

Musterprüfung Nr. 004 (Nachtermin)

Prüfbericht

Physik · Ausbildungsrichtung Technik

Qualitätssicherung der Musterprüfung (Aufgaben und Lösungshinweise sind eigene Dateien):

- **Abnahmeprotokoll** – Lehrplanbezug mit wörtlichen Zitaten, Operatoren, Anforderungsbereiche, Kompetenzen, BE-Begründung, unabhängige Nachrechnung aller Ergebnisse, Abbildungsabnahme, Vielfalt
- **Technisches Prüfprotokoll** – verwendete Skills, Pakete und Module, Prüfprozess und Ergebnisse der automatischen Prüfungen

Abnahmeprotokoll

Prüfung jeder Teilaufgabe gegen den LehrplanPLUS Physik FOS (Technik), das Kompetenzmodell und die Bewertungseinheiten. Die Zitate sind automatisch mit dem Wortlaut des LehrplanPLUS abgeglichen; jedes Ergebnis ist mit einem zweiten, unabhängigen Rechenweg aus den im Aufgabentext gedruckten Werten nachgerechnet und mit der Lösung verglichen (✓: übereinstimmend auf die gedruckten Ziffern).

Bewertungseinheiten:	P 40, W1 30, W2 30, W3 30 (gesamt 130)
Anforderungsbereiche (BE-gewichtet):	I 27 % · II 59 % · III 14 % (Ziel I 25–40, II 50–65, III 5–15)
Wahlkombinationen (AFB I/II/III):	P+W1+W2: 100 BE, 27/58/15 % · P+W1+W3: 100 BE, 29/59/12 % · P+W2+W3: 100 BE, 30/58/12 %
Lernbereiche:	FOS 11 LB 1 Bewegungen: P; FOS 11 LB 2 Dynamik: P; FOS 11 LB 3 Energie: P, W1; FOS 11 LB 4 Praktikum: W1, W3; FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: P, W3; FOS 12 LB 2 Schwingungen/Wellen: P, W1, W2; FOS 12 LB 3 Felder: P, W2; FOS 12 LB 4 Induktion: P, W3
Kompetenzorientierung:	Fehlvorstellung als Aussage begründet beurteilen: P 1.3, P 3.3, W1 1.4; Modellannahme/Gültigkeit/Grenze: W1 1.2, W1 2.2, W3 1.4; Lösungsweg ohne Verfahrensvorgabe: W2 1.6; qualitative Vorhersage ohne Rechnung: W2 2.5, W3 2.3; Sensor/App/Video/Oszilloskop/KI reflektiert: P 4.1, W3 2.2
Parallelprüfung:	Parallelprüfung zu 2026-4a: 49 Teilaufgaben mit gleicher Nummer, BE, Operator, AFB und Kompetenz geprüft
Prüfungen:	40 Rechenwerte, 17 Prüfsätze, 49 Lehrplanzitate – alle bestanden
Stand:	4. Oktober 2026 Fachliche Durchsicht Fachmitarbeiter Physik:

Übersicht: Kompetenzbereiche, Anforderungsbereiche, Operatoren, Basiskonzepte

Kompetenzbereich	Bedeutung
F Fachwissen	Fachwissen: physikalische Begriffe, Gesetze, Modelle kennen und anwenden (Berechnen nach bekannten Zusammenhängen)
E Erkenntnisgewinnung	Erkenntnisse gewinnen: Experimente/Messreihen auswerten, Diagramme lesen, Modelle und mathematische Betrachtungen nutzen
K Kommunikation	Kommunizieren: Sachverhalte fachsprachlich darstellen, zwischen Darstellungsformen wechseln (Diagramm, Zeigerdiagramm, Gleichung)
B Bewertung	Bewerten: Aussagen prüfen, Modellgrenzen und Gültigkeit beurteilen, Alltags- und Technikbezüge physikalisch begründet einschätzen

Anforderungsbereich	Beschreibung
I	Reproduktion: Wissen wiedergeben, bekannte Verfahren in geübtem Kontext ($\approx 30\%$)
II	Reorganisation/Transfer: Bekanntes in neuem Kontext anwenden, Diagramme auswerten ($\approx 50\%$)
III	Problemlösen/Bewerten: eigene Lösungswege, Behauptungen beurteilen, Modellgrenzen ($\approx 20\%$)

Operator (hier)	Bedeutung
Begründen	Aussage auf Gesetze/Zusammenhänge zurückführen
Berechnen	Ergebnis aus Größen und Gleichungen rechnerisch, Rechenweg erkennbar
Bestimmