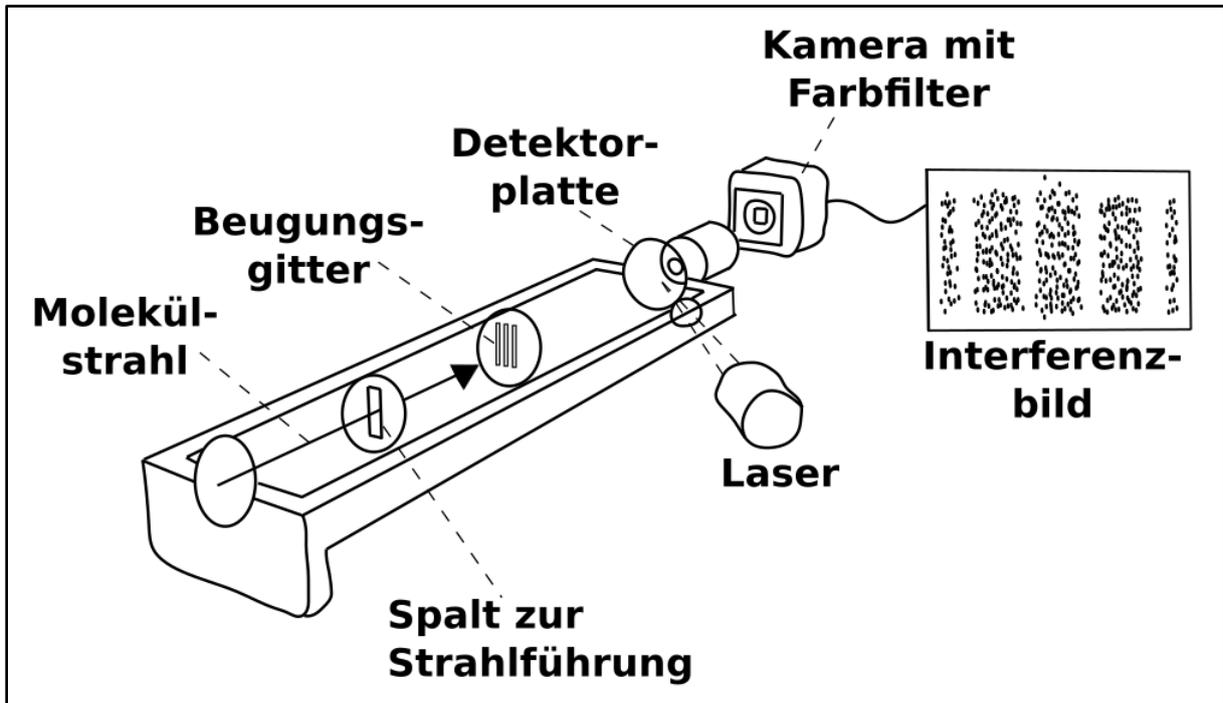


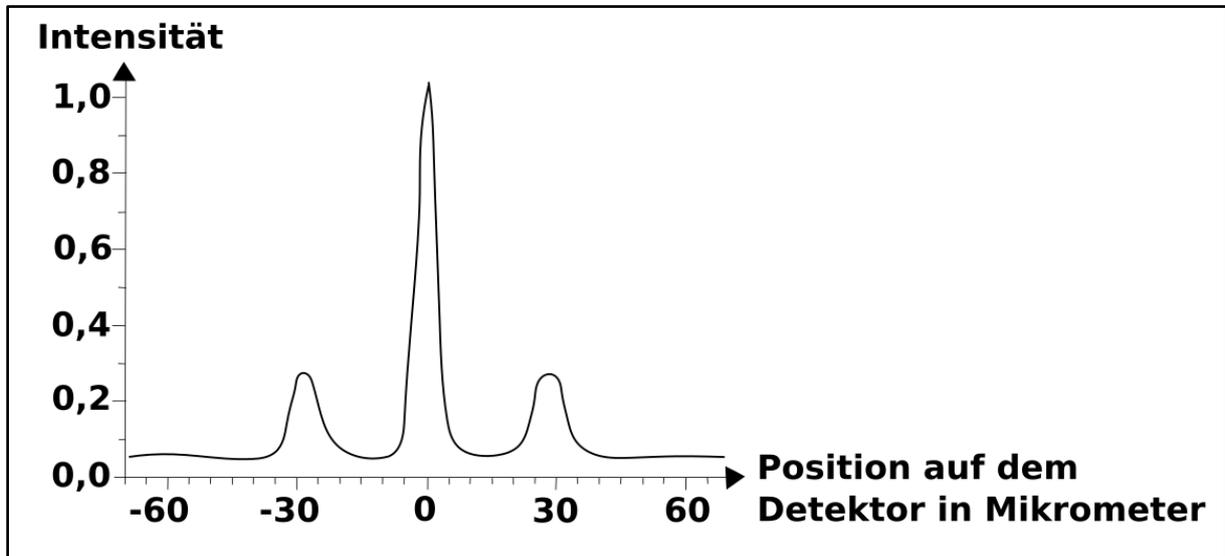
Aufgabenzettel – Materie auf Gitter (Vorbereitung auf die Abiturprüfung)

