

|    |   |                |                           |           | <b>GK</b> | <b>LK</b> |
|----|---|----------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Q3 | 5 | Wellen         | Mechanische Wellen        | 3         | 9         | 15        |
|    |   |                | Elektromagnetische Wellen | 2         | 6         | 10        |
|    |   |                | Wellenoptik               | 3         | 9         | 15        |
|    | 6 | Quantenobjekte |                           | 6         | 18        | 30        |
|    |   |                |                           | <b>14</b> | <b>42</b> | <b>70</b> |

# Physik

## Grundkurs

### Fachbezogene Festlegungen

# Q3

Hinweis:

Die **rot** markierten Themen und Begriffe sind laut Rahmenlehrplan für den **Leistungskurs** vorgesehen.

Sie dienen hier nur als Information und zur klaren Abgrenzung zwischen GK und LK.





Das Curriculum des GCM basiert auf den Arbeiten des Fachbereichs Physik des Robert-Havemann-Gymnasiums. Wir danken herzlich den Kolleg\*innen aus Pankow.

## Physik – Grundkurs Q3

| 3.2.5 Wellen - 3.2.6 Quantenobjekte   |   | 1. Halbjahr ca. 42 Stunden   |   |          |
|---|---|--|---|----------|
| Verbindliche Inhalte / Fachbegriffe   | Kompetenzentwicklung und Standards  | Verbindliche Untersuchungen / Experimente  | Anmerkungen   | h        |
| <b>Q3 – 3.2.5 Wellen (ca. 40 h)</b>   |   |  |   |          |
| <b>3.2.5.1 Mechanische Wellen</b>   |   |  |   | <b>9</b> |
| <p>Mögliche Kontexte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Meereswellen in Küstennähe</li> <li>- Tsunami</li> <li>- Erdbebenwellen</li> <li>- Untersuchungen mit Ultraschall</li> <li>- Musikinstrumente</li> </ul>   |   |  |   |          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition des Begriffs</li> <li>- Energieübertragung durch Wellen</li> <li>- charakteristische Größen zur Beschreibung einer Welle<br/><b>Wellenlänge, Wellenfront</b></li> <li>- Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz<br/><math>c = \lambda \cdot f</math></li> <li>- zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle, Darstellung durch</li> </ul> | <p>Die Lernenden...</p> <p>... veranschaulichen die Entstehung stehender Wellen in sachgerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge. (K 6)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzeugung einer stehenden Welle (z. B. Seilwelle) durch Reflexion</li> </ul> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/downloads">https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/downloads</a></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-on-a-string">https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-on-a-string</a></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-interference">https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-interference</a></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/fourier-making-waves">https://phet.colorado.edu/de/simulations/fourier-making-waves</a></p> <p><a href="https://www.walter-fendt.de/html5/phde/">https://www.walter-fendt.de/html5/phde/</a></p> | <p>Grundlagen (Wellen allgemein)</p> <p><a href="https://www.abi-physik.de/buch/wellen/">https://www.abi-physik.de/buch/wellen/</a></p> <p>Grundwissen und Aufgaben:</p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen">https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen</a></p> |          |

|   |  |  |  |          |
|---|--|--|--|----------|
| <p><b>Funktionsgleichungen</b></p> <p><math>y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)</math><br/> für <math>x = \text{konst.}</math><br/> und<br/> <math>y(x) = y_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x\right)</math></p> <p>für <math>t = \text{konst.}</math><br/> oder durch Funktionsgraphen</p> <p>- Wellenphänomene: Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz<br/> - stehende Wellen,<br/> Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle<br/> <b>Schwingungsknoten,</b><br/> <b>Schwingungsbauch</b></p> |  | <p>Experimente:</p> <p><a href="https://www.experimente.physik.uni-freiburg.de/Schwingungen_und_Wellen/wellen/mechanischewellen">https://www.experimente.physik.uni-freiburg.de/Schwingungen_und_Wellen/wellen/mechanischewellen</a></p> |  |          |
| <b>3.2.5.2 Elektromagnetische Wellen</b>  |  |  |  | <b>6</b> |
| <p>Mögliche Kontexte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polarimetrie</li> <li>- Informationsübertragung</li> <li>- Modulation</li> <li>- Antennen und Sendemasten</li> <li>- Mikrowellenherd</li> <li>- Wärmebildkamera</li> <li>- Globale Bilanz der Strahlungsenergie der Erdatmosphäre</li> <li>- Fernbedienung</li> <li>- Schwarzlichtlampe</li> </ul>   |  |  |  |          |

|   |   |  |  |  |          |
|---|---|--|--|--|----------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Entstehung elektromagnetischer Wellen am Hertzschen Dipol</li><li>- <b>Wellenlänge, Dipollänge</b><br/><math display="block">l=\frac{\lambda}{2}</math></li><li>- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Ausbreitungsgeschwindigkeit, <b>Lichtgeschwindigkeit</b></li><li>- Wellenphänomene: Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz, <b>Gangunterschied</b></li><li>- Polarisierung von Transversalwellen (nur lineare Polarisierung)</li></ul> | <p>Die Lernenden...</p> <p>... veranschaulichen die Entstehung stehender Wellen in sachgerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge. (K 6)</p> <p>... präsentieren Eigenschaften und Anwendungen von Frequenzbereichen des elektromagnetischen Spektrums sach- und adressatengerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien. (K 7)</p> <p>... bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten (z.B. „Handystrahlung“) ein eigenes Urteil. (B 4)</p> <p>... reflektieren Risikoeinschätzungen zur Mobilfunktechnologie („Handystrahlung“) hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses. (B 5)</p> <p><b>Basiskonzepte:</b><br/><b>Superposition und Komponenten</b><br/>Erklärung von Interferenzphänomenen mithilfe der Superposition von Wellen</p> | <p>- Erzeugung einer stehenden Welle durch Reflexion</p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-wellen/downloads">https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-wellen/downloads</a></p> <p><a href="https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/programme/dipolstr/Dipolstr1.html">https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/programme/dipolstr/Dipolstr1.html</a></p> <p><a href="https://emanim.szilab.org/index_de.html">https://emanim.szilab.org/index_de.html</a></p> <p><a href="https://www.walter-fendt.de/html5/phde/electromagneticwave_de.htm">https://www.walter-fendt.de/html5/phde/electromagneticwave_de.htm</a></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-interference">https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-interference</a></p> <p>Experimente:</p> <p><a href="https://www.experimente.physik.uni-freiburg.de/Elektromagnetismus/Schwingungen_und_Wellen">https://www.experimente.physik.uni-freiburg.de/Elektromagnetismus/Schwingungen_und_Wellen</a></p> | <p>Grundlagen:</p> <p><a href="https://www.abi-physik.de/buch/wellen/">https://www.abi-physik.de/buch/wellen/</a></p> <p>Grundlagen und Aufgaben:</p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-wellen">https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-wellen</a></p> |  |          |
| <b>3.2.5.3 Wellenoptik</b>  |   |  |  |  | <b>9</b> |
| <p>Mögliche Kontexte:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Auflösungsvermögen optischer Instrumente</li><li>- Holografie</li></ul>   |   |  |  |  |          |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Interferenz von monochromatischem Licht am Doppelspalt und Gitter, <b>Gangunterschied, Gitterkonstante</b></li><li>- Bedingungen für konstruktive</li></ul>   | <p>Die Lernenden...</p> <p>... erklären das Messverfahren zur Wellenlängenbestimmung bei der Interferenz am Doppelspalt sowie die Funktion einzelner Komponenten des Versuchsaufbaus. (S 5)</p>   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Bestimmung der Wellenlänge monochromatischen Lichts durch Interferenz</li><li>- <b>Interferenz am Einfachspalt</b></li></ul>   | <p>Grundwissen:</p> <p><a href="https://www.abi-physik.de/buch/wellen/">https://www.abi-physik.de/buch/wellen/</a></p> <p><a href="https://www.abi-physik.de/buch/wellen/">https://www.abi-physik.de/buch/wellen/</a></p>  |  |          |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p>und destruktive Interferenz an Doppelspalt und Gitter:</p> $\Delta s = k \cdot \lambda, \quad \sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ $\Delta s = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$ $\sin \alpha_k = \frac{(2k + 1) \cdot \lambda}{2 \cdot b}$ <p>- <b>Beugung und Interferenz am Einfachspalt, Bedingung für destruktive Interferenz:</b></p> $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ <p>- Farbzerlegung von weißem Licht an einem Gitter</p> <p>- <b>Röntgenbeugung an Kristallgittern, BRAGGsche Gleichung:</b></p> $2 \cdot d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$ <p>- <b>Aufbau und Funktionsweise eines Interferometers</b></p> <p>- elektromagnetisches Spektrum, Überblick über die verschiedenen Frequenzbereiche</p> | <p>... modellieren optische Phänomene wie die Interferenz am Doppelspalt mithilfe mathematischer Darstellungen, wobei theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aus der Untersuchung des Beugungsbilds aufeinander bezogen werden. (E 4)</p> <p>... veranschaulichen die Entstehung stehender Wellen in sachgerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge. (K 6)</p> <p>... <b>erklären das Messverfahren zur Bestimmung der Netzebenenabstände in Kristallen mithilfe der BRAGG-Reflexion sowie die Funktion einzelner Komponenten des Versuchsaufbaus. (S 5)</b></p> <p>... präsentieren Eigenschaften und Anwendungen von Frequenzbereichen des elektromagnetischen Spektrums sach- und adressatengerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien. (K 7)</p> <p><b>Basiskonzepte:</b></p> <p><b>Superposition und Komponenten</b></p> <p>- Erklärung von Interferenzphänomenen mithilfe der Superposition von Wellen</p> <p>- <b>Deutung der Abschwächung unpolarisierten Lichts durch einen Polarisationsfilter</b></p> <p><b>Mathematisieren und Vorhersagen</b></p> <p>- Mathematische Beschreibung der Lage der Maxima und Minima bei der Interferenz am Doppelspalt</p> <p>- <b>Bestimmung von Netzebenenabständen in Kristallen mithilfe der BRAGGschen Gleichung</b></p> | <p>- Nachweis von polarisiertem und unpolarisiertem Licht</p> <p><a href="https://www.walter-fendt.de/html5/phde/">https://www.walter-fendt.de/html5/phde/</a></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_de.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_de.html</a></p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/downloads">https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/downloads</a></p> <p>Bragg-Reflexion:</p> <p><a href="https://www.geogebra.org/m/sm-gxvsgV">https://www.geogebra.org/m/sm-gxvsgV</a></p> <p>Interferometer:</p> <p><a href="https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materi- alien/interferometer/index.html">https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materi- alien/interferometer/index.html</a></p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/relativitaetstheorie/spezielle-relativitaetstheorie/downloads/michelson-morley-experiment-animation">https://www.leifiphysik.de/relativitaetstheorie/spezielle-relativitaetstheorie/downloads/michelson-morley-experiment-animation</a></p> <p>Experimente:</p> <p><a href="https://www.experimente.physik.uni-freiburg.de/Optik">https://www.experimente.physik.uni-freiburg.de/Optik</a></p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/versuche">https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/versuche</a></p> <p><a href="https://www.forphys.de/Website/qm/schulversuche/wellbild.html">https://www.forphys.de/Website/qm/schulversuche/wellbild.html</a></p> | <p><a href="https://physik.de/buch/quantenmechanik/bragg-gleichung/">physik.de/buch/quantenmechanik/bragg-gleichung/</a></p> <p>Grundwissen und Aufgaben:</p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/optik/wellenmodell-des-lichts">https://www.leifiphysik.de/optik/wellenmodell-des-lichts</a></p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz">https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz</a></p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/optik/polarisation">https://www.leifiphysik.de/optik/polarisation</a></p> |
| <p><b>Q3 – 3.2.6 Quantenobjekte (ca. 18 h)</b></p>   |   |   |  |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| <p>Mögliche Kontexte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bräunung der Haut</li> <li>- Funktionsprinzip von Nachtsichtgeräten</li> <li>- Sonnensegel als Antrieb von Raumsonden</li> <li>- innerer Fotoeffekt in optoelektronischen Bauelementen</li> <li>- Photoemissionselektronen-Mikroskop</li> </ul>   |  |   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- äußerer lichtelektrischer Effekt, Widerspruch zum Wellenmodell</li> <li>- EINSTEINSche Deutung im Photonenmodell des Lichts<br/> <math display="block">E_{\text{Ph}} = h \cdot f = E_{\text{kin}} + W_A</math> <p><b>Photon, PLANCKsches Wirkungsquantum, Austrittsarbeit, Grenzfrequenz</b></p> </li> <li>- Impuls von klassischen Teilchen und Photonen:<br/> <math display="block">p = m \cdot v, \quad p_{\text{Ph}} = \frac{h \cdot f}{c}</math> </li> <li>- Hypothese von DE BROGLIE<br/> <math display="block">\lambda = \frac{h}{p}, \quad \text{Materiewelle, DE-BROGLIE-Wellenlänge}</math> </li> <li>- Elektronenbeugung (qualitativ)</li> <li>- Elektronenbeugung an Kristallgittern (quantitativ)</li> </ul> | <p>Die Lernenden...</p> <p>... reflektieren die Relevanz der Ergebnisse zum Fotoeffekt für physikalische Erkenntnisgewinnung und erläutern das Versagen klassischer Modelle. (E 9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erklären, wie sich mithilfe eines Experiments zum Fotoeffekt das PLANCKsche Wirkungsquantum ermitteln lässt. (S 6)</li> </ul> <p>... erklären im Photonenmodell die am Einfachspalt gefundenen Zusammenhänge zwischen Spaltbreite und Breite des Hauptmaximums mithilfe der HEISENBERG-schen Unbestimmtheitsrelation. (E 6)</p> <p>... reflektieren Grenzen der Erkenntnisgewinnung vor dem Hintergrund der HEISENBERG-schen Unbestimmtheitsrelation. (E 11)</p> <p><b>Basiskonzepte:</b><br/> <b>Erhaltung und Gleichgewicht</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrachtung der Energieerhaltung beim Fotoeffekt</li> <li>- Herleitung der Gleichung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotoeffekt: Einfluss der Intensität und Frequenz des Lichts</li> <li>- Bestimmung des PLANCKschen Wirkungsquantums mit der Gegenfeldmethode</li> <li>- h-Bestimmung mithilfe von LEDs</li> <li>- Elektronenbeugung</li> <li>- Simulation zum Nachweis der Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit</li> </ul> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/downloads">https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/downloads</a></p> <p><a href="https://www.milq-physik.de/Simulationsprogramme">https://www.milq-physik.de/Simulationsprogramme</a></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/de/simu-">https://phet.colorado.edu/de/simu-</a></p> | <p>Grundlagen:</p> <p><a href="https://www.abi-physik.de/buch/quantenmechanik/">https://www.abi-physik.de/buch/quantenmechanik/</a></p> <p><a href="https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/wesenszuege-quantenphysik">https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/wesenszuege-quantenphysik</a></p> <p><a href="https://educ.ethz.ch/unterrichtsmaterialien/physik/quantenphysik.html">https://educ.ethz.ch/unterrichtsmaterialien/physik/quantenphysik.html</a></p> <p><a href="http://www.milq.info">www.milq.info</a></p> <p><a href="http://www.quantenphysik-schule.de">www.quantenphysik-schule.de</a></p> <p>Würzburger Quantenphysik-Konzept:<br/> <a href="http://www.forphys.de/overview.html">www.forphys.de/overview.html</a></p> |  |

| <p>- TAYLOR-Experiment:<br/>stochastische Vorhersagbarkeit</p> <p>der Häufigkeitsverteilung<br/>(qualitativ),<br/><b>Aufenthaltswahrscheinlichkeit</b></p> <p>- Komplementarität von<br/>Weginformation und<br/>Interferenzfähigkeit</p> <p>- <b>HEISENBERGSche</b><br/><b>Unbestimmtheitsrelation</b><br/><math>\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}</math></p> <p>- <b>Äquivalenz von Masse und</b><br/><b>Energie</b> <math>\Delta E = \Delta m \cdot c^2</math></p> | $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot e \cdot U}}$ <p>aus der De-Broglie-Hypothese und dem Energieansatz</p> <p><b>Superposition und Komponenten</b></p> <p>- Deutung des Interferenzmusters im<br/>Doppelspaltexperiment als Häufigkeitsverteilung bei der<br/>Registrierung von Einzelereignissen</p> <p><b>Zufall und Determiniertheit</b></p> <p>- Beschreibung der Ereignisse einzelner Quantenobjekte<br/>(z. B. Registrierung eines Photons auf einem Schirm)<br/>unter Verwendung von Wahrscheinlichkeitsaussagen</p> <p><b>Mathematisieren und Vorhersagen</b></p> <p>- linearisierte Darstellung von Messwerten aus dem Elek-<br/>tronenbeugungsexperiment zur Bestimmung von <math>h</math></p> <p>- mathematische Beschreibung des Zusammenhangs<br/>zwischen der Wellenlänge und der Lage der<br/>Beugungsringe in der Elektronenbeugungsröhre</p> | <p><a href="#">lations/color-vision</a><br/><a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/blackbody-spectrum">https://phet.colorado.edu/de/simulations/blackbody-spectrum</a></p> <p>Fotoeffekt:<br/><a href="http://www.mabo-physik.de/photoeffekt.html">http://www.mabo-physik.de/photoeffekt.html</a><br/><a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/photoelectric">https://phet.colorado.edu/de/simulations/photoelectric</a></p> <p>Elektronenbeugung:<br/><a href="http://www.mabo-physik.de/elektronenbeugung.html">http://www.mabo-physik.de/elektronenbeugung.html</a><br/><a href="https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/multimedia/elektro-nenablenkroehre/elektronenbeugung/index.html">https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/multimedia/elektro-nenablenkroehre/elektronenbeugung/index.html</a></p> <p>Doppelspalt-Experiment:<br/><a href="https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materi-alien/doppelspalt/index.html">https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materi-alien/doppelspalt/index.html</a></p> |  |  |
|--|---|---|--|--|
| Bezug zur Sprachbildung (Teil B)   | Bezug zur Medienbildung (Teil B)  | Bezug zu den ÜT (Teil B)  |  |  |
|  |   |   |  |  |



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|