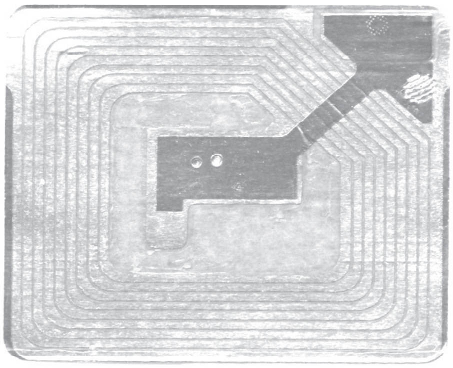
A 5 Abschätzung von Messunsicherheiten im Physikunterricht

An einem Beispiel soll dargestellt werden, wie eine Abschätzung von Messunsicherheiten aus den Versuchsbedingungen angemessen elementarisiert werden kann. Auch hier wird das Wesentliche an einem Beispiel dargestellt, dessen Inhalt nicht zum Pflichtstoff gehört. Der dargestellte Teil der Lösung ist auf die Anteile beschränkt, die benötigt werden, um das intendierte Verfahren der Fehlerabschätzung zu erläutern.

Aufgabe: Hier sehen Sie das Foto eines RFID – Tags.



Quelle:Kommission

Schätzen Sie die Kapazität des Kondensators auf dem RFID-Tag aufgrund von geeigneten Messungen ab.
Dazu dürfen Sie annehmen, dass die Kondensatorplatten durch eine 0,020 mm dicke Folie der Permittivität ε_r=2,4 getrennt sind.

Lösungselemente:

$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Grundregeln für die Abschätzung von Messunsicherheiten:

1. Man gibt üblicherweise Ergebnisse durch einen „bestmöglichen Wert“ und eine absolute Messunsicherheit an. Diese absolute Messunsicherheit wird nach Konvention mit zwei geltenden Ziffern angegeben, der „bestmögliche Wert“ wird dann mit der gleichen Anzahl von Dezimalstellen, also ggf. mit deutlich mehr geltenden Ziffern angegeben.

In der Schule *darf man als bestmöglichen Wert in der Regel „den“ Messwert heranziehen, eine aufwendige Mittelwertbildung darf in der Regel entfallen.*

2. Man kann unter dieser Voraussetzung Messunsicherheiten von Messgrößen dadurch abschätzen, dass man sich das eigene Messverhalten klar macht.

3. Ebenfalls unter dieser Voraussetzung gilt: In Produkten oder Quotienten werden relative Messunsicherheiten der Bestandteile addiert, in Potenzen entsprechend behandelt. In Summen werden die absoluten Messunsicherheiten addiert, bevor man die relative Messunsicherheit bestimmt.

4. *In Veröffentlichungen angegebene Werte* folgen der Konvention, dass die letzte angegebene Stelle durch Rundung entstanden ist.

Wenn man auf die Angabe von Unsicherheiten verzichten will, eignet sich als Faustregel für Anfänger: Das Ergebnis soll nur so viele geltende Ziffern aufweisen, wie die „schlechteste“ der Eingangsgrößen.

Abschätzung der relativen Messunsicherheit beispielhaft dargestellt für die Kapazität *C*

Die Messunsicherheit kann drei mögliche Gründe haben:

- ε_r ist angegeben mit 2,4. Das bedeutet nach Grundregel 4: Die Ziffer 4 ist unsicher, sie kann durch Runden aus einer Zahl im oben halboffenen Intervall zwischen 2,35 bis 2,45 hervorgegangen sein. Das führt auf $\Delta\varepsilon_r \approx 0{,}05$, also ist der relative Fehler $\Delta\varepsilon_r / \varepsilon_r \approx 2{,}1\%$.
- d ist angegeben als 0,020 mm. Das bedeutet mit derselben Überlegung wie oben $\Delta d \approx 0{,}0005$ mm, also ist die relative Messunsicherheit $\Delta d / d \approx 2{,}5\%$.
- A wird durch eigenes Ausmessen an der Abbildung bestimmt. Dabei misst man im Original grob $18{,}5 \cdot 9{,}0$ mm² mit einer durch Messung mit dem Geodreieck bedingten Messunsicherheit bei jeder Länge von 0,5 mm.
  Das bedeutet, dass die relative Messunsicherheit der Fläche (2,7+5,6)% beträgt.

Anwendung von Grundregel 3 ergibt eine relative Messunsicherheit von $\Delta C / C \approx 13\%$.
Für das Endergebnis $C \approx 1{,}768 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{F}$ erhält man deswegen eine absolute Messunsicherheit von $\Delta C \approx 1{,}768 \cdot 10^{-10} \cdot 0{,}13\,\mathrm{F} \approx 0{,}228 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{F}$.

Wegen Grundregel 1 über die Stellenzahl bei absoluten Messunsicherheiten muss man also als Endergebnis angeben:
$C \approx (1{,}77 \pm 0{,}23) \cdot 10^{-10}\,\mathrm{F}$.