Im Jahr 2012 führte ein internationales Forscherteam an der Universität Wien ein bemerkenswertes Experiment durch, um die quantenmechanische Wellennatur massereicher Farbstoffmoleküle zu untersuchen. Der grundsätzliche Aufbau der experimentellen Anordnung ist in folgender Abbildung dargestellt.



Ein horizontal verlaufender Strahl von Farbstoffmolekülen mit einheitlicher Geschwindigkeit trifft innerhalb einer Vakuumkammer auf ein Beugungsgitter mit einer Gitterkonstante von $g = 100 \text{ nm}$. Am Ende der Versuchsanordnung gelangen die Moleküle auf eine Detektorplatte, die in einem Abstand von $a = 564 \text{ mm}$ hinter dem Gitter positioniert ist. Dort werden sie mittels eines Lasers zum Fluoreszieren angeregt. Eine Kamera, vor deren Objektiv ein Farbfilter angebracht ist, zeichnet das entstehende Interferenzmuster auf der Detektorplatte auf.

Im ersten Versuch bewegen sich die Farbstoffmoleküle mit einer Geschwindigkeit von $v = 150 \text{ m/s}$. Die in der folgenden Abbildung dargestellte Intensitätsverteilung zeigt das an der Detektorplatte registrierte Interferenzmuster.



c) Bestimmen Sie mithilfe dieser Abbildung sowie dem Zusammenhang aus Aufgabenteil b) und der De-Broglie-Beziehung die Masse m der Farbstoffmoleküle in dem Experiment.

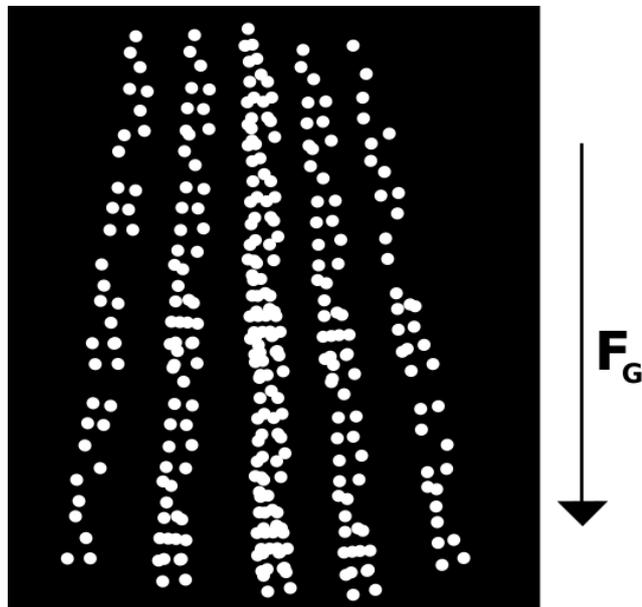


Die Geschwindigkeit v der im Experiment verwendeten Farbstoffmoleküle variiert geringfügig um den oben angegebenen Referenzwert, wobei eine Streuung Δv auftritt.

d) Erläutern Sie die Veränderung der beiden Maxima erster Ordnung für den Fall, dass die Streuung Δv verringert werden könnte.

In einer modifizierten Version des Experiments weisen die Farbstoffmoleküle eine deutlich breitere Geschwindigkeitsverteilung auf.

Innerhalb des Strahls sind Moleküle mit sämtlichen Geschwindigkeiten v zwischen einem Minimalwert v_{\min} und einem Maximalwert v_{\max} vorhanden. Abbildung 5 zeigt das vollständige Interferenzmuster auf der Detektorplatte. Ein Pfeil in der Abbildung verdeutlicht die Richtung der auf die Moleküle wirkenden Gravitationskraft F_G .



In der Veröffentlichung zum Foto erklären die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: Die Geschwindigkeit der Moleküle lässt sich bestimmen, da die Beugung den Molekülstrahl in horizontaler Richtung aufweitet und gleichzeitig die Gravitationskraft bewirkt, dass die Höhe h auf der Detektorplatte von der Molekülgeschwindigkeit v abhängig ist.

