

Name: Johannes Mootz
Datum: 15.02.2021
Doppelstunde
es fehlte: Niemand

Ort: RGR / PH2

Thema: Schülervortrag zur Induktion gehalten von Simon Maiwald

TOP 1 -Anwesenheitskontrollen

→ Keine Abwesenheit

TOP 2 -Der Referent hielt seinen Vortrag über die elektromagnetische Induktion. Hierbei zeigte er Anwendungsbereiche dieser und leitete im gleichen Zug die Formeln zur Berechnung der sog. Induktionsspannung her

TOP 3 -Der Kurs hatte anschließend die Gelegenheit die Inhalte des Vortrags beim Bearbeiten einiger vergangener Abituraufgaben anzuwenden.

Johannes Mootz
Protokollant

Thema: Frequenzbestimmungen

Im Mittelpunkt dieser Aufgabe stehen Frequenzbestimmungen. Diese werden in den Zusammenhängen Induktion, Schallausbreitung und Röntgenstrahlung betrachtet.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

In dieser Aufgabe sollen die Frequenzen einer sich drehenden Achse anhand von Induktionsspannungen bestimmt werden.

- 1.1** Zunächst wird eine Feldspule betrachtet, in deren Inneren sich eine Induktionsspule befindet (Abb. 1). Die Feldspule wird von einem sinusförmigen Strom durchflossen. Mit einem Oszilloskop lassen sich sowohl die magnetische Flussdichte B in der Feldspule als auch die Spannung an der Induktionsspule darstellen.

Hinweis: Die magnetische Flussdichte B wird oft auch magnetische Feldstärke genannt.

Erläutern Sie anhand des Induktionsgesetzes das Entstehen der Induktionsspannung im beschriebenen Experiment.

Zeichnen Sie den zu erwartenden zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung in das Oszilloskopbild (Abb. 2, Kanal 2) qualitativ ein.

Begründen Sie den Verlauf Ihrer Kurve.

[9 BE]

- 1.2** Auch mit einem rotierenden Magneten lässt sich an den Anschlüssen einer Spule eine Induktionsspannung erzeugen (Abb. 3). Ein Oszilloskop stellt für verschiedene Rotationsfrequenzen die induzierten Spannungen in Abhängigkeit von der Zeit dar (Abb. 4). Bestimmen Sie aus den Messkurven in Abb. 4 jeweils die Rotationsfrequenz f des Magneten und die Amplitude U_{\max} der vom Oszilloskop angezeigten Induktionsspannung.

Ermitteln Sie mit allen Messwerten einen funktionalen Zusammenhang $U_{\max} = f(f)$ zwischen der Rotationsfrequenz f und der Amplitude U_{\max} , indem Sie Ihre Auswertung in der aus dem Unterricht vereinbarten Weise dokumentieren.

Beurteilen Sie, inwieweit sich das experimentelle Ergebnis bis auf Konstanten aus dem Induktionsgesetz folgern lässt.

[14 BE]

- 1.3** Erläutern Sie zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten, wie man den Aufbau bei dem in Aufgabe 1.2 beschriebenen Experiment verändern könnte, um bei gleicher Rotationsfrequenz eine höhere Induktionsspannung zu erhalten.

[4 BE]

- 1.4** Von einem anderen Motor soll die Rotationsfrequenz seiner Achse experimentell bestimmt werden. Zusätzlich zu Magnet und Spule aus Abb. 3 wird ein zur Messung der Amplitude U_{\max} geeignetes Voltmeter verwendet.

Stellen Sie dar, welchen Nutzen der funktionale Zusammenhang aus 1.2 für die Frequenzbestimmung hat.

Erklären Sie, worauf Sie beim Aufbau achten müssen, damit Sie verlässliche Werte erhalten.

[4 BE]

Aufgabe 2

In einem anderen Experiment soll die Frequenz von Schall bestimmt werden. Ein Lautsprecher L wird dazu vor die eine Öffnung eines sogenannten Quinckeschen Rohrs gestellt (Abb. 5). Vor der anderen Öffnung steht ein Mikrofon M .

- 2.1** Der Auszug des Quinckeschen Rohrs in Abb. 5 wird nach rechts gezogen. Bei eingeschaltetem Lautsprecher mit geeigneter konstanter Frequenz registriert das Mikrofon an bestimmten Positionen ein Signal maximaler, an anderen eines minimaler Lautstärke.

Erklären Sie das Zustandekommen dieser unterschiedlich lauten Signale.

Begründen Sie, dass in der Praxis die Lautstärke nicht ganz Null wird.

[8 BE]

- 2.2** In Tabelle 1 sind mehrere Werte für aufeinander folgende Positionen des Auszugs angegeben, bei denen ein Signal minimaler Lautstärke registriert wird.

Bestimmen Sie möglichst genau die verwendete Frequenz f des Schalls bei einer angenommenen Schallgeschwindigkeit von $c = (343 \pm 5) \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Die Messunsicherheit für die Position des Auszuges beträgt während der Messung $\pm 0,2 \text{ cm}$.

Bestimmen Sie die Messunsicherheit der von Ihnen bestimmten Frequenz f .

[7 BE]

- 2.3** Das Quinckesche Rohr lässt sich zur Frequenzmessung nur in einem beschränkten Frequenzbereich sinnvoll einsetzen.

Erläutern Sie die zu erwartenden Auswirkungen auf die Versuchsbeobachtungen in Aufgabe 2.1 bei Veränderung der Frequenz, wobei Sie auch auf sehr große und sehr kleine Frequenzen eingehen.

Unter den Bedingungen von Aufgabe 2.1 wird der Auszug in einer Position fixiert, bei der das Mikrofon ein lautes Signal registriert. In einem Gedankenexperiment wird die Mikrofonöffnung des Rohres zusammen mit dem Mikrofon seitlich nach links entlang des Rohres verschoben.

Stellen Sie eine begründete Hypothese zu den zu erwartenden Beobachtungen am Mikrofon in Abhängigkeit von der Verschiebung auf.

[7 BE]

Aufgabe 3

Im Mittelpunkt dieser Aufgabe steht ein mit der Bragg-Reflexion erzeugtes Röntgenspektrum. In diesem Zusammenhang wird die auftretende Grenzfrequenz thematisiert.

- 3.1** Abb. 6 zeigt eine Prinzipskizze einer Röntgenröhre, Abb. 7 ein Spektrum, welches mit einer Röntgenröhre erzeugt wurde.

Erläutern Sie die Funktion der wesentlichen Bestandteile zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, wobei Sie Abb. 6 beschriften.

Um ein Spektrum wie in Abb. 7 aufzunehmen, benötigt man u. a. einen Kristall und ein Zählrohr.

Beschreiben Sie anhand einer Zeichnung, wie der Kristall und das Zählrohr bezüglich des einfallenden Strahls bewegt werden müssen, um das Spektrum aufzunehmen.

Hinweis: Abb. 6 kann entsprechend ergänzt werden.

[9 BE]

- 3.2** Begründen Sie, dass Röntgenstrahlung bei einer bestimmten Beschleunigungsspannung U_B eine zugehörige kurzwellige Grenze und damit eine Grenzfrequenz f_{Gr} besitzt.

[3 BE]

- 3.3** Der Zusammenhang zwischen dem zur Grenzfrequenz gehörenden Winkel β_{Gr} und der Beschleunigungsspannung lautet $U_B = \frac{n \cdot h \cdot c}{2 \cdot e \cdot d \cdot \sin(\beta_{Gr})}$.

n : Ordnung, h : Plancksches Wirkungsquantum, c : Lichtgeschwindigkeit, e : Elementarladung, d : Netzebenenabstand, β_{Gr} : zur Grenzfrequenz gehörender Winkel

Leiten Sie diese Gleichung unter Verwendung der Gleichung $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\beta)$ begründet her.
 n : Ordnung, d : Netzebenenabstand, β : Glanzwinkel, λ : Wellenlänge

Bestätigen Sie mithilfe der Abb. 7 die zur Aufnahme des Röntgenspektrums benutzte Beschleunigungsspannung $U_B = 35 \text{ kV}$.

[8 BE]

- 3.4** Zeichnen Sie in Abb. 7 den ungefähren Verlauf eines Spektrums bei einer deutlich höheren Beschleunigungsspannung ein.

Begründen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Verläufe.

[7 BE]

Material

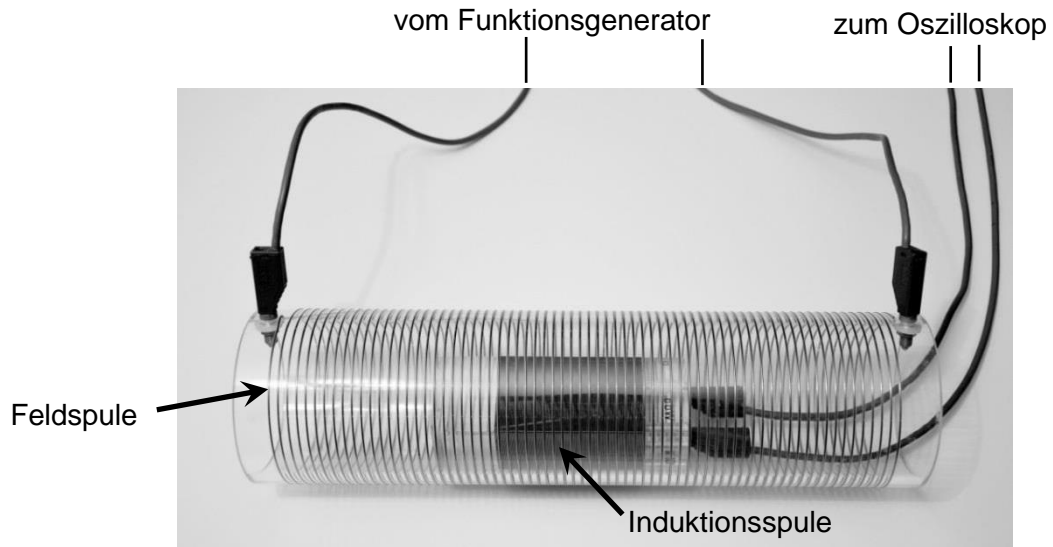


Abb. 1: Foto des Experiments zu Aufgabe 1.1:
Die Feldspule ist an einem Funktionsgenerator angeschlossen, der für einen sinusförmigen Verlauf der magnetischen Flussdichte B sorgt. Im Inneren der Feldspule befindet sich die Induktionsspule, sie ist direkt an ein Oszilloskop angeschlossen.

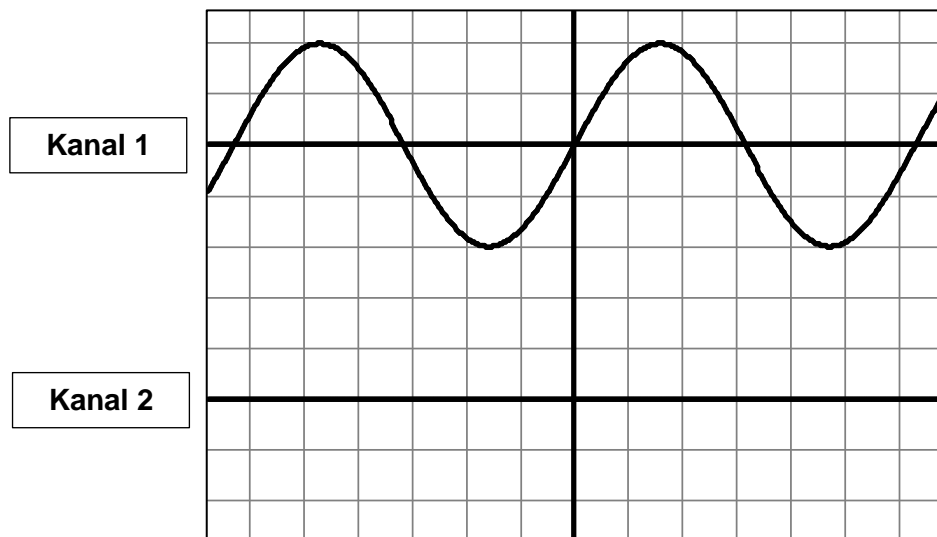


Abb. 2: Zu ergänzendes Oszilloskopbild zum Experiment in Aufgabe 1
Kanal 1: zeitlicher Verlauf der magnetischen Flussdichte B in der Feldspule
Kanal 2: zeitlicher Verlauf der zu erwartenden induzierten Spannung (zu ergänzen)

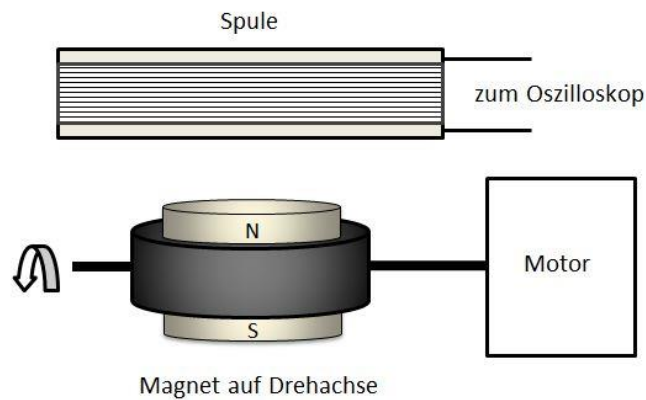


Abb. 3: Aufbau des Experiments zu Aufgabe 1.2:
Ein rotierender Magnet auf der Drehachse eines Motors befindet sich vor einer Spule.

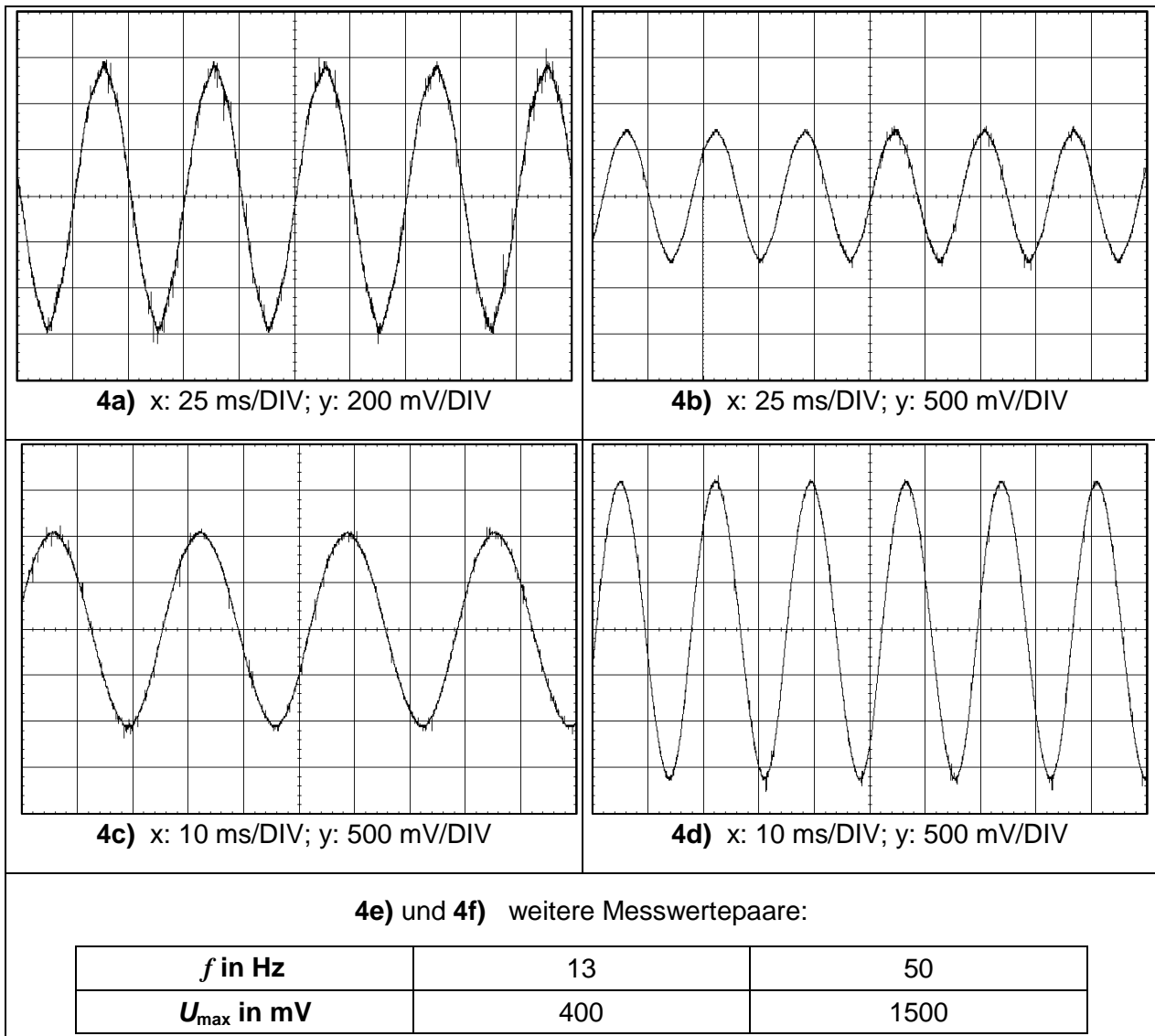


Abb. 4: Oszilloskopbilder und Messwertpaare zum Aufbau in Abb. 3; Induktionsspannung in Abhängigkeit von der Zeit, angegeben sind zusätzlich jeweils die Skalierungen in x- und y-Richtung, DIV entspricht einem Kästchen

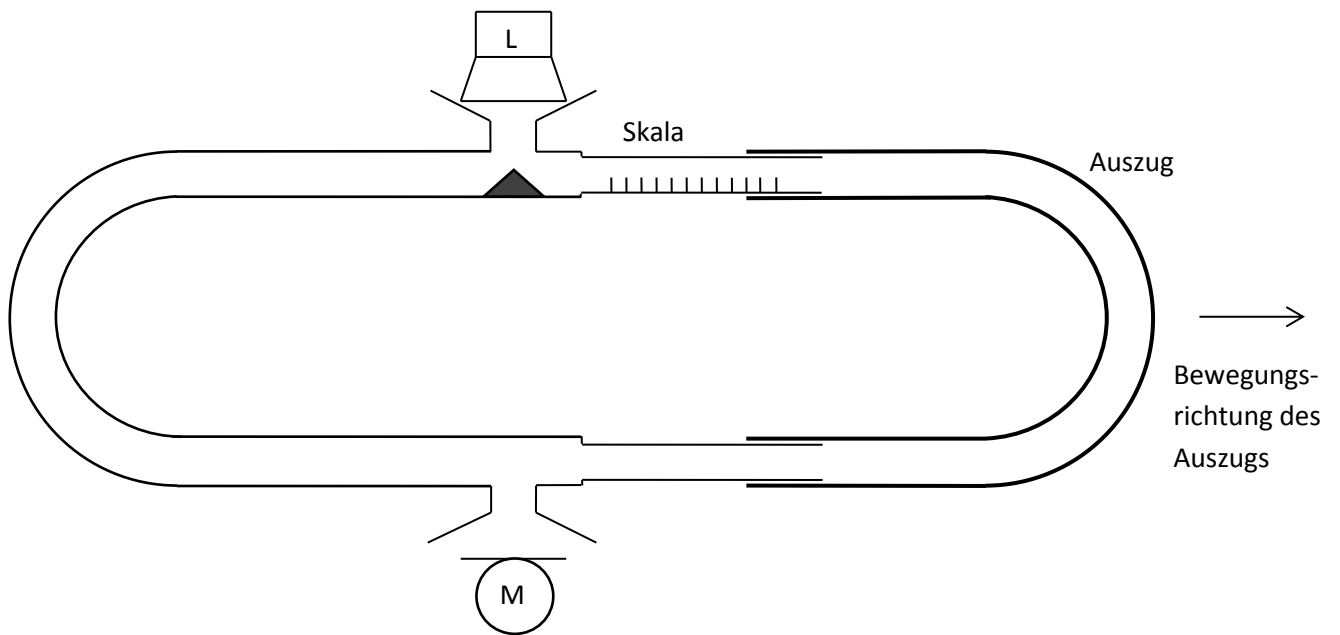


Abb. 5: Quinckesches Rohr mit Lautsprecher L und Mikrofon M
Die Skala beginnt bei einer willkürlich festgelegten Position 0.

Position bezogen auf den Nullpunkt der Skala in cm	1,1	5,4	9,9	14,1	18,5	22,8	27,0
--	-----	-----	-----	------	------	------	------

Tabelle 1: Positionen des Auszuges mit minimaler Lautstärke

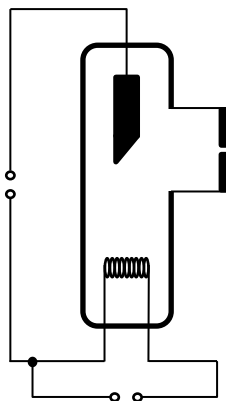


Abb. 6: Prinzipskizze einer Röntgenröhre

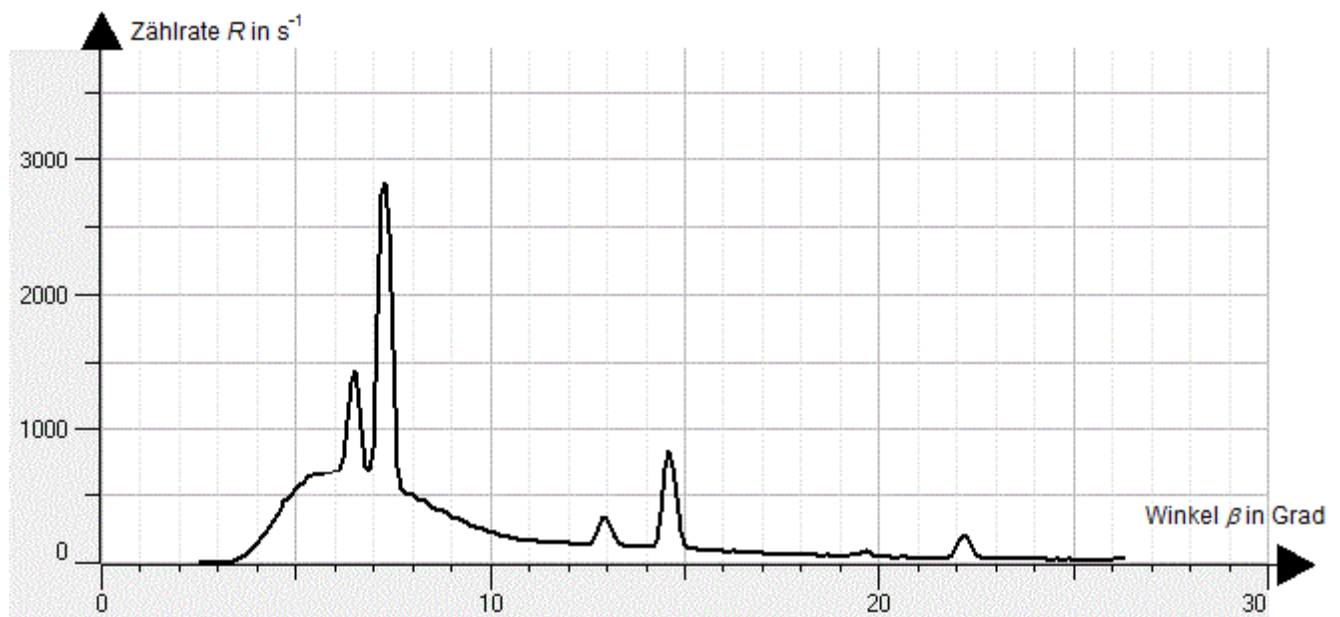


Abb. 7: Mit der Bragg-Reflexion aufgenommenes Röntgenspektrum unter Verwendung eines NaCl-Kristalls mit dem Netzebenenabstand $d = 282$ pm und bei einer Beschleunigungsspannung von $U_B = 35$ kV. Aufgetragen ist die Zählrate R über dem Glanzwinkel β (Winkel zwischen der einfallenden Strahlung und dem Kristall).

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung