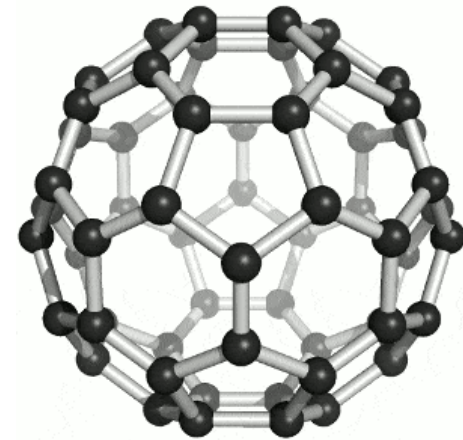


Weitere Quantenobjekte

- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Fullerene an einem Gitter, Wien 2002
- verwendetes Fulleren: C₆₀ („Buckyball“)
Durchmesser: ca. 1 nm
Masse: 720 u



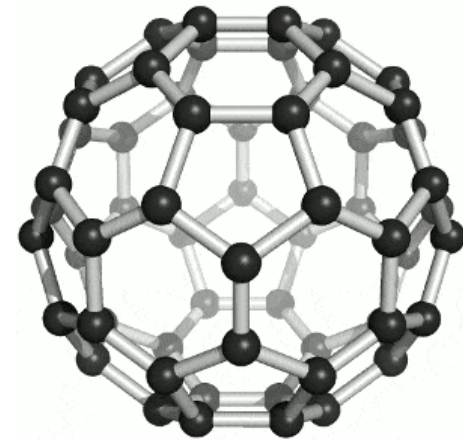
Modell des C₆₀-Moleküls

Bildquellen:

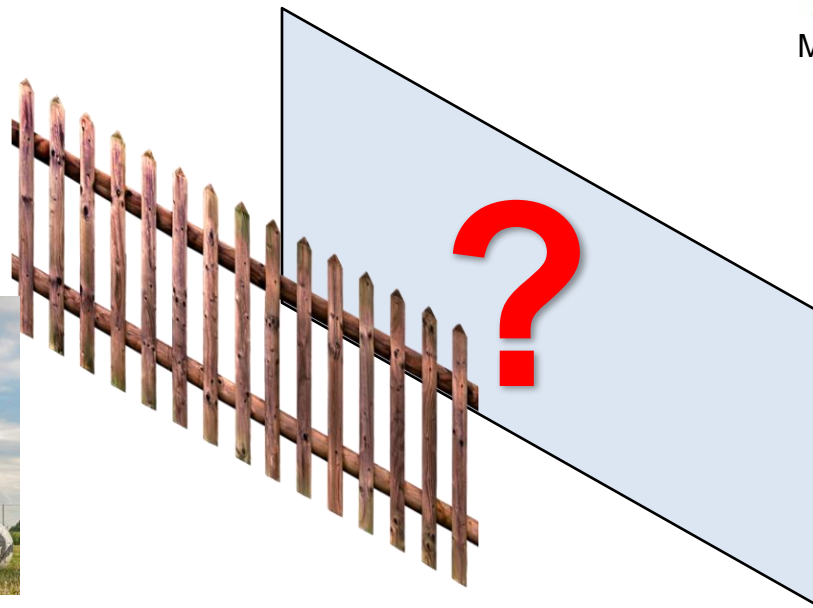
Modell des C₆₀-Moleküls: Sponk (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buckminsterfullerene_animated.gif), „Buckminsterfullerene animated“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode> (16.11.22);

Weitere Quantenobjekte

- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Fullerene an einem Gitter, Wien 2002
- verwendetes Fulleren: C_{60} („Buckyball“)
Durchmesser: ca. 1nm
Masse: 720 u
- Erläutern Sie mindestens zwei Gründe, warum ein solches Experiment wesentlich schwieriger ist als z.B. mit Elektronen.



Modell des C_{60} -Moleküls



Bildquellen:

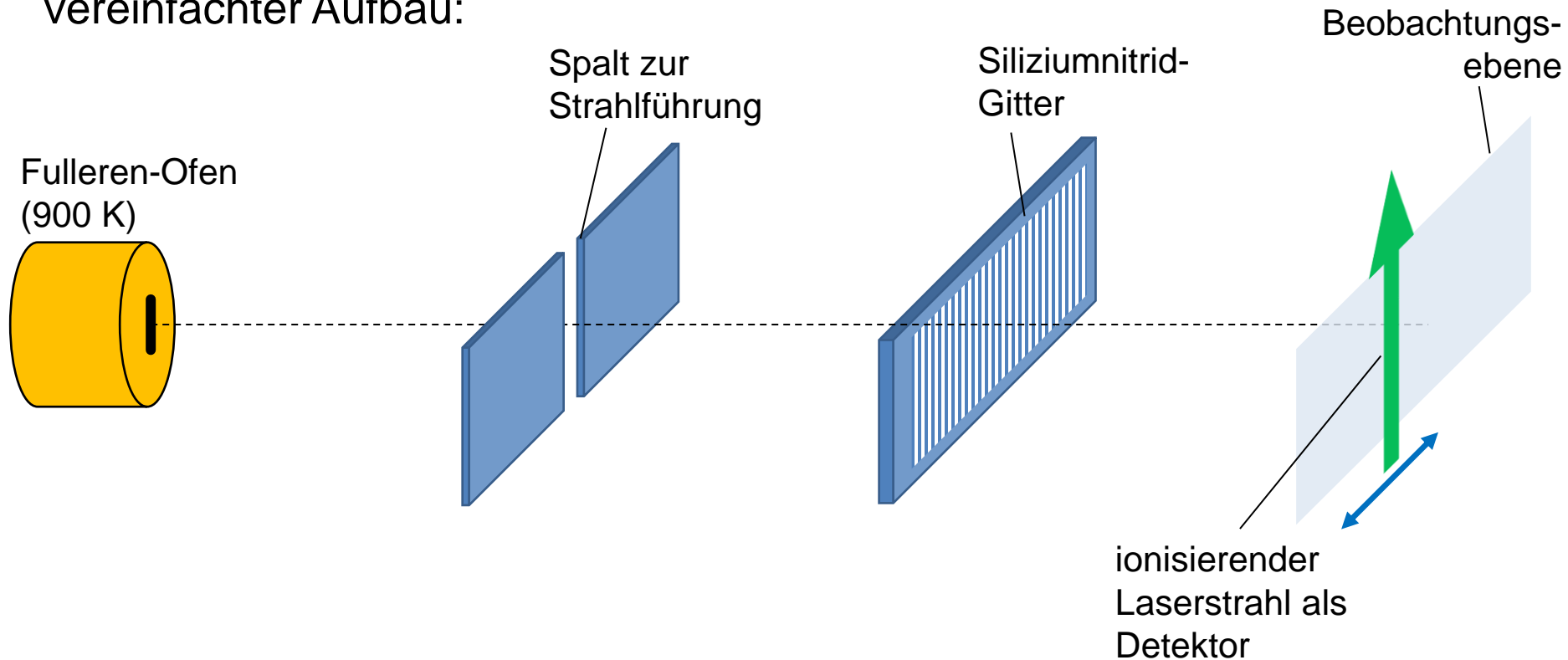
Modell des C_{60} -Moleküls: Sponk (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buckminsterfullerene_animated.gif), „Buckminsterfullerene animated“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode> (16.11.22); Fußball: Image by [Daniel Kirsch](#) from [Pixabay](#) (16.11.22); Zaun: Image by [Wolfgang Eckert](#) from [Pixabay](#) (16.11.22);

Weitere Quantenobjekte

- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Fullerene an einem Gitter, Wien 2002

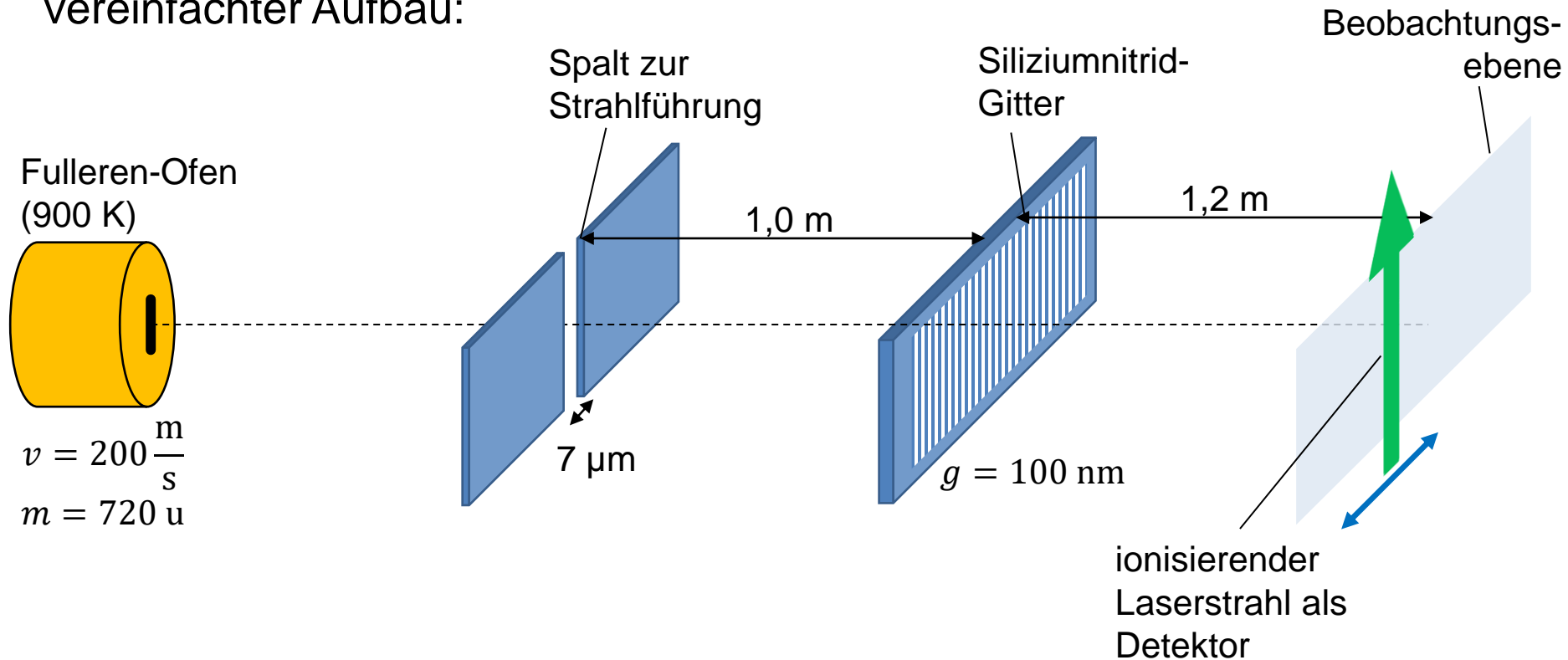
Weitere Quantenobjekte

- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Fullereane an einem Gitter, Wien 2002
- vereinfachter Aufbau:



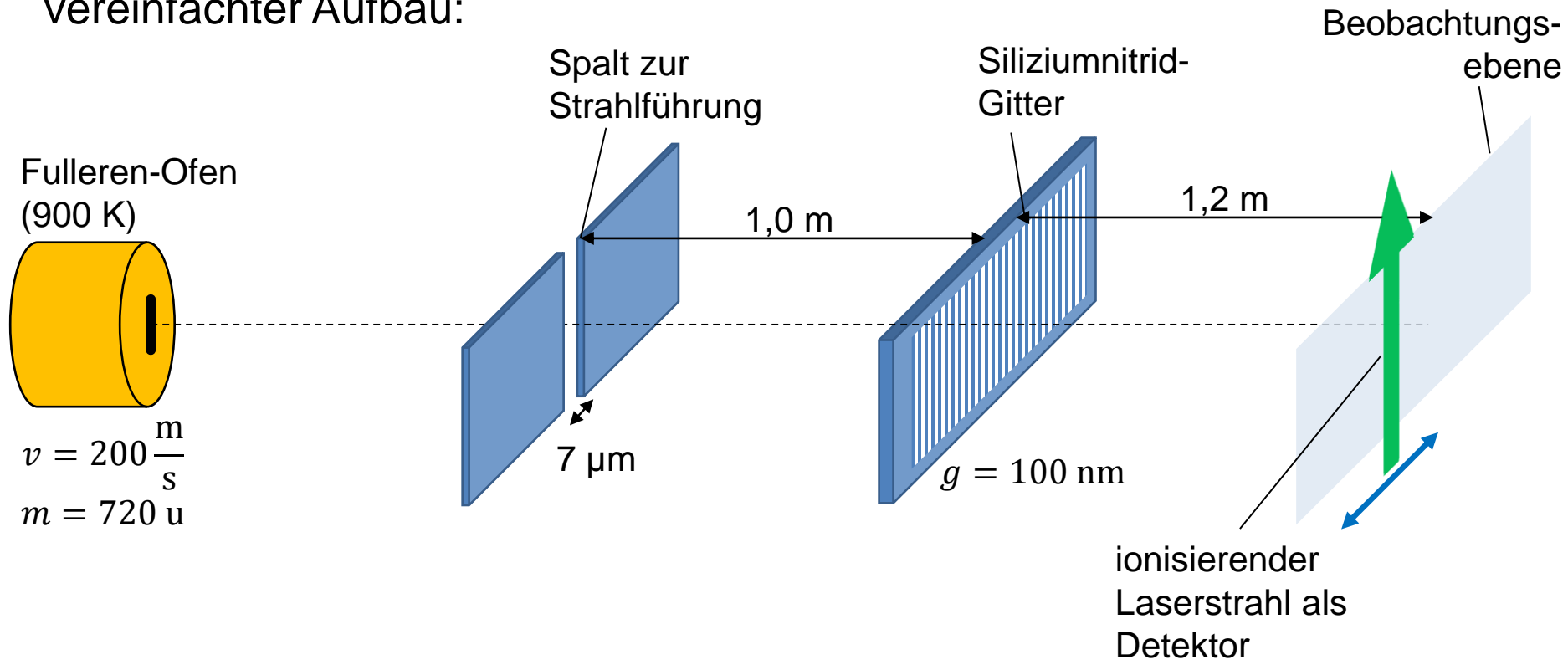
Weitere Quantenobjekte

- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Fullereane an einem Gitter, Wien 2002
- vereinfachter Aufbau:



Weitere Quantenobjekte

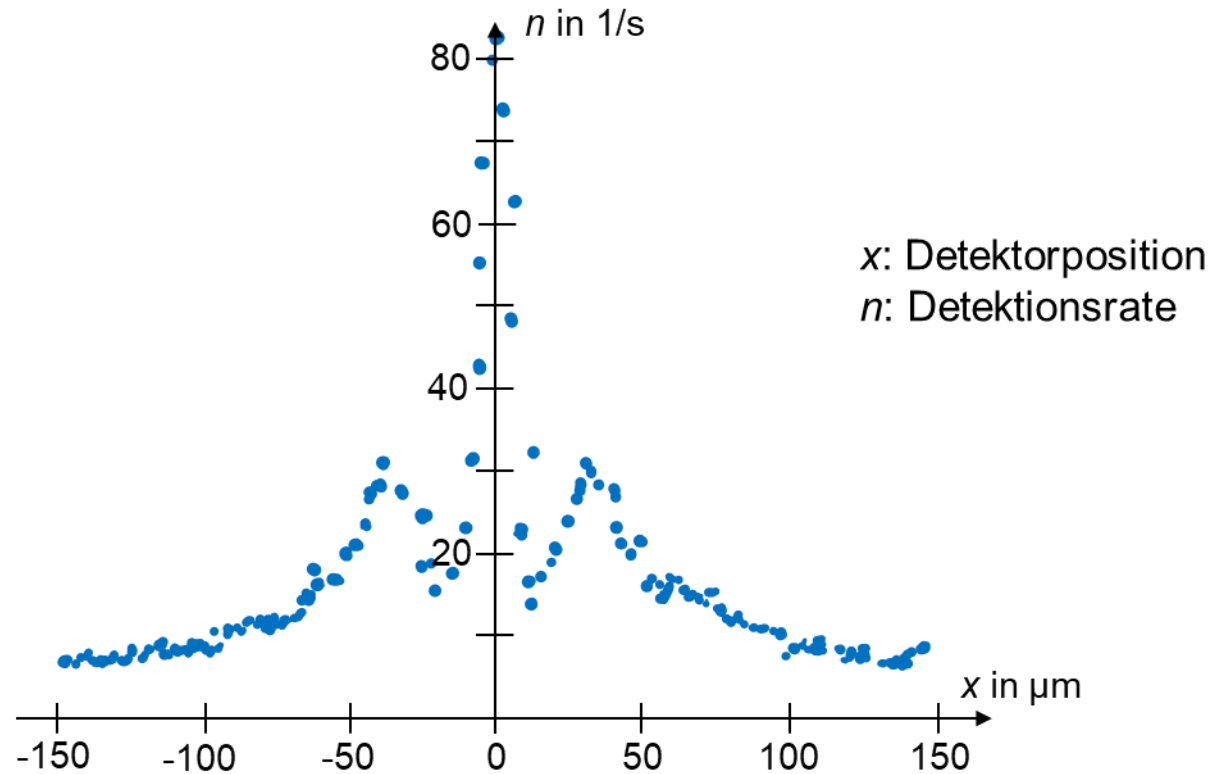
- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Fullereane an einem Gitter, Wien 2002
- vereinfachter Aufbau:



- Berechnen Sie die De-Broglie-Wellenlänge.
- Bestimmen Sie damit den Abstand zweier benachbarter Maxima.
- Schätzen Sie begründet ab, wie breit der Laserstrahl höchstens sein darf.

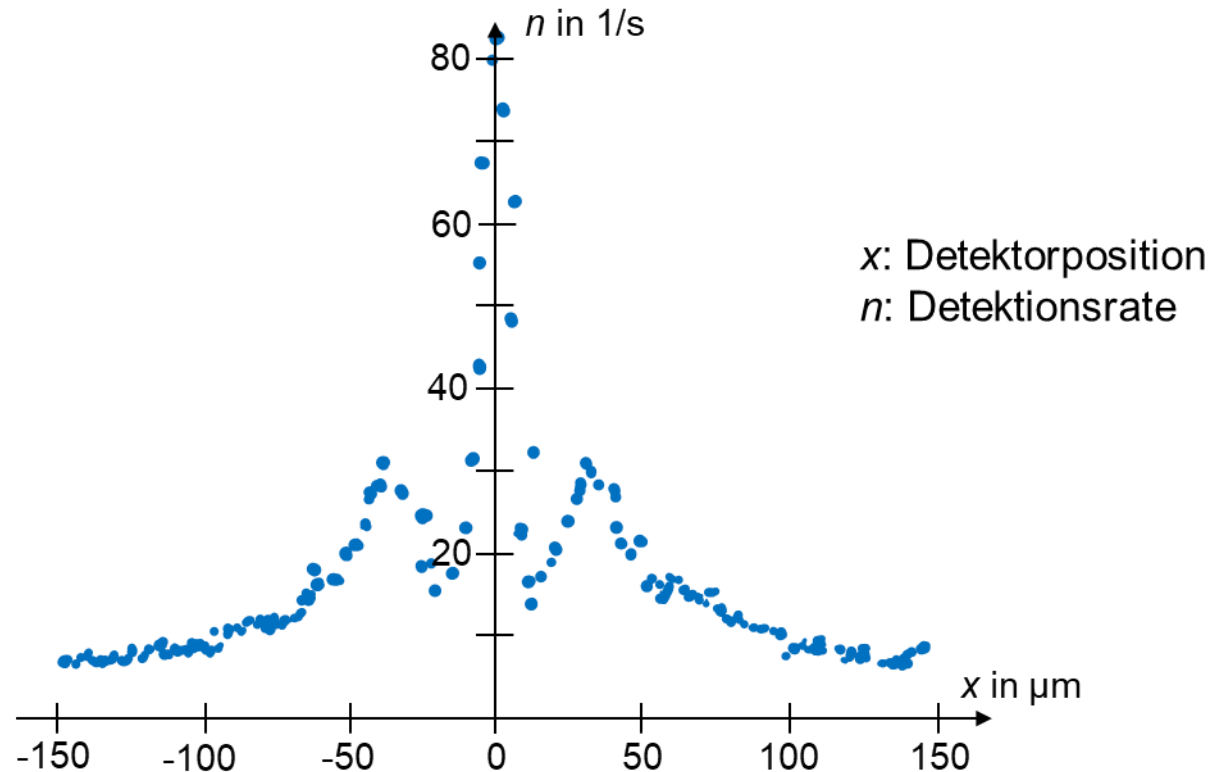
Weitere Quantenobjekte

- Ergebnis:



Weitere Quantenobjekte

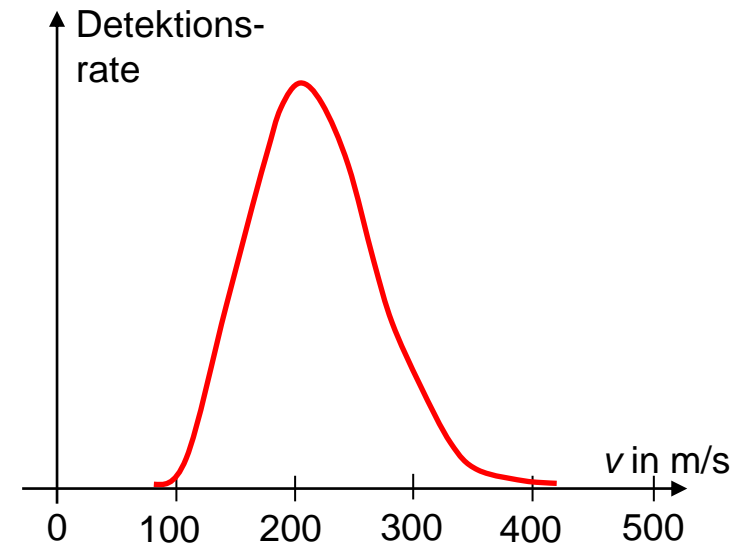
- Ergebnis:



- Beurteilen Sie das Ergebnis.
- Vergleichen Sie mit den Ergebnissen anderer Interferenzexperimente.
- Diskutieren Sie, welche Ursachen die Abweichungen haben könnten.

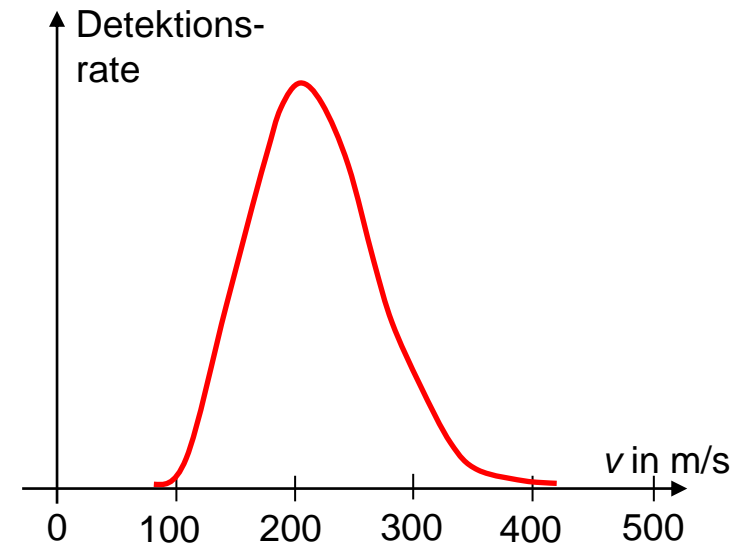
Weitere Quantenobjekte

- Geschwindigkeitsverteilung der C_{60} -Moleküle:



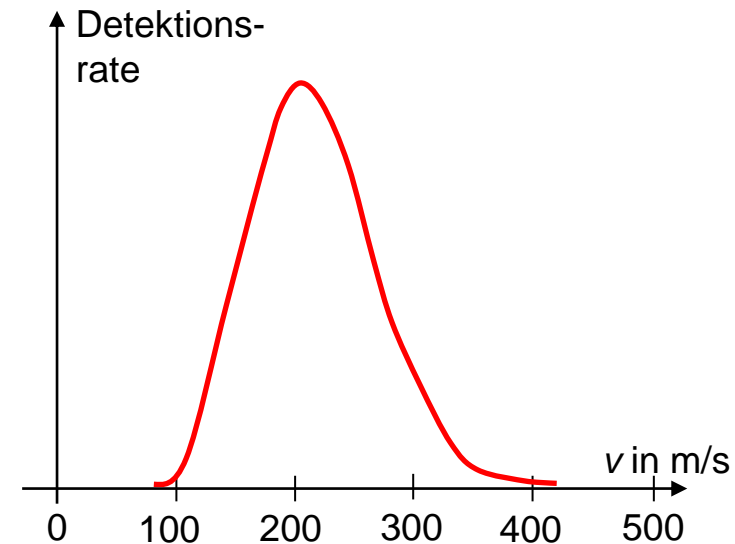
Weitere Quantenobjekte

- Geschwindigkeitsverteilung der C_{60} -Moleküle:
- Erklären Sie, warum diese Geschwindigkeitsverteilung das Interferenzmuster teilweise „verschwinden“ lässt.

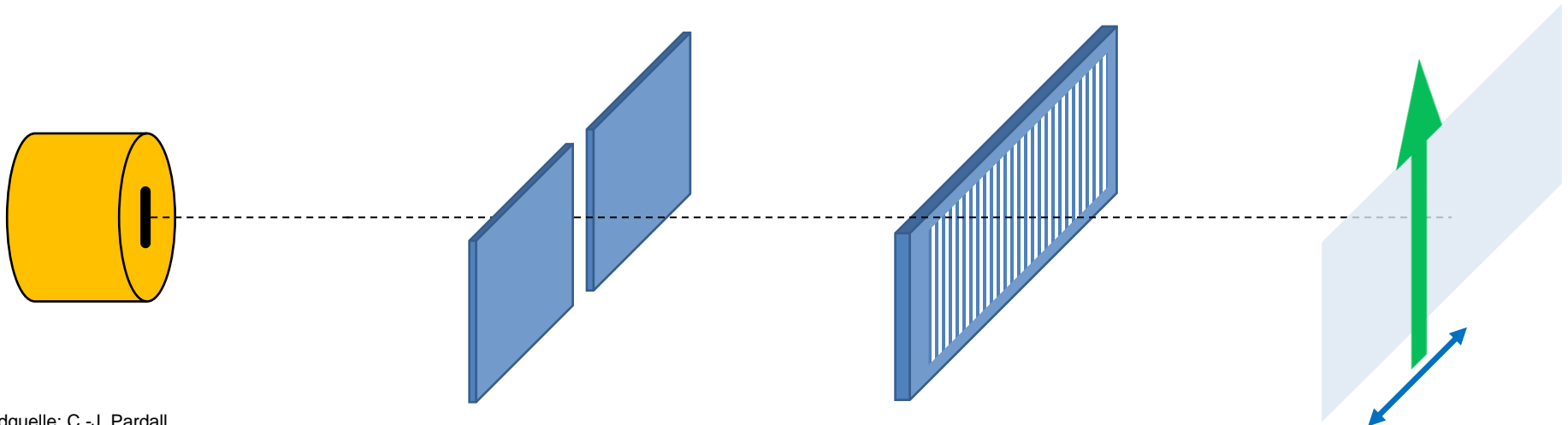


Weitere Quantenobjekte

- Geschwindigkeitsverteilung der C_{60} -Moleküle:
- Erklären Sie, warum diese Geschwindigkeitsverteilung das Interferenzmuster teilweise „verschwinden“ lässt.



- Verbesserter Aufbau:

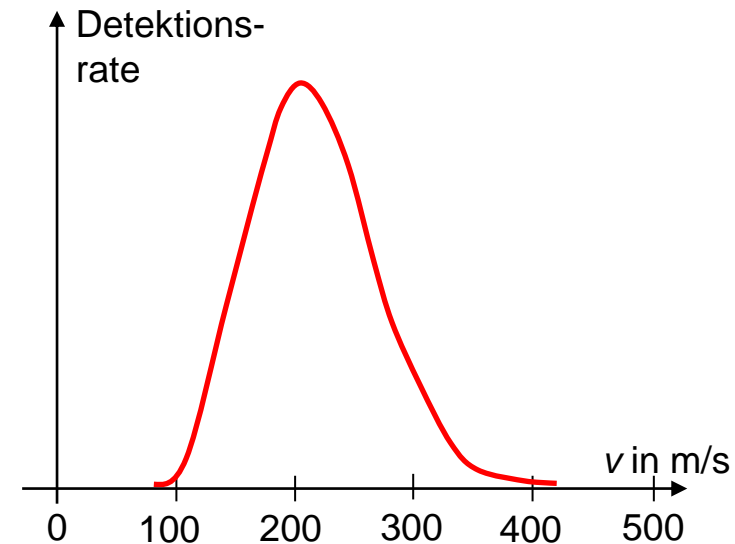


Bildquelle: C.-J. Pardall

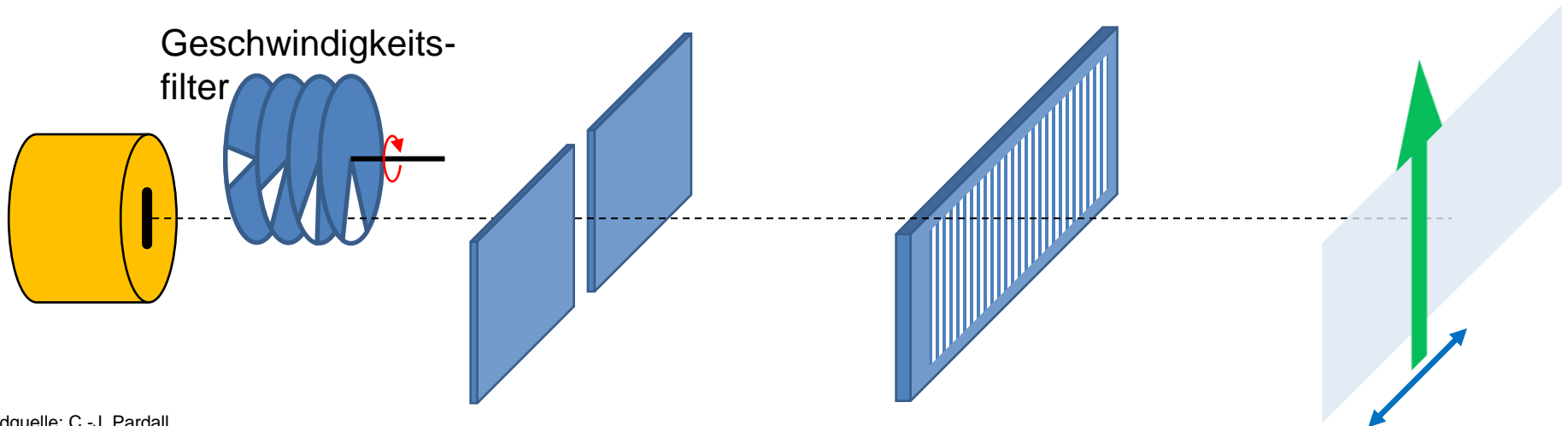
Messwerte aus: O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Quantum interference experiments with large molecules. American Journal of Physics 71, 319 (2003); doi: [10.1119/1.1531580](https://doi.org/10.1119/1.1531580) (16.11.22)

Weitere Quantenobjekte

- Geschwindigkeitsverteilung der C_{60} -Moleküle:
- Erklären Sie, warum diese Geschwindigkeitsverteilung das Interferenzmuster teilweise „verschwinden“ lässt.



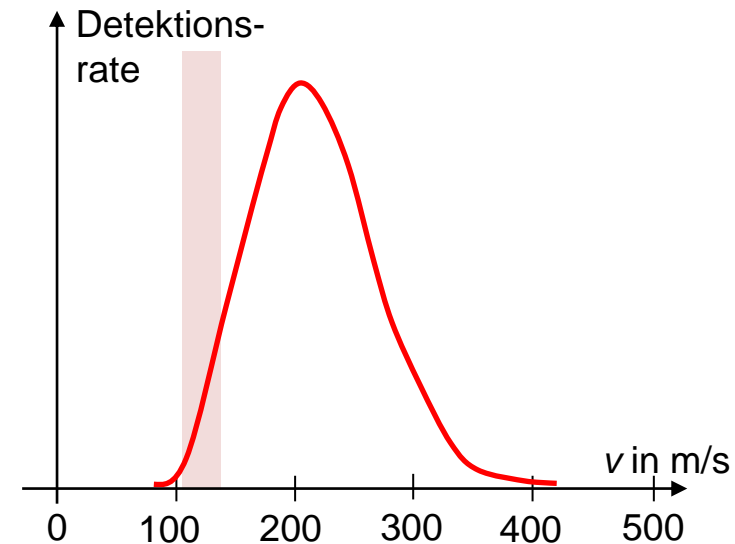
- Verbesserter Aufbau:



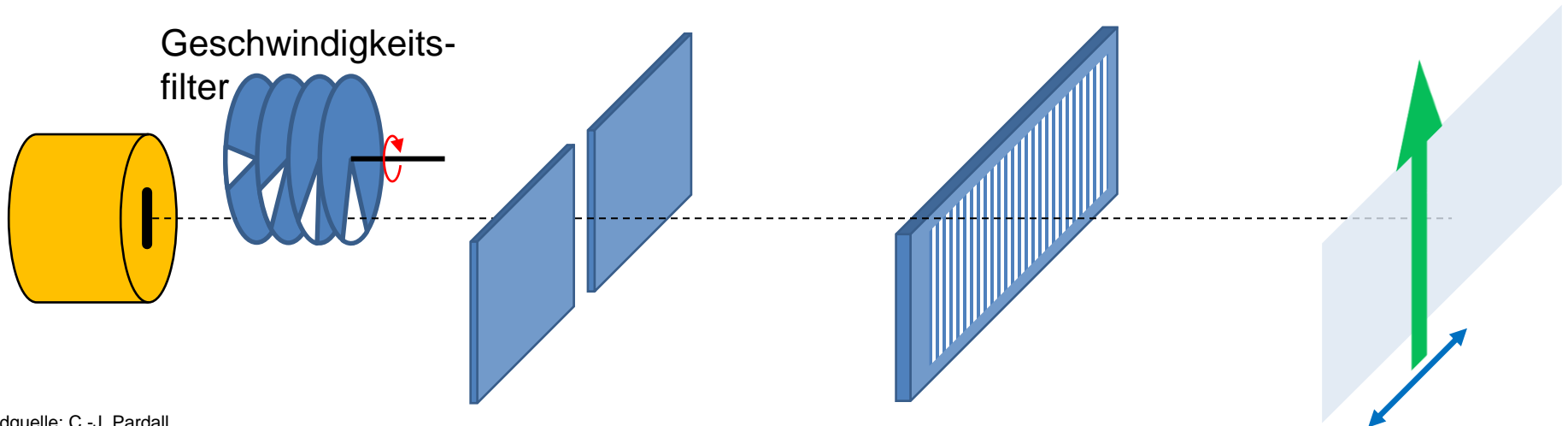
Bildquelle: C.-J. Pardall
Messwerte aus: O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Quantum interference experiments with large molecules. American Journal of Physics 71, 319 (2003); doi: [10.1119/1.1531580](https://doi.org/10.1119/1.1531580) (16.11.22)

Weitere Quantenobjekte

- Geschwindigkeitsverteilung der C_{60} -Moleküle:
- Erklären Sie, warum diese Geschwindigkeitsverteilung das Interferenzmuster teilweise „verschwinden“ lässt.



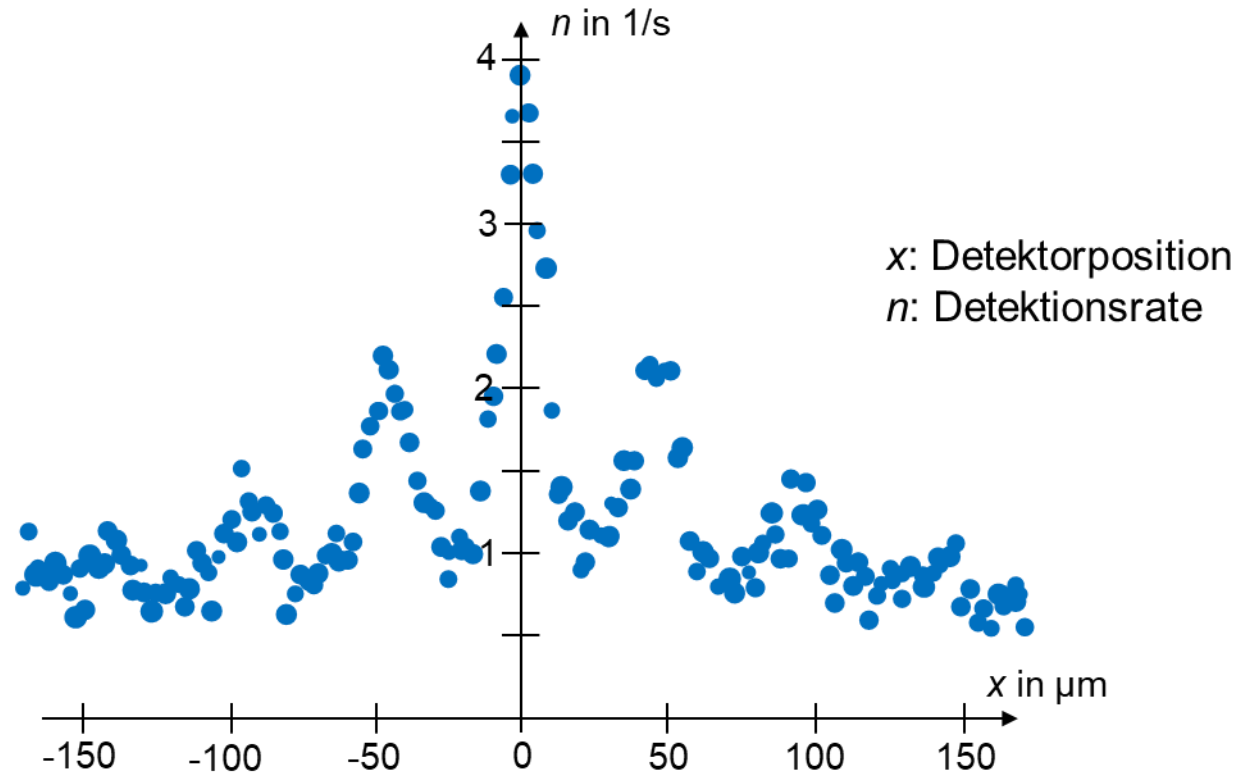
- Verbesserter Aufbau:



Bildquelle: C.-J. Pardall
Messwerte aus: O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger: Quantum interference experiments with large molecules. American Journal of Physics 71, 319 (2003); doi: [10.1119/1.1531580](https://doi.org/10.1119/1.1531580) (16.11.22)

Weitere Quantenobjekte

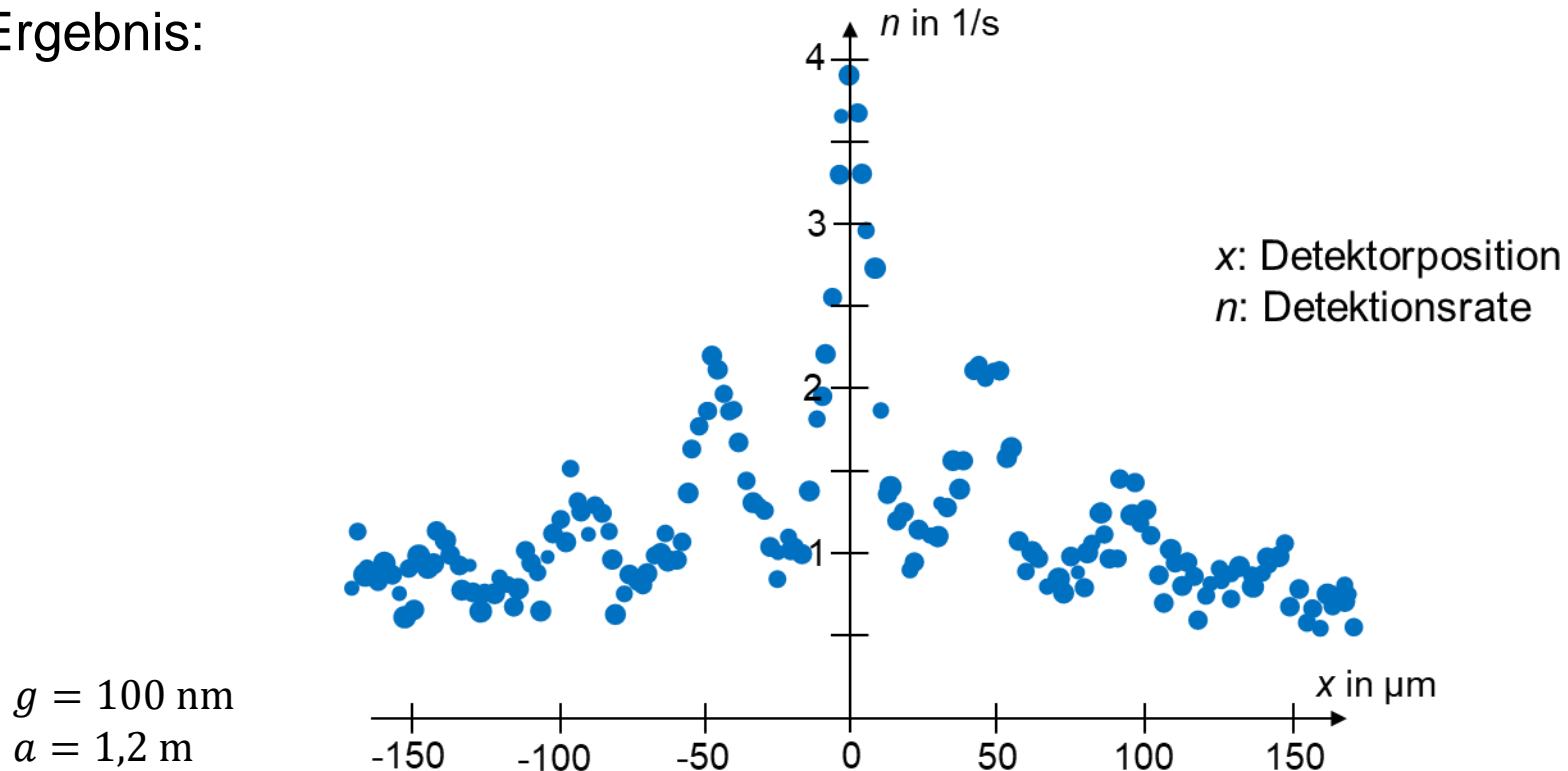
- Ergebnis:



$g = 100 \text{ nm}$
 $a = 1,2 \text{ m}$

Weitere Quantenobjekte

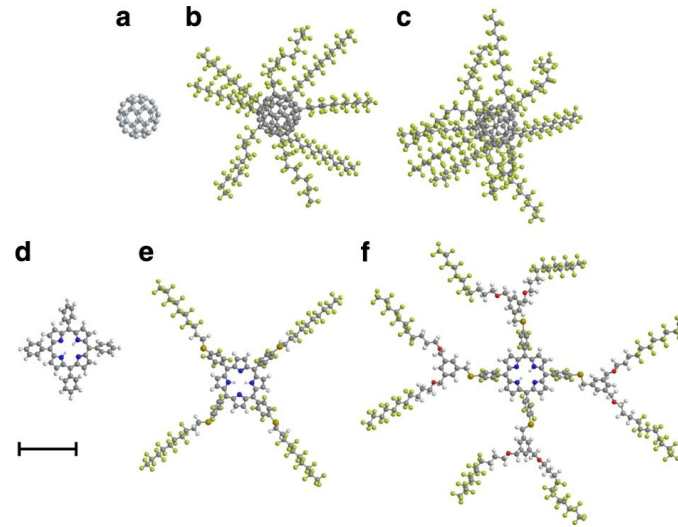
- Ergebnis:



- Bestimmen Sie aus der Intensitätsverteilung die Geschwindigkeit der C_{60} -Moleküle.
- Ben fragt: „Wenn der Durchmesser eines C_{60} -Moleküls etwa 1 nm ist, woher weiß es dann, dass es durch ein Gitter fliegt?“ Antworten Sie ihm.

Weitere Quantenobjekte

- S. Gerlich, S. Eibenberger, M. Tomandl u.a. 2011:
Spalt-Versuche mit größeren Molekülen ($m_{\max} = 6910$ u, $d_{\max} = 6$ nm)

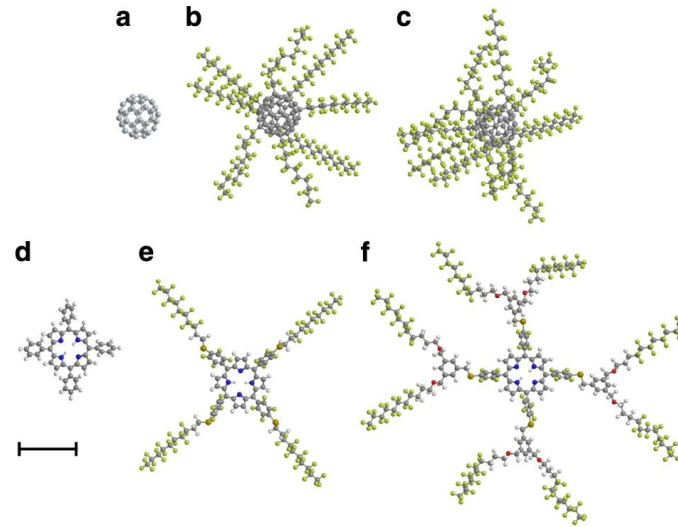


Größenvergleich:

a C_{60} -Molekül, f $C_{168}H_{94}F_{152}O_8N_4S_4$, ($m = 5310$ u)

Weitere Quantenobjekte

- S. Gerlich, S. Eibenberger, M. Tomandl u.a. 2011:
Spalt-Versuche mit größeren Molekülen ($m_{\max} = 6910$ u, $d_{\max} = 6$ nm)



Größenvergleich:

a C_{60} -Molekül, f $C_{168}H_{94}F_{152}O_8N_4S_4$, ($m = 5310$ u)

- Y.Y. Fein, P. Geyer, P. Zwick u.a. 2019:
„Talbot-Lau“-Interferometer mit Biomolekülen ($m > 25000$ u)
- Erklären Sie, warum man die Interferenz bei immer größeren Molekülen nachweisen möchte.

Bildquelle:

Gerlich, S., Eibenberger, S., Tomandl, M. et al. Quantum interference of large organic molecules. Nat Commun 2, 263 (2011). <https://doi.org/10.1038/ncomms1263>, CC BY-NC-ND 3.0 (16.11.22)

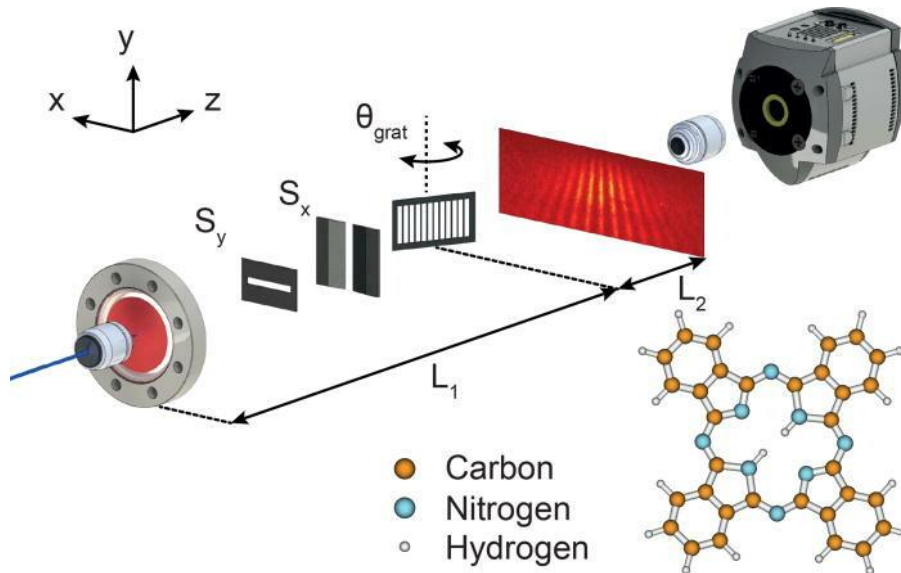
C.-J. Pardall (CC BY 4.0)

4120_up_weitere_quantenobjekte

17

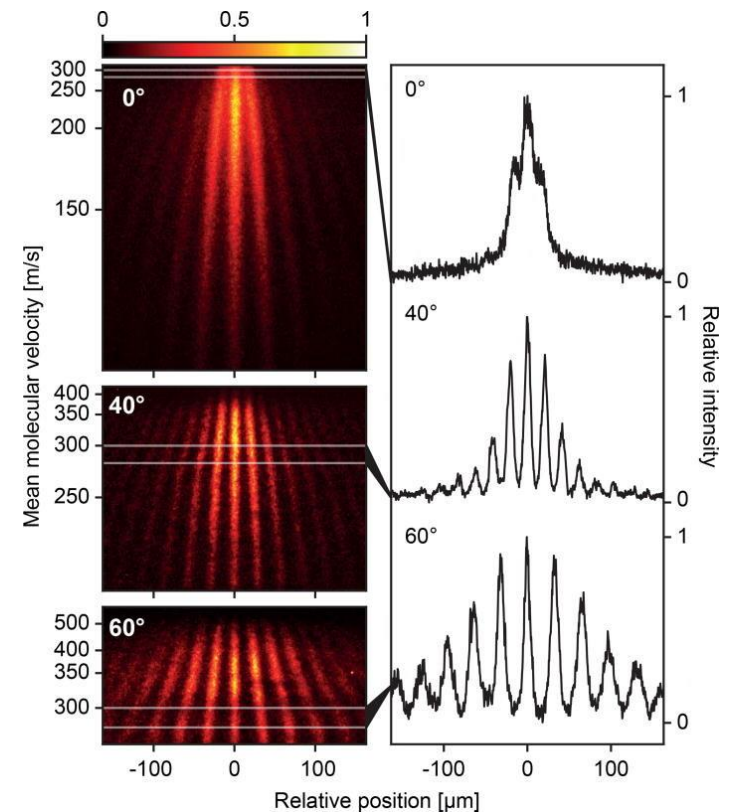
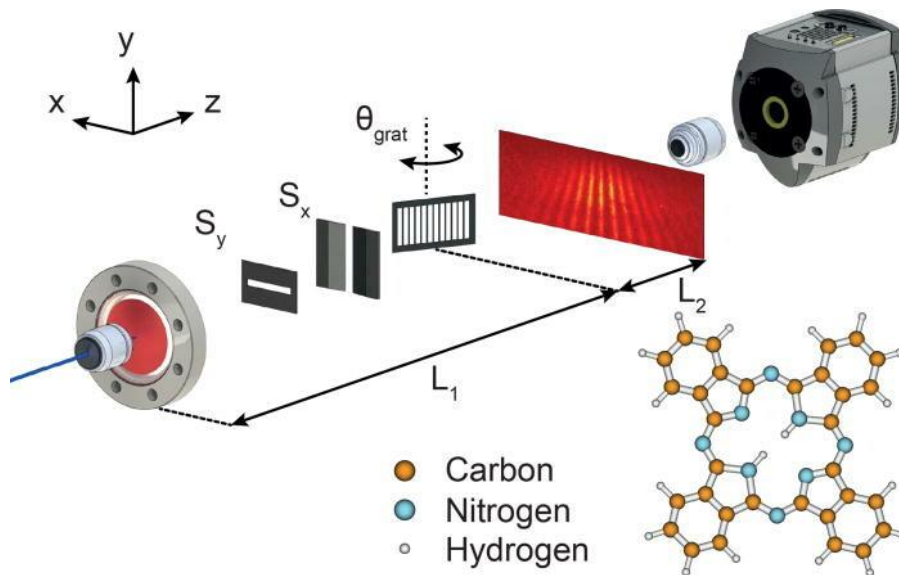
Weitere Quantenobjekte

- C. Brand, S. Troyer, C. Knobloch u.a. 2021:
Beugung an einem drehbaren Gitter bei Phthalocyanin ($m = 515 \text{ u}$)



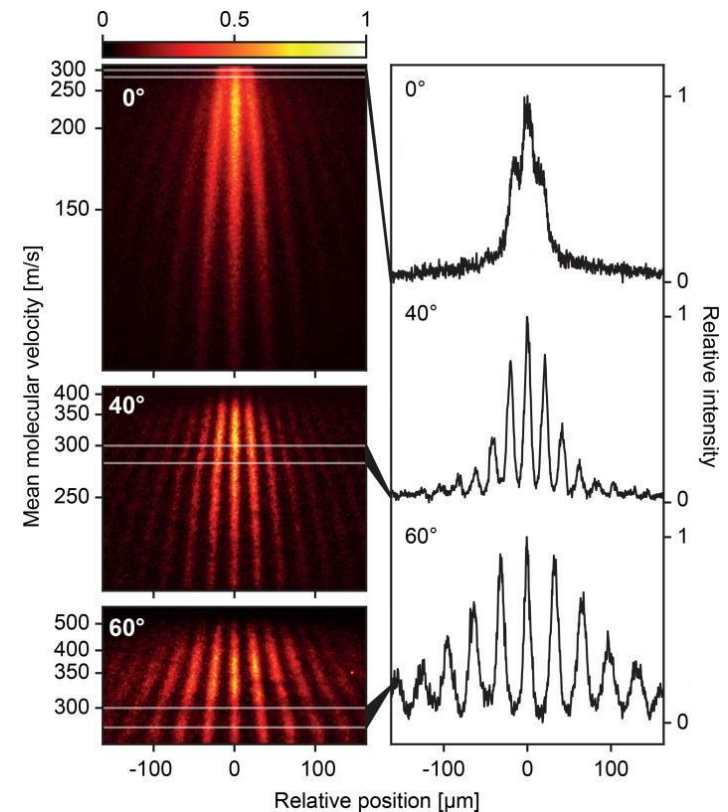
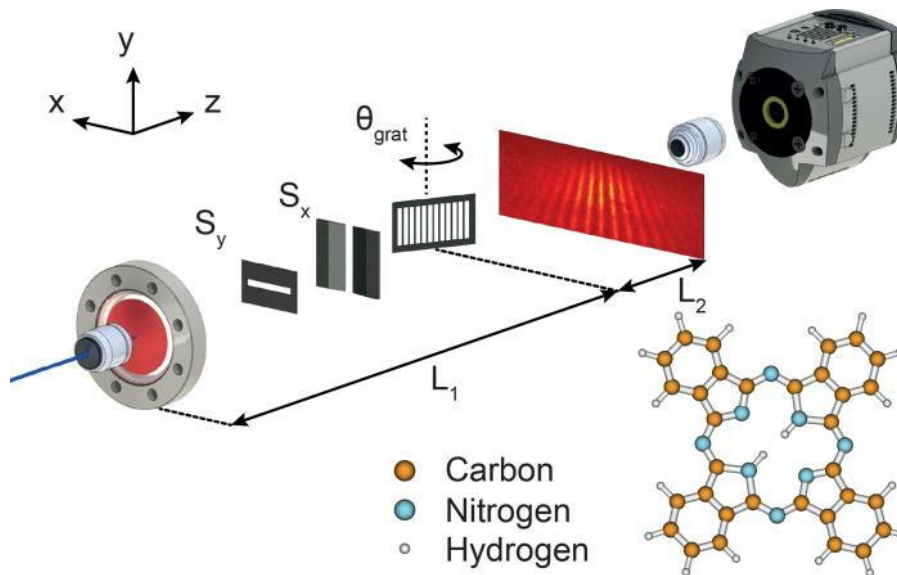
Weitere Quantenobjekte

- C. Brand, S. Troyer, C. Knobloch u.a. 2021:
Beugung an einem drehbaren Gitter bei Phthalocyanin ($m = 515 \text{ u}$)



Weitere Quantenobjekte

- C. Brand, S. Troyer, C. Knobloch u.a. 2021:
Beugung an einem drehbaren Gitter bei Phthalocyanin ($m = 515 \text{ u}$)



- Beschreiben Sie den Versuchsaufbau und die Intensitätsverteilungen. Gehen Sie auf den Drehwinkel ein.
- Erklären Sie, warum die Maxima im Interferenzmuster im unteren Teil des Schirms weiter auseinander liegen.