

11 Die Verlässlichkeit von COVID-19 Schnelltests

Ein mathematischer Satz aus dem 18. Jahrhundert hilft uns die Aussagekraft von COVID-19 Schnelltests zu untersuchen.

COVID-19 Schnelltests, auch „Lateral-Flow-Tests“ (LFTs) genannt, werden eingesetzt, um Mitarbeiter vor Arbeitsbeginn zu testen, Besuche in Schulen, Geschäften, Restaurants, Theatern zu ermöglichen oder 'körpernahe Dienstleistungen', wie etwa Friseure, in Anspruch nehmen zu können.

Aber wie sicher ist so ein Test? Wie stark kann man sich darauf verlassen? Nehmen wir dazu ein Beispiel vom Robert-Koch Institut². In einer Niedrig-Inzidenz Situation (5 von 10.000 Getesteten sind tatsächlich infiziert) machen alle 10.000 Menschen einen Test und 200 fallen positiv aus, obwohl die Person nicht infiziert ist. Man spricht dann von einer 'falsch-positiv' Rate von 200/10.000, also 2 %. Wenn also der Schnelltest, nur zweimal in 100 Fällen ein falsches Positiv liefert, wie groß ist dann die Chance, dass man bei einem positiven Test tatsächlich infiziert ist? Ist 98 % richtig? Die Frage war etwas gemein, weil dem Getesteten etwas Hintergrundinformation fehlt, ohne die, wie wir sehen werden, diese Frage nicht beantwortet werden kann.

Bei der Beantwortung hilft uns ein mathematischer Satz aus dem 18. Jahrhundert. Der Satz von Bayes (auch: Formel von Bayes), benannt nach dem englischen Mathematiker Thomas Bayes (1701-1761), dient der Berechnung *bedingter Wahrscheinlichkeiten*. Die Formel von Bayes lautet in mathematischer Notation

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}.$$

Hierbei ist $P(A|B)$ die (bedingte) Wahrscheinlichkeit des Ereignisses A unter der Bedingung, dass B eingetreten ist.

In unserem Fall (siehe RKI-Quelle, linke Seite), werden 10.000 Menschen getestet, die nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurden. Es sind 5 von 10.000 Personen mit COVID-19 infiziert. Man spricht hier von der „Vorwahrscheinlichkeit“: die Prävalenz oder die Hintergrundrate in der Bevölkerung, sie ist hier 0,05 %. Der Schnelltest identifiziert 4 von ihnen korrekt. Es gibt 9.995 nicht infizierte Menschen und der Schnelltest identifiziert 9.795 von ihnen korrekt.

Eigenschaften des Schnelltest: Wenn man infiziert ist, wird er dies in $4/5=80\%$ der Fälle richtig sagen; wenn man nicht infiziert ist, wird er dies in $9.795/9.995$, also ca. 98 % der Fälle richtig sagen. Aber das bedeutet auch, dass der Schnelltest, obwohl er in 80 % der Fälle die richtige Antwort gibt, 200 Menschen gesagt hat, dass sie infiziert sind, obwohl sie nicht infiziert sind.

²Robert-Koch Institut, Infografik: Corona-Schnelltest-Ergebnisse verstehen, 25. Feb. 2021. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Infografik_Antigentest_PDF.pdf, Seiten 48–50

Zurück zur Mathematik und dem Satz von Bayes. Als Ereignisse definieren wir A : infiziert und B : positiver Test und erhalten die Wahrscheinlichkeiten

$$P(A) = 5/10.000, \quad P(B) = 204/10.000, \quad P(B|A) = 4/5.$$

und wir erhalten

$$P(A|B) = \frac{\frac{4}{5} \cdot \frac{5}{10.000}}{\frac{204}{10.000}} = \frac{4 \cdot 5}{5 \cdot 204} = \frac{2}{102} \approx 2\%.$$

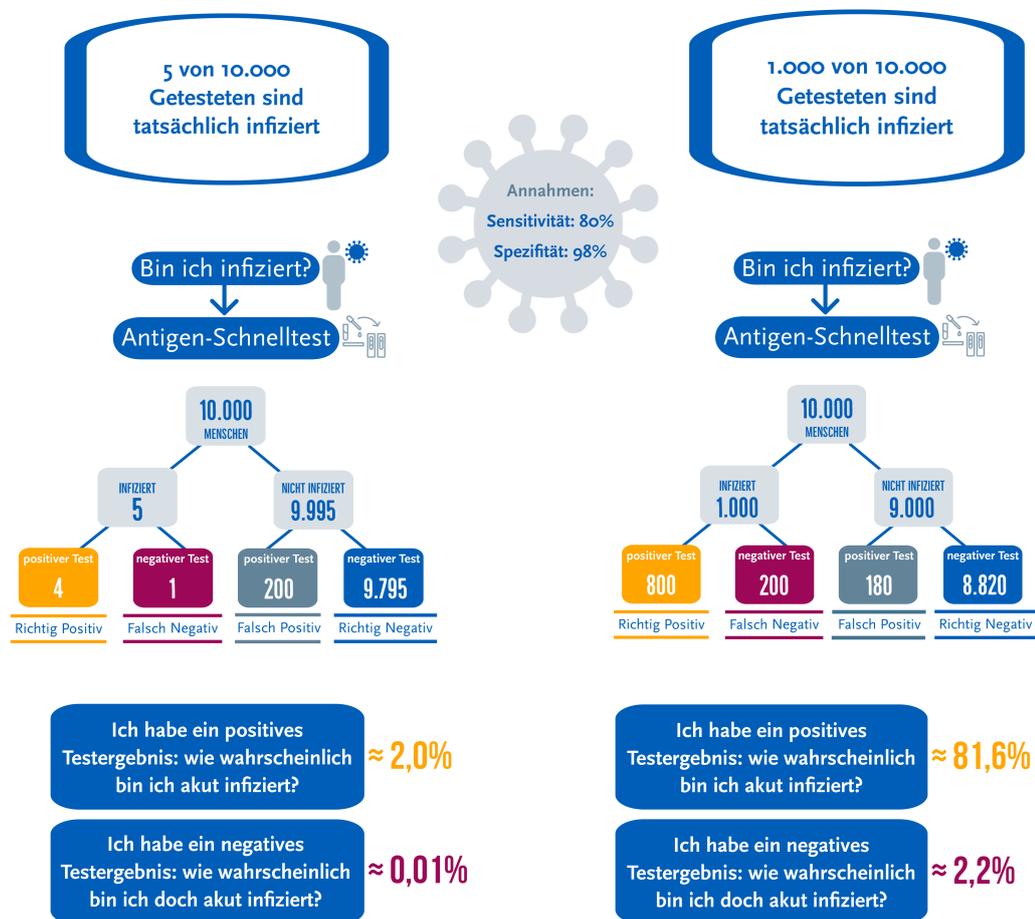
Wenn man also ein positives Ergebnis erhält, liegt in diesem Fall die Chance, tatsächlich infiziert zu sein, nur bei ca. 2%. Ohne die Vorwahrscheinlichkeit zu kennen, weiß man nicht, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Ergebnis falsch oder richtig ist. Als Übung könnte man das Ergebnis von der RKI-Quelle, rechte Seite, bestimmen; bei dieser Hoch-Inzidenzlage ist jede 10. Person infiziert und es ergeben sich ganz andere Zahlen!

Diese Zahlen gelten natürlich nur, wenn man die Bevölkerung wirklich nach dem Zufallsprinzip getestet wird. Benutzen die Menschen die Schnelltests, weil sie einen Verdacht haben (z.B. weil sie Symptome aufweisen), dann wäre auch die Vorwahrscheinlichkeit entsprechend höher.

Corona-Schnelltest-Ergebnisse verstehen

Ein negatives Testergebnis schließt eine SARS-CoV-2-Infektion nicht aus und ist deshalb kein Freifahrtschein. Alle Hygienemaßnahmen müssen auch bei negativem Testergebnis weiter eingehalten werden.

Die Aussagekraft von Antigen-Schnelltests hängt stark vom Anteil der Infizierten unter den getesteten Personen (Vortestwahrscheinlichkeit) sowie von der Sensitivität und Spezifität der Tests ab. Die folgenden Grafiken sollen helfen, Testergebnisse von Antigen-Schnelltests auf SARS-CoV-2 zu verstehen. Dafür werden zwei Situationen anhand von Rechenbeispielen verglichen: Auf der linken Seite sind unter den Getesteten nur wenige Personen tatsächlich infiziert (5 von 10.000), während auf der rechten Seite viele der Getesteten infiziert sind (1.000 von 10.000).



Die Sensitivität und Spezifität beschreiben wie gut ein Test ist. Die Sensitivität ist der Anteil der Personen mit positivem Testergebnis unter den Infizierten. Die Spezifität ist der Anteil der Personen mit negativem Testergebnis unter den Nicht-Infizierten.

Stand: 24.02.2021

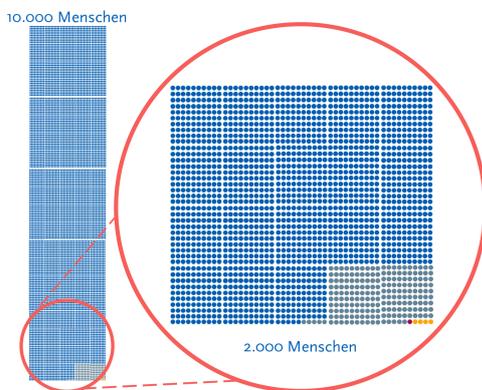
Abbildung 13: Infografik Corona-Schnelltest, Seite 1 (Quelle: Robert Koch-Institut)



Corona-Schnelltest-Ergebnisse verstehen

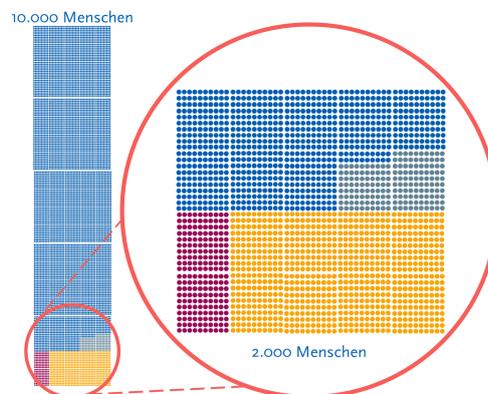
10.000 Testergebnisse

5 von 10.000 Getesteten sind tatsächlich infiziert



10.000 Testergebnisse

1.000 von 10.000 Getesteten sind tatsächlich infiziert



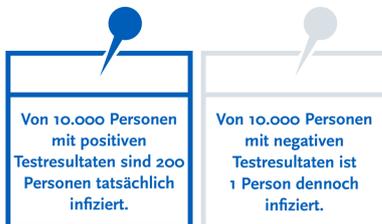
Testergebnisse einordnen

Positive Tests (204), davon

- infiziert: 4 (Richtig Positiv)
 - nicht infiziert: 200 (Falsch Positiv)
- Wahrscheinlichkeit, dass ein positiver Test richtig liegt (4/204): ≈ 2,0%

Negative Tests (9.796), davon

- nicht infiziert: 9.795 (Richtig Negativ)
 - infiziert: 1 (Falsch Negativ)
- Wahrscheinlichkeit, dass ein negativer Test richtig liegt (9.795/9.796): ≈ 99,99%



Testergebnisse einordnen

Positive Tests (980), davon

- infiziert: 800 (Richtig Positiv)
 - nicht infiziert: 180 (Falsch Positiv)
- Wahrscheinlichkeit, dass ein positiver Test richtig liegt (800/980): ≈ 81,6%

Negative Tests (9.020), davon

- nicht infiziert: 8.820 (Richtig Negativ)
 - infiziert: 200 (Falsch Negativ)
- Wahrscheinlichkeit, dass ein negativer Test richtig liegt (8.820/9.020): ≈ 97,8%

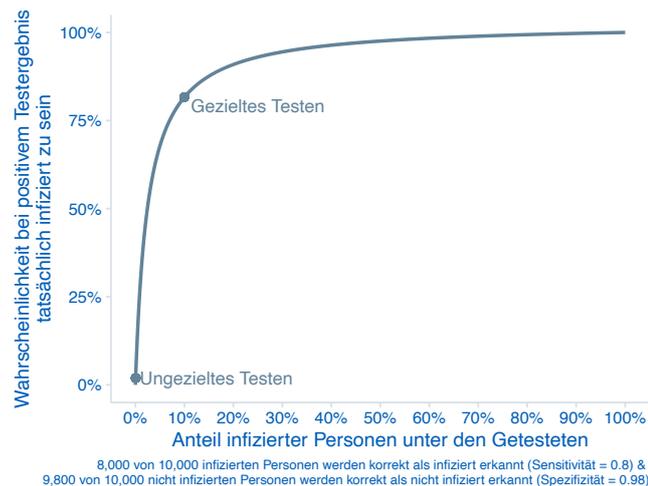


Stand: 24.02.2021

Abbildung 14: Infografik Corona-Schnelltest, Seite 2 (Quelle: Robert Koch-Institut)



Corona-Schnelltest-Ergebnisse verstehen



Effektive Testansätze stehen im Zentrum der Bekämpfung von SARS-CoV-2. Für den Virusnachweis werden eine Vielzahl von Antigen-Schnelltests angeboten. Diese basieren auf dem Nachweis von viralem Protein in Abstrichen aus den Atemwegen. Antigen-Schnelltests können schneller durchgeführt werden als PCR-Tests. Im Vergleich zur PCR erkennen diese Schnelltests jedoch sowohl infizierte Personen schlechter (niedrigere Sensitivität) als auch nicht-infizierte Personen schlechter (niedrigere Spezifität). Die Aussagekraft von Antigen-Schnelltests hängt stark vom Anteil der Infizierten unter den getesteten Personen (Vortestwahrscheinlichkeit) sowie von der Sensitivität und Spezifität der Tests ab. Die Rechenbeispiele oben illustrieren den Zusammenhang zwischen dem Anteil der Infizierten unter den Getesteten, der Sensitivität und Spezifität der Tests und den resultierenden positiven und negativen Vorhersagewerten. Die angenommenen Werte für die Sensitivität und Spezifität der Tests sind großzügig angelegt. Der positive Vorhersagewert beziffert die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person infiziert ist, wenn sie positiv getestet wurde. Der negative Vorhersagewert beziffert die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person nicht infiziert ist, wenn sie negativ getestet wurde.

Wenn unter den Getesteten nur wenige Personen tatsächlich infiziert sind, dann sind positive Testresultate unzuverlässig. Wenn unter den Getesteten allerdings sehr viele Personen infiziert sind, dann sind positive Testresultate zuverlässig, aber die negativen Testresultate dafür weniger. Die Aussagekraft der Tests hängt vom Testansatz und der Verbreitung des Virus ab.

Referenzen

- McDowell, M., & Jacobs, P. (2017). Meta-analysis of the effect of natural frequencies on Bayesian reasoning. *Psychological Bulletin*, 143(12), 1273. <https://doi.org/10.1037/bul0000126>
- Seifried, J., Böttcher, S., Oh, D.Y., Michel, J., Nitsche, A., Jenny, M.A., Wieler, L.H., Antão, E.-M., Jung-Sendzik, T., Dürrwald, R., Diercke, M., Haas, W., Abu Sin, M., Eckmanns, T., Hamouda, O., & Mielke, M. (2021). Was ist bei Antigen-tests zur Eigenanwendung (Selbsttests) zum Nachweis von SARS-CoV-2 zu beachten? *Epidemiologisches Bulletin*, 2021;8:3-9. <http://dx.doi.org/10.25646/8040>

Stand: 24.02.2021

Abbildung 15: Infografik Corona-Schnelltest, Seite 3 (Quelle: Robert Koch-Institut)