



Name: _____

Beispielaufgabe Abiturprüfung ab 2025

Physik, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Franck-Hertz-Versuch

Der Franck-Hertz-Versuch liefert wichtige Erkenntnisse über den Aufbau von Atomen.

- Beschreiben Sie den Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs und erläutern Sie die Funktion der Bauelemente anhand Abbildung 1 (in M 1) und die Bedeutung der Größen U_B , U_G und I_A .
 - Geben Sie für eine übliche Durchführung des Franck-Hertz-Versuchs die Polung der Spannungen U_B und U_G in Abbildung 1 (in M 1) an.

(8 BE¹)

- Bei einer Durchführung des Franck-Hertz-Versuchs mit Neon wird die Abhängigkeit der Anodenstromstärke I_A in Abhängigkeit von der Spannung U_B gemessen.

Beschreiben Sie den Verlauf des Diagramms in Abbildung 2 (in M 1) und begründen Sie, weshalb ein Anodenstrom der Stärke I_A größer als Null nur dann gemessen wird, wenn die Spannung U_B größer ist als 3,5 V.

(7 BE)

- Erläutern Sie den Verlauf des Diagramms in Abbildung 2 (in M 1) und gehen Sie dabei insbesondere auf das jeweilige Absinken der Stromstärke I_A ein.

(6 BE)

- Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen dem Energieniveauschema von Neon in Abbildung 3 (in M 2) und dem Diagramm des Franck-Hertz-Versuchs in Abbildung 2 (in M 1).

(3 BE)

¹ Bewertungseinheit(en)



Name: _____

5. Bestimmen Sie, welcher der drei möglichen Übergänge im vereinfachten Energieniveauschema von Neon in Abbildung 3 (in M 2) zur roten Lichtemission führt und welchem Spektralbereich die anderen beiden Übergänge zuzuordnen sind.

(5 BE)

6. • Geben Sie zu den Bildern in Abbildung 5 (in M 2) begründet jeweils einen möglichen Spannungsbereich für U_B aus dem Diagramm in Abbildung 2 (in M 1) an, bei denen die jeweiligen Bilder in Abbildung 5 (in M 2) jeweils gemacht werden können.

- Erläutern Sie, inwiefern sich die Leuchterscheinungen in der Franck-Hertz-Röhre ändern, wenn man für die Spannung U_B einen Wert von etwa 72 V bei der Versuchsdurchführung des Versuchs aus Abbildung 2 (in M 1) einstellt.

(6 BE)

7. • Beurteilen Sie die Eignung des Rutherford'schen Atommodells, um die Beobachtungen im Franck-Hertz-Versuch zu erklären

- Erläutern Sie, welche Eigenschaften ein Atommodell erfüllen muss, um die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs zu erklären.

(5 BE)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- 2025: GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- ab 2026: WTR (wissenschaftlicher Taschenrechner oder CAS/MMS (Computer-Algebra-System / modulares Mathematiksystem)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

M 1

Abbildung 1 zeigt einen schematischen Aufbau für den Franck-Hertz-Versuch mit Neon. Darin ist U_H die Heizspannung, die Spannung U_B ist veränderlich. Das Gitter 1 dient in diesem Versuch dazu, die Elektronen von der Kathode „abzusaugen“.

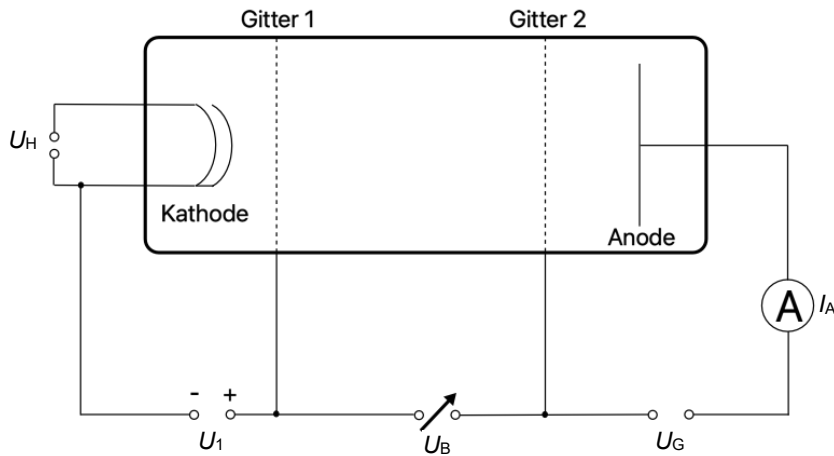


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs mit Neongas

Bei dem hier durchgeführten Versuch sind die Beträge der Spannungen $U_1 = 3 \text{ V}$ und $U_G = 6,5 \text{ V}$. Es ergibt sich das in Abbildung 2 dargestellte U_B - I_A -Diagramm, wenn man U_B von 0 V bis 70 V verändert.

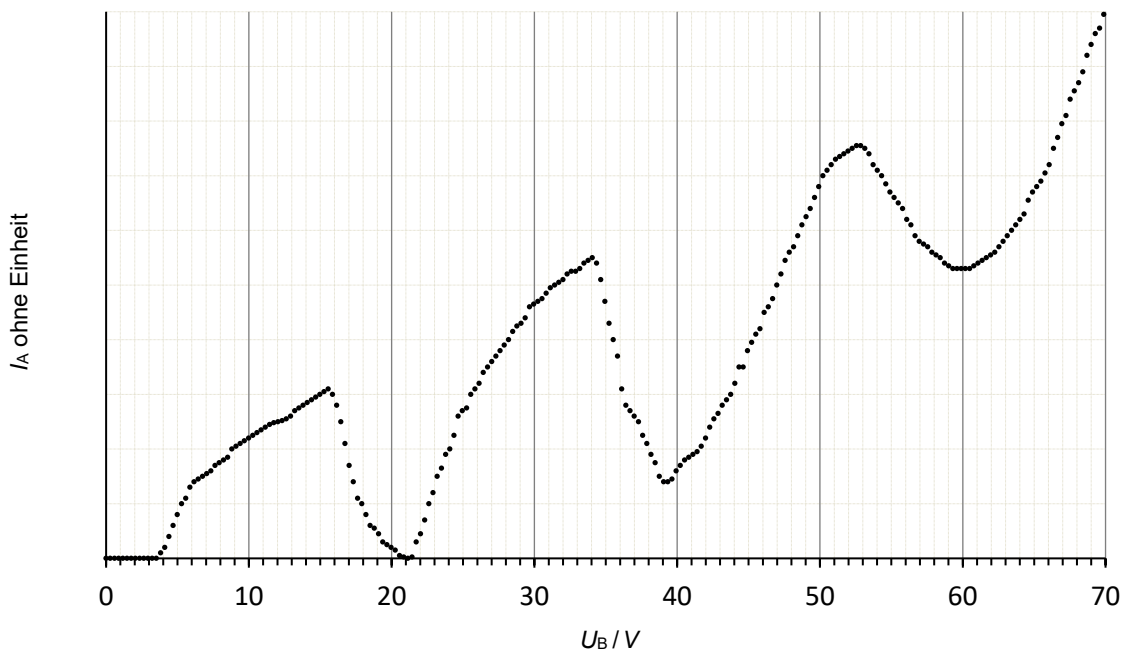


Abbildung 2: U_B - I_A -Diagramm des Franck-Hertz-Versuchs mit Neon



Name: _____

M 2

Abbildung 3 zeigt ein vereinfachtes Energieniveauschema von Neon.

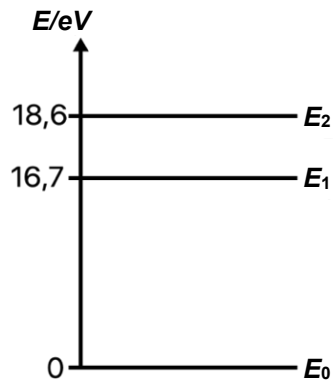


Abbildung 3: Energieniveauschema von Neon, vereinfacht

Beim Franck-Hertz-Versuch mit Neon kann man das Auftreten eines roten Leuchtens beobachten. In Abbildung 4 sind zwei deutlich voneinander abgegrenzte rot leuchtende Zonen im Schwarz-Weiß-Bild dargestellt und mit Pfeilen markiert.

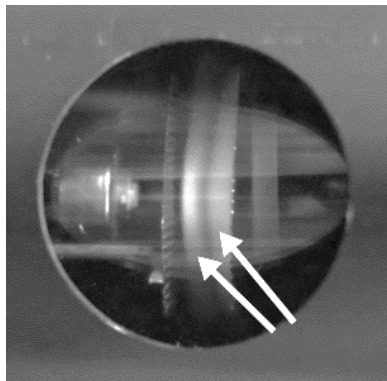


Abbildung 4: Rote Leuchterscheinungen beim Franck-Hertz-Versuch mit Neon (identisch mit Abbildung 5, Bild 1)



Name: _____

In Abbildung 5 werden Aufnahmen der Franck-Hertz-Röhre bei verschiedenen Spannungen U_B dargestellt.

Bild 1:
zwei Leuchtschichten

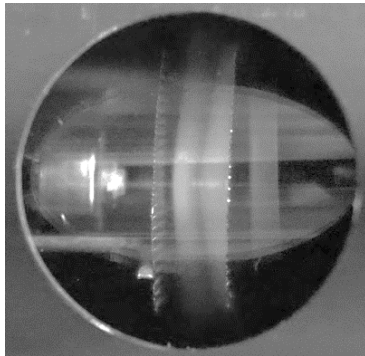


Bild 2:
drei Leuchtschichten

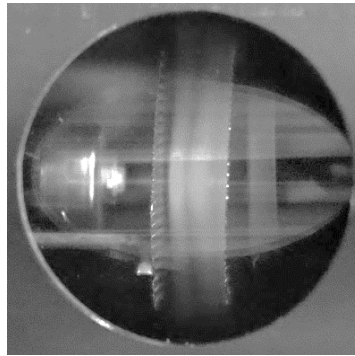


Bild 3:
eine Leuchtschicht

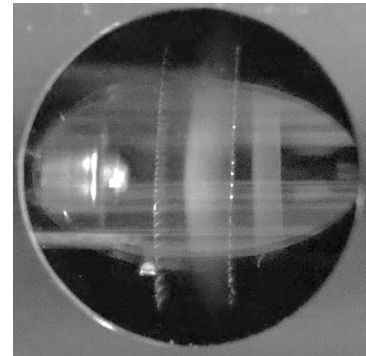


Abbildung 5: Franck-Hertz-Röhre bei verschiedenen Spannungen U_B

Unterlagen für die Lehrkraft

Beispielaufgabe Abiturprüfung ab 2025

Physik, Leistungskurs

1. Aufgabenart

- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Aufgabe: Franck-Hertz-Versuch

(40 BE²)

3. Materialgrundlage

- entfällt

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2025

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder

- Atom- und Kernphysik

2. Inhaltliche Schwerpunkte

- Atomaufbau

3. Inhalte

- Atommodelle
- Energieniveauschema

4. Konkretisierende Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- ... geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3),
- ... erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),
- ... ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),
- ... interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),
- ... stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

² Bewertungseinheit(en)

5. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- 2025: GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- ab 2026: WTR (wissenschaftlicher Taschenrechner oder CAS/MMS (Computer-Algebra-System / modulares Mathematiksystem)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

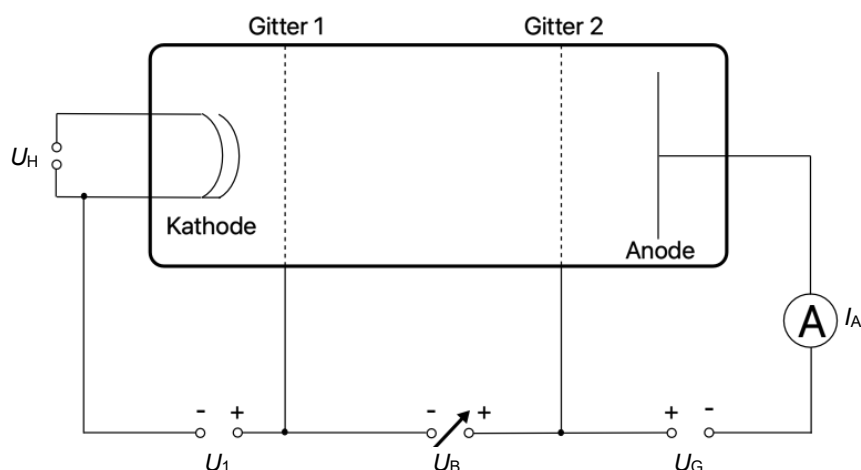
6. Modelllösungen

Die jeweilige Modelllösung stellt eine mögliche Lösung bzw. Lösungsskizze dar. Der gewählte Lösungsansatz und -weg der Schülerinnen und Schüler muss nicht identisch mit dem der Modelllösung sein. Sachlich richtige Alternativen werden mit entsprechender Punktzahl bewertet (Bewertungsbogen: Zeile „Sachlich richtige Lösungsalternative zur Modelllösung“).

Sollte die Auswertung der Messdaten mithilfe des MMS erfolgen, so muss der Prüfling das Vorgehen in seiner Reinschrift hinreichend dokumentieren.

1. Der Franck-Hertz-Versuch besteht aus einem Glaskolben, der mit Neongas bei niedrigem Druck gefüllt ist. An der Kathode können durch Anlegen einer Heizspannung U_H Elektronen ausgelöst werden. Die Elektronen bilden eine Raumladungswolke um die Kathode. Zwischen dem Gitter 1 und dem Gitter 2 ist die variable Beschleunigungsspannung U_B angelegt, welche die Elektronen beschleunigt. Zwischen dem Gitter 2 und der Anode liegt die Gegenspannung U_G an, welche ein Gegenfeld erzeugt. Nur Elektronen mit genügender kinetischer Energie, die das Gegenfeld überwinden, gelangen zur Anode und tragen zum Anodenstrom I_A bei, welcher mit einem geeigneten Amperemeter gemessen werden kann.

Die Polungen der Spannungen gibt die folgende Darstellung wieder:



2. Im U_B - I_A -Diagramm in Abbildung 2 erkennt man zunächst, dass der Anodenstrom im Bereich der Beschleunigungsspannung von 0 V bis etwa 3,5 V 0 A beträgt. Danach steigt die Stromstärke an, bis sie bei etwa 15,5 V ein erstes Maximum erreicht. Danach sinkt der Anodenstrom bis zur Beschleunigungsspannung von etwa 21 V auf fast 0 A ab. Anschließend steigt die Stromstärke wieder an bis zum zweiten Maximum bei etwa 34 V. Danach sinkt die Stromstärke wieder auf ein Minimum bei etwa 39 V ab und steigt anschließend wieder bis zu einem dritten Maximum bei etwa 52,5 V an. Danach sinkt die Anodenstromstärke wieder auf ein Minimum bei etwa 60 V ab und steigt anschließend wieder an.

Es ist erst ein Anodenstrom I_A ab $U_B \approx 3,5$ V messbar, da die kinetische Energie der Elektronen größer als 6,5 eV sein muss, um gegen das Gegenfeld anzukommen, damit die Elektronen die Anode erreichen. Die Elektronen erhalten aus dem elektrischen Feld zwischen Kathode und Gitter 1 mit der Spannung $U_1 = 3$ V die kinetische Energie von 3 eV. Ab einer Beschleunigungsspannung von $U_B = 3,5$ V erhalten die Elektronen zusätzlich aus dem elektrischen Feld zwischen Gitter 1 und Gitter 2 eine kinetische Energie von mindestens 3,5 eV und können somit zur Anode gelangen.

3. Die Elektronen durchlaufen zwischen den Gittern eine Beschleunigungsspannung. Ist die Beschleunigungsspannung entsprechend groß, so können Neonatome durch Stöße mit Elektronen unmittelbar vor dem Gitter 2 angeregt werden. Dabei verlieren die Elektronen ihre kinetische Energie und können das Gegenfeld zwischen Gitter 2 und Anode nicht mehr überwinden. Der Strom I_A beginnt zu sinken. Da dieses erstmalige Absinken bei $U_B = 15,5$ V stattfindet, deutet dies auf eine Anregungsenergie der Neonatome von etwa 18,5 eV hin ($15,5$ eV + 3 eV).

Dieses Absinken der Stromstärke tritt noch zwei weitere Male auf, da sich bei den ablesbaren Vielfachen der Spannung zwei bzw. drei solcher Stoßzonen zwischen den Gittern ausgebildet haben.

4. Im Diagramm aus Abbildung 2 erkennt man, dass die Maxima des Anodenstroms bei Spannungsdifferenzen von $\Delta U_{B1} = 18,5$ V bzw. $\Delta U_{B2} = 18,5$ V auftreten. Das heißt, dass die Neonatome mit einer Energie von $E \approx 18,5$ eV angeregt werden. Diese Energie entspricht in etwa der Energiedifferenz $E_2 - E_0$ des Neonatoms aus Abbildung 3.

5. Der Übergang vom Energieniveau E_2 auf das Energieniveau E_1 entspricht dem Übergang, der zur Emission von rotem Licht führt: $\Delta E = E_2 - E_1 = 1,9 \text{ eV}$.

$$\Delta E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = h \cdot \frac{c}{\Delta E} = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot \frac{2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(18,6 - 16,7) \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 653 \text{ nm}.$$

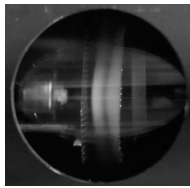
Die anderen beiden Übergänge $\lambda_{18,6\text{eV}} = 67 \text{ nm}$ bzw. $\lambda_{16,7\text{eV}} = 74 \text{ nm}$ lassen sich dem UV-Bereich zuordnen.

6. In Bild 1 sind zwei Leuchtschichten zu erkennen. Diese treten ab dem zweiten Maximum im Diagramm aus Abbildung 2 auf. Deshalb kommen hier Beschleunigungsspannungen ab 34 V bis 52,5 V in Betracht.

In Bild 2 sind drei Leuchtschichten zu erkennen. Diese treten ab dem dritten Maximum im Diagramm aus Abbildung 2 auf. Deshalb kommen hier Beschleunigungsspannungen ab 52,5 V bis 70 V in Betracht.

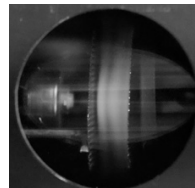
In Bild 3 ist eine Leuchtschicht zu erkennen. Diese tritt ab dem ersten Maximum im Diagramm aus Abbildung 2 auf. Deshalb kommen hier Beschleunigungsspannungen ab 15,5 V bis 34 V in Betracht.

Bild 1:
zwei Leuchtschichten



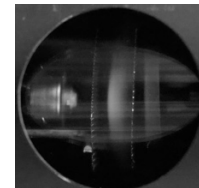
$$34 \text{ V} \leq U_B < 52,5 \text{ V}$$

Bild 2:
drei Leuchtschichten



$$52,5 \text{ V} \leq U_B < 70 \text{ V}$$

Bild 3:
eine Leuchtschicht



$$15,5 \leq U_B < 34 \text{ V}$$

Ab etwa 71 V erwartet man das Entstehen einer weiteren Leuchtschicht, da eine weitere Anregungszone des Neons hinzukommt: $52,5 \text{ V} + 18,5 \text{ V} = 71 \text{ V}$.

7. Das Rutherford'sche Atommodell ist nicht geeignet, da die Elektronen in der Hülle alle möglichen Energiewerte annehmen können und es damit nicht das periodische Absinken der Anodenstromstärken bei bestimmten Beschleunigungsspannungen beim Franck-Hertz-Versuch erklären kann.

Um den Franck-Hertz-Versuch zu erklären, muss das verwendete Atommodell die quantenhafte Absorption (bzw. Emission) von Energie beinhalten, um damit die quantenhaft absorbierte Energie der Elektronen zu erklären. (Die quantenhafte Emission erklärt dann die Leuchterscheinungen, z. B. beim Neon.)

7. Teilleistungen – Kriterien / Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgaben	Anforderungen	Lösungsqualität			
		BE max.	EK ³	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	beschreibt den Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs und erläutert die Funktion der Bauelemente anhand Abbildung 1 (in M 1) und die Bedeutung der Größen U_B , U_G und I_A .	6			
1b	gibt für eine übliche Durchführung des Franck-Hertz-Versuchs die Polung der Spannungen U_B und U_G in Abbildung 1 (in M 1) an.	2			
2a	beschreibt den Verlauf des Diagramms in Abbildung 2 (in M 1).	4			
2b	begründet, weshalb ein Anodenstrom der Stärke I_A größer als Null nur dann gemessen wird, wenn die Spannung U_B größer ist als 3,5 V.	3			
3a	erläutert den Verlauf des Diagramms in Abbildung 2 (in M 1).	3			
3b	geht dabei insbesondere auf das jeweilige Absinken der Stromstärke I_A ein.	3			
4	erläutert den Zusammenhang zwischen dem Energieniveauschema von Neon in Abbildung 3 (in M 2) und dem Diagramm des Franck-Hertz-Versuchs in Abbildung 2 (in M 1).	3			
5a	bestimmt, welcher der drei möglichen Übergänge im vereinfachten Energieniveauschema von Neon in Abbildung 3 (in M 2) zur roten Lichtemission führt.	3			
5b	bestimmt, zu welchem Spektralbereich die anderen beiden Übergänge zuzuordnen sind.	2			
6a	gibt zu den Bildern in Abbildung 5 (in M 2) begründet jeweils einen möglichen Spannungsbereich für U_B aus dem Diagramm in Abbildung 2 (in M 1) an, bei denen die jeweiligen Bilder in Abbildung 5 (in M 2) jeweils gemacht werden können.	5			
6b	erläutert, inwiefern sich die Leuchterscheinungen in der Franck-Hertz-Röhre ändern, wenn man für die Spannung U_B einen Wert von etwa 72 V bei der Versuchsdurchführung des Versuchs aus Abbildung 2 (in M 1) einstellt.	1			

³ EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

7a	beurteilt die Eignung des Rutherford'schen Atommodells, um die Beobachtungen im Franck-Hertz-Versuch zu erklären.	3			
7b	erläutert, welche Eigenschaften ein Atommodell erfüllen muss, um die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs zu erklären.	2			
Sachlich richtige Lösungsalternative zur Modelllösung: (40)					
.....					
.....					
	Summe	40			

8. Festlegung der Gesamtnote der Prüfungsleistung
(Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	BE max.	EK	ZK	DK
Übertrag der Summe der BE aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	40			
Übertrag der Summe der BE aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	40			
Übertrag der Summe der BE aus der dritten bearbeiteten Aufgabe	40			
Gesamtzahl der BE der Prüfungsleistung	120			

aus der Gesamtzahl der BE der Prüfungsleistung resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

Berechnung der Endnote nach Anlage 4 der Abiturverfügung auf der Grundlage von § 34 APO-GOST

Die Klausur wird abschließend mit der Note _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Zuordnung der Notenstufen zu der Gesamtzahl der erreichten Bewertungseinheiten (BE)

Note	Punkte	Erreichte BE
sehr gut plus	15	120 – 114
sehr gut	14	113 – 108
sehr gut minus	13	107 – 102
gut plus	12	101 – 96
gut	11	95 – 90
gut minus	10	89 – 84
befriedigend plus	9	83 – 78
befriedigend	8	77 – 72
befriedigend minus	7	71 – 66
ausreichend plus	6	65 – 60
ausreichend	5	59 – 54
ausreichend minus	4	53 – 48
mangelhaft plus	3	47 – 40
mangelhaft	2	39 – 33
mangelhaft minus	1	32 – 24
ungenügend	0	23 – 0