

2021

Abitur

Original-Prüfung
mit Lösungen

**MEHR
ERFAHREN**

Hessen

Physik

+ Zusätzliche Aufgaben zum 1. Teilklausur

ActiveBook
• Interaktives
Training



STARK

Inhalt

Vorwort
Stichwortverzeichnis

Hinweise und Tipps zum Landesabitur

Allgemeine Hinweise	I
1 Das Landesabitur in Hessen	I
2 Durchführung der schriftlichen Abiturprüfung	II
3 Inhaltliche Vorgaben für die schriftliche Abiturprüfung	II
4 Struktur und Anforderungen der Prüfungsaufgaben	XI
5 Bewertung der Abituarbeiten	XII
Methodische Hinweise	XII
6 Ablauf der schriftlichen Abiturprüfung	XII
7 Operatoren	XIII
8 Das Arbeiten mit Formelsammlung und Taschenrechner	XV
9 Das Lösen einer physikalischen Aufgabe	XVI
Zum Umgang mit diesem Buch	XVIII

Original-Abituraufgaben

Abiturprüfung 2017

Grundkurs

Aufgabe A1: Doppelspalt, Gitter, Schallwellen	GK 2017-1
Aufgabe A2: Mechanische Schwingungen und elektromagnetischer Schwingkreis	GK 2017-12
Aufgabe B1: Ladungen in Feldern	GK 2017-22
Aufgabe B2: Franck-Hertz-Versuch	GK 2017-31

Leistungskurs

Aufgabe A1: Schwingungen im U-Rohr und Vergleich mit dem Schwingkreis	LK 2017-1
Aufgabe A2: Pohl'sches Drehpendel	LK 2017-12
Aufgabe B1: Ionengetterpumpe	LK 2017-22
Aufgabe B2: Franck-Hertz-Versuch	LK 2017-32

Abiturprüfung 2018

Grundkurs

- Aufgabe A1: Elektromagnetische Induktion beim Marathonlauf GK 2018-1
Aufgabe A2: Plattenkondensator und Radarschirm GK 2018-11
Aufgabe B1: Stehende Schallwellen GK 2018-22
Aufgabe B2: Elektronen als Quantenobjekte GK 2018-32

Leistungskurs

- Aufgabe A1: Gondel im Freizeitpark LK 2018-1
Aufgabe A2: Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern LK 2018-11
Aufgabe B1: Mechanische Schwingungen und
Beschleunigungssensoren LK 2018-22
Aufgabe B2: Laser-Fluoreszenzmikroskopie LK 2018-34

Abiturprüfung 2019

Grundkurs

- Aufgabe A1: Elektromagnetische Schwingkreise GK 2019-1
Aufgabe A2: Schwingungen und stehende Wellen –
der glühende Draht GK 2019-12
Aufgabe B1: Gewitter und Blitzableiter GK 2019-21
Aufgabe B2: Franck-Hertz-Versuch GK 2019-33

Leistungskurs

- Aufgabe A1: Elektrische Felder und Wassertropfen LK 2019-1
Aufgabe A2: Induktion und der Versuch von Tolman LK 2019-13
Aufgabe B1: Stehende Wellen und Interferenz LK 2019-23
Aufgabe B2: Linienspektren und Fotoeffekt LK 2019-34

Abiturprüfung 2020 (online*)

Grundkurs

- Aufgabe A1: Kondensatoren GK 2020-1
Aufgabe A2: Induktion und Fadenstrahlrohr GK 2020-11
Aufgabe B1: Interferenz von Wasserwellen und Interferenz von
Lichtwellen GK 2020-22
Aufgabe B2: Spektralanalyse in der Sternforschung GK 2020-34

Leistungskurs

- Aufgabe A1: Interferenz bei verschiedenen Wellenarten LK 2020-1
Aufgabe A2: Der elektromagnetische Schwingkreis LK 2020-12
Aufgabe B1: Untersuchung von Stoffen mit Magnetfeldern und
Kondensatoren LK 2020-24
Aufgabe B2: Argon-Ionen-Laser LK 2020-35



Original-Abituraufgaben Jahrgang 2020 im Grund- und Leistungskurs

Original-Abituraufgaben Grund- und Leistungskurs

Jahrgang 2007	1
Jahrgang 2008	70
Jahrgang 2009	136
Jahrgang 2010	208
Jahrgang 2011	292
Jahrgang 2012	379
Jahrgang 2013	466
Jahrgang 2014	553
Jahrgang 2015	639
Jahrgang 2016	716

Übungsaufgaben

Grundkurs (4 Aufgaben)	1
Leistungskurs (5 Aufgaben)	25

Jeweils zu Beginn des neuen Schuljahres erscheinen die neuen Ausgaben der Abitur-Prüfungsaufgaben mit Lösungen.

Autoren sämtlicher Tipps und Lösungen

Burkhard Apell, Frank Nordheim

Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

Sie haben Physik in Hessen als Grund- oder Leistungsfach belegt und möchten in diesem Fach Ihr Abitur ablegen. Für die schriftliche Abiturprüfung werden im **Landesabitur in Hessen** seit 2007 landesweit einheitliche Abituraufgaben gestellt, d. h., es wird ein Zentralabitur durchgeführt.

Mit diesem Buch helfen wir Ihnen einerseits, sich effektiv auf dieses Zentralabitur vorzubereiten. Zum anderen eignet sich der Band hervorragend dazu, sich gezielt auf Klausuren oder Tests in Physik im Laufe Ihrer Oberstufenlaufbahn vorzubereiten:

- Dazu geben wir Ihnen zunächst ausführliche **Hinweise** zu den Rahmenbedingungen der Prüfungen, zu Inhalten, Methoden und Prüfungskriterien.
- Der Hauptteil des Bandes enthält die offiziellen, vom hessischen Kultusministerium gestellten schriftlichen **Abituraufgaben der Jahrgänge 2017 bis 2019**.
- Zu allen Aufgaben finden Sie von uns ausgearbeitete **vollständige, kommentierte Lösungsvorschläge** sowie separate **Tipps zum Lösungsansatz**, die Ihnen das selbstständige Lösen der Aufgaben erleichtern.

Zudem ist dieses Buch ein **ActiveBook** – das bedeutet, Sie erhalten zusätzliches Übungsmaterial **online**:

- **Interaktives Training** mit Aufgaben und Lernvideos zu allen relevanten Themengebieten des Physikabiturs.
- **Original-Prüfungsaufgaben 2020** im Grund- und Leistungskurs zum Download.
- Weitere **Abituraufgaben früherer Jahrgänge** sowie zusätzliche **Übungsaufgaben** für Grund- und Leistungskurs zum Download.



Ausführliche Infos inkl. Zugangscode finden Sie auf den Farbseiten vorne im Buch.

Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abiturprüfung 2021 vom hessischen Kultusministerium bekannt gegeben werden, finden Sie aktuelle Informationen dazu im Internet ebenfalls auf MyStark.

In jedem Fall wünschen wir Ihnen schon an dieser Stelle viel Erfolg und hoffen, Sie mit diesem Buch ein Stück Ihres Weges begleiten zu dürfen.

Burkhard Apell und Frank Nordheim

Hinweise und Tipps zum Landesabitur

Allgemeine Hinweise

1 Das Landesabitur in Hessen

Seit Frühjahr 2007 legen alle hessischen Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums das Landesabitur ab. Dies bedeutet, dass die *schriftlichen* Prüfungen (d. h. Prüfungen in den beiden Leistungskursfächern und dem dritten, schriftlichen Prüfungsfach) *zentral* gestellt werden; die Aufgabenstellungen erfolgen also landesweit einheitlich. Die mündlichen Prüfungen werden weiterhin dezentral organisiert, d. h. dieses Verfahren läuft so ab wie bisher.

Mit der Einführung des zentralen schriftlichen Landesabiturs in Hessen verfolgt das Kultusministerium vor allem folgende Ziele:

- Es soll eine größtmögliche Objektivität durch Vergleichbarkeit von Leistungen und der damit einhergehenden Aufwertung des Abschlusses geschaffen werden.
- Die Unterrichtsinhalte sollen landesweit vereinheitlicht werden.
- Es soll eine Erhöhung der Transparenz der Anforderungen im schriftlichen Abitur dadurch erreicht werden, dass die bereits geschriebenen Aufgaben veröffentlicht werden.

Die Prüfungsaufgaben orientieren sich dabei an drei vom Kultusministerium herausgegebenen Vorgaben (www.kultusministerium.hessen.de), nämlich

- an den Kerncurricula für die gymnasiale Oberstufe vom 1.8.2016 (nach der Verordnung vom 5.2.2016). Diese Kerncurricula können Sie im Internet auf den Seiten des Hessischen Kultusministeriums nachlesen. Dort werden die Inhaltsfelder genannt und stichpunktartig deren Inhalte (Konkretisierungen) beschrieben. Diese Stichpunkte bilden die Grundlage für die Aufgaben des zentralen Landesabiturs. Inhaltsfelder und die Konkretisierungen finden Sie auch in diesem Buch abgedruckt.
- an den „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in den Abiturprüfungen“ des Landes Hessen (EPA).
- an der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO).

Die EPA und die OAVO sind weniger für Sie wichtig als für Ihre Lehrerin oder Ihren Lehrer. Alle für Sie wichtigen Aspekte werden wir Ihnen in diesem Buch erläutern.

Die Bewertung der Abiturarbeiten erfolgt nach wie vor durch die Lehrkräfte der eigenen Schule. Für die Korrektur der Arbeiten erhalten die Lehrerinnen und Lehrer Lösungs- und Bewertungshinweise, anhand derer die Beurteilung vorgenommen wird.

2 Durchführung der schriftlichen Abiturprüfung

Weiterhin wird in Grund- und Leistungskurse unterschieden. Die **Bearbeitungszeit** für die Abituraufgaben ist abhängig vom gewählten Kurs: Bei Grundkursarbeiten beträgt sie 255 Minuten und bei Leistungskursarbeiten 300 Minuten. In die Bearbeitungszeit ist die Zeit für die Auswahl der Aufgaben miteingeschlossen. Sie wird nicht gesondert ausgewiesen. Einzige Bedingung: Nach 60 Minuten sind die nicht gewählten Vorschläge zurückzugeben. Der genaue Zeitpunkt liegt in Ihrer eigenen Entscheidung.

Zu Beginn der Vorbereitungszeit (am Tage des schriftlichen Abiturs in Physik) erhalten Sie insgesamt vier Aufgabenvorschläge. Ein Halbjahr wird verpflichtend vom Hessischen Kultusministerium festgelegt. Dieses verpflichtende Halbjahr kann jährlich wechseln. Für dieses Halbjahr erhalten Sie zwei Aufgabenvorschläge, von denen Sie einen bearbeiten müssen. Für die beiden anderen Kurshalbjahre wird Ihnen je ein Aufgabenvorschlag zur Auswahl vorgelegt. Sie bearbeiten somit zwei Aufgabenvorschläge zu den Lehrplaninhalten zweier unterschiedlicher Kurshalbjahre:

Q1 Elektrisches und magnetisches Feld

Q2 Schwingungen und Wellen

Q3 Quanten- und Atomphysik

Sie bekommen also vier Aufgaben aus drei unterschiedlichen Halbjahren:

- Zwei Aufgaben aus einem vorher durch das Kultusministerium festgelegten Halbjahr, von denen Sie eine Aufgabe bearbeiten müssen;
- jeweils eine Aufgabe aus den beiden verbleibenden Halbjahren, von denen Sie ebenfalls eine Aufgabe bearbeiten müssen.

Demzufolge können Sie ein Halbjahr ausschließen, Sie wissen aber vorher nicht, welches das verpflichtend festgelegte Halbjahr ist.

Sie dürfen folgende **Hilfsmittel** zu Ihrer schriftlichen Abiturprüfung in Physik verwenden: Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung; eingeführter Taschenrechner (bei grafikfähigen Rechnern und Computeralgebrasystemen ist ein Reset durchzuführen) sowie eine Formelsammlung. Die Formelsammlung soll alle üblichen Formeln, aber keine Herleitungen und weitergehenden physikalischen Erklärungen enthalten und kann komplett die drei Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik abdecken. Bei Verwendung einer rein physikalischen Formelsammlung ist zudem eine mathematische Formelsammlung zugelassen.

3 Inhaltliche Vorgaben für die schriftliche Abiturprüfung

Grundlage der schriftlichen Abiturprüfung bildet das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe für das Fach Physik.

Für das **Abitur 2021** sind die nachfolgend aufgeführten Themenfelder und Konkretisierungen schwerpunktmäßig die Grundlage für die Prüfungsaufgaben im grundlegenden (Grundkurs) und im erhöhten Niveau (Leistungskurs).

Q1.1 Elektrisches Feld

Q1.2 Magnetisches Feld

Q1.3 Induktion

Landesabitur Physik 2018 (Hessen) – Leistungskurs
Aufgabe B2: Laser-Fluoreszenzmikroskopie

Laser und Fotoelektronenvervielfacher sind wichtige Geräte, die z. B. beim Laser-Fluoreszenzmikroskop gemeinsam verwendet werden. Dabei wird das zu untersuchende Präparat mit einer fluoreszierenden Substanz angefärbt und mit einem Laser beleuchtet. Das vom Präparat emittierte Licht wird mit einem Fotoelektronenvervielfacher nachgewiesen.

1. Oft wird als Lichtquelle ein Helium-Neon-Laser verwendet. In Material 1 ist sein Aufbau schematisch dargestellt. In einem dünnen Glasröhrchen befindet sich ein Gemisch aus verdünntem Helium- und Neongas. An zwei Elektroden wird eine Hochspannung angelegt, die zu einer Gasentladung führt, d. h. zu einem Elektronenfluss durch das Gas. Stoßen dabei Elektronen mit Heliumatomen zusammen, so können diese dadurch in den Zustand $E_{2, \text{He}}$ angeregt werden (Material 2). Durch Stöße mit Neonatomen geben die angeregten Heliumatome ihre Anregungsenergie an die Neonatome weiter, die dadurch in den Zustand $E_{3, \text{Ne}}$ gelangen.
Die von $E_{2, \text{He}}$ zu $E_{3, \text{Ne}}$ fehlende Energie stammt jeweils aus der Bewegung der Teilchen.
 - 1.1 Beschreiben Sie anhand der Materialien 1 und 2 die weiteren Vorgänge, die zur Entstehung der Laserstrahlung führen. Gehen Sie dabei auf die Begriffe *Besetzungsinversion*, *metastabiles Niveau* und *stimulierte Emission* ein. (6 BE)
 - 1.2 Berechnen Sie die Wellenlänge der entstehenden Laserstrahlung. (3 BE)
 - 1.3 Bei einigen Bauarten von Lasern wird dem Lasermedium Energie nicht durch eine Gasentladung, sondern durch das Licht einer Blitzlampe zugeführt. Untersuchen Sie, ob man den Helium-Neon-Laser auch mit einer Krypton-Blitzlampe betreiben könnte, die ein kontinuierliches Spektrum im Wesentlichen im Wellenlängenbereich zwischen 200 nm und 900 nm erzeugt. (4 BE)
 - 1.4 Kurz nachdem er den ersten Laser entwickelt hatte, bezeichnete Theodore Maiman seine Erfindung als „eine Lösung, die ein Problem sucht“.
Erläutern Sie unter Beachtung von Material 3, was Maiman damit gemeint haben könnte. (2 BE)
2. Mit einem Fotoelektronenvervielfacher kann man auch schwächste Lichtsignale nachweisen. In diesem Gerät treffen die Photonen vom untersuchten Präparat zunächst auf eine Fotokathode und lösen hier Elektronen aus. Der zugrunde liegende Photoeffekt wird in dieser Aufgabe näher betrachtet. Um das Gerät weiter zu optimieren, wird außerdem mithilfe der Gegenfeldmethode die Austrittsenergie eines neuartigen Materials für Fotokathoden ermittelt.

Tipps und Hinweise zur Lösung von Aufgabe B2

Tipps zu Teilaufgabe 1.1

- Es müssen mehr Neonatome in einem angeregten Zustand sein als in einem energetisch niedrigeren Zustand. Erklären Sie das Zustandekommen dieser sogenannten Besetzungsinversion mithilfe eines metastabilen Niveaus.
- Ein Photon mit einer bestimmten Energie kann ein Atom in einem metastabilen Zustand dazu bringen, auf ein niedrigeres Energieniveau zu fallen und dabei ein weiteres Photon zu emittieren. Diesen Vorgang bezeichnet man als stimulierte oder induzierte Emission.

Tipp zu Teilaufgabe 1.2

- Bestimmen Sie zunächst die Energiedifferenz zwischen den beiden relevanten Zuständen und mithilfe der Formel für die Energie des Photons die gesuchte Wellenlänge.

Tipp zu Teilaufgabe 1.3

- Da die Wellenlänge antiproportional zur Energie des Photons ist, müssen Sie zur Berechnung der maximalen Energie die kleinste Wellenlänge verwenden. Verwenden Sie die Formel für die Energie eines Photons aus der Formelsammlung.

Tipp zu Teilaufgabe 1.4

- Hier haben Sie vielfältige Antwortmöglichkeiten. Da es wenig Punkte für diesen Aufgabenteil gibt, argumentieren Sie knapp in ein oder zwei Sätzen.

Tipps zu Teilaufgabe 2.1

- Die Photonen lösen Elektronen aus dem Metall. Beachten Sie zum einen die Austrittsarbeit der Elektronen aus dem Metall, zum anderen, dass nach dem Einfluss der Photonenanzahl gefragt ist.
- Aus dem Unterricht sollten Sie drei Widersprüche zum Wellenmodell kennen: Die Existenz einer Grenzfrequenz, das verzögerungsfreie Einsetzen des Fotoeffekts und die Unabhängigkeit der kinetischen Energie der ausgelösten Elektronen von der Lichtintensität. Beschreiben Sie diese Widersprüche genauer.

Tipps zu Teilaufgabe 2.2

- Zeichnen Sie eine Fotozelle mit Kathode und Anode sowie eine regelbare Spannungsquelle für die Gegenspannung. Zeichnen Sie auch zwei Messgeräte für den Fotostrom und die Gegenspannung in die Schaltung ein.
- Beschreiben Sie die Funktion der Gegenspannung und die Situation, wenn der Fotostrom auf den Wert null gesunken ist.

Lösungen zu Aufgabe B2

1.1 Entstehung der Laserstrahlung

Damit ein Laserstrahl entstehen kann, muss bei den Neonatomen eine **Besetzungsinversion** eintreten, d. h., es müssen mehr Neonatome im angeregten Zustand $E_{3, \text{Ne}}$ existieren als im Zustand $E_{2, \text{Ne}}$. Dies gelingt, weil der Zustand $E_{3, \text{Ne}}$ **metastabil** und der Zustand $E_{2, \text{Ne}}$ sehr kurzlebig ist: Kommt es nämlich im Zustand $E_{3, \text{Ne}}$ zur Emission eines Photons, geht das Atom nicht direkt auf den Grundzustand zurück, sondern zunächst in den Zustand $E_{2, \text{Ne}}$, dann aber rasch weiter in den Zustand $E_{1, \text{Ne}}$ über. Es sammeln sich daher mehr Elektronen im Zustand $E_{3, \text{Ne}}$ als im Zustand $E_{2, \text{Ne}}$.

Der Übergang $E_{3, \text{Ne}} \rightarrow E_{2, \text{Ne}}$ kann spontan erfolgen, aber auch durch ein einfallendes Photon der „passenden“ Energie $\Delta E = E_{3, \text{Ne}} - E_{2, \text{Ne}}$ ausgelöst werden; man bezeichnet diesen Prozess dann als **stimulierte Emission**.

An den Seiten des Lasers sind **Resonatorspiegel** angebracht, die den größten Teil der Photonen wieder in das Helium-Neon-Gas zurückreflektieren. Dadurch wird die Emission vieler weiterer identischer Photonen stimuliert. Der restliche Teil der Photonen wird als **Laserstrahlung** aus dem Resonator ausgekoppelt.

1.2 Wellenlänge der Laserstrahlung

Das Laserlicht entsteht durch stimulierte Emission von Photonen beim Übergang vom Zustand $E_{3, \text{Ne}}$ in den Zustand $E_{2, \text{Ne}}$. Diese Photonen besitzen also die Energie

$$\Delta E = E_{3, \text{Ne}} - E_{2, \text{Ne}} = 20,66 \text{ eV} - 18,70 \text{ eV} = 1,96 \text{ eV}.$$

Die Energie eines Photons berechnet sich nach der Formel

$$E_{\text{Photon}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}.$$

Daraus ergibt sich für die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_{\text{Photon}}} = \frac{4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,96 \text{ eV}} = \underline{\underline{6,33 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 633 \text{ nm}}}$$

1.3 Anregung mit einer Krypton-Blitzlampe

Die größte Energie, welche zur Anregung verwendet werden kann, wird bei der kleinsten Wellenlänge erreicht. Diese Energie berechnet sich wie folgt:

$$E_{\text{max}} = h \cdot f_{\text{max}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{min}}} = \frac{4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{200 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 6,20 \text{ eV}$$

Da diese maximale Energie kleiner ist als die benötigte Anregungsenergie von $\Delta E = E_{2, \text{He}} = 20,61 \text{ eV}$, kann man eine Krypton-Blitzlampe **nicht** zur Anregung eines He-Ne-Lasers verwenden.

1.4 Hier sind verschiedene **Interpretationen** möglich:

- Maiman weist durch seine pointierte Bemerkung darauf hin, dass die „übliche“ Reihenfolge bei wissenschaftlichen Prozessen – erst stößt man auf ein Problem, das man dann durch Forschung zu lösen versucht – im Fall der Laserentwicklung ins Gegenteil verkehrt ist.
- Maiman stellt sich die Frage: „Wozu ist der Laser gut?“ Er könnte das Gefühl gehabt haben, der Laser sei eine Spielerei ohne jeden Nutzen.
- Maiman vermutet, dass es zahlreiche Anwendungen des Lasers geben könnte, wenn man nur darüber nachdenkt.

Alle anderen nachvollziehbaren Ausführungen werden ebenfalls als richtig angesehen.

2.1 Einfluss der Photonenanzahl

Grundsätzlich gilt: Ob überhaupt Elektronen ausgelöst werden, hängt von der Energie der Photonen ab; sie muss einen (vom Kathodenmaterial abhängigen) Mindestwert übertreffen. Kommt es zum Fotoeffekt, so bestimmt die Anzahl der Photonen die Zahl der ausgelösten Fotoelektronen (und damit die Stärke des Fotostroms):

Widersprüche zum Wellenmodell

- Es existiert eine **Grenzfrequenz**, unter deren Grenze kein Fotoeffekt stattfindet. Nach der klassischen Vorstellung müssten Elektronen aber mit jeder Lichtfrequenz f herausgelöst werden können.
- Der Fotoeffekt setzt **sofort** ein – ohne Verzögerung. Nach der klassischen Wellentheorie könnte man die Metallplatte mit einer beliebigen Lichtfrequenz länger bestrahlen, damit die in Schwingung versetzten Elektronen eine genügend hohe Amplitude bekommen, um aus der Metallplatte herausgelöst zu werden.
- Die kinetische Energie der Elektronen ist **nur von der Frequenz** abhängig. Sie hängt nicht von der Lichtintensität ab. Dies ist ein Widerspruch, denn nach der klassischen Wellentheorie müsste die kinetische Energie der Elektronen mit steigender Frequenz abnehmen. Beim Fotoeffekt stellt man aber eine Zunahme der Energie fest.

2.2 Versuchsaufbau Gegenfeldmethode

Bei der Gegenfeldmethode misst man den Fotostrom, der entsteht, wenn die Fotozelle mit Licht bestrahlt wird (Abb. 1). Aus der bestrahlten Fotozelle treten unter gewissen Bedingungen Elektronen aus, die sich auch in Richtung der Anode bewegen. Nun legt man von außen eine Gegenspannung zwischen Anode und Kathode an (Anodenring an den Minuspol, Fotokathode an den Pluspol), die die Elektronen abbremst.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de
info@stark-verlag.de

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH
ist urheberrechtlich international geschützt.
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung
des Rechteinhabers in irgendeiner Form
verwertet werden.

STARK