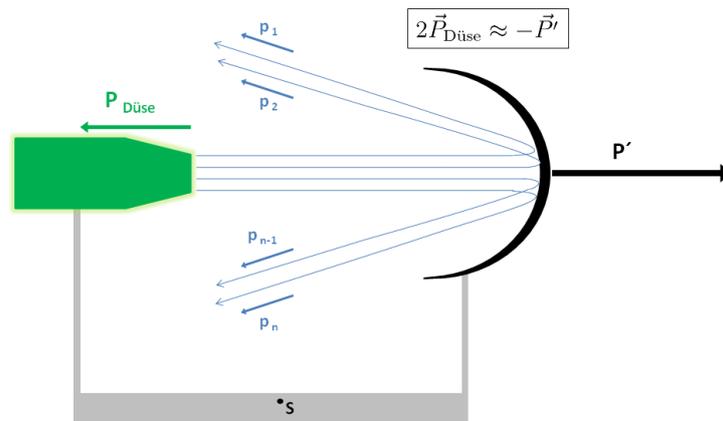


Abbildung 8: Impulsbilanz Rechtsdrehung

Um Einfluss auf das Gesamtsystem zu verstehen soll Abbildung 9 hinzugezogen werden. Wie bereits erwähnt, wird vorausgesetzt, dass die reflektierten Teilchen nicht mit dem System wechselwirken. Dann kann der Impuls auf das System P_{res} aus $P_{\text{Düse}}$ und P' bestimmt werden.

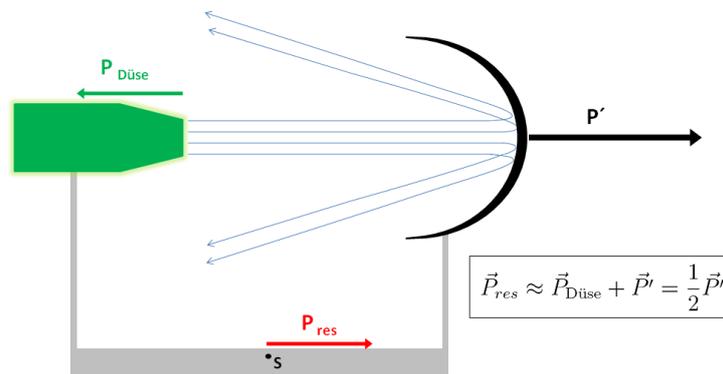


Abbildung 9: Resultierender Impuls Rechtsdrehung

Die Wirkung von P_{res} führt zu einer Bewegung des Systems im Gegenuhrzeigersinn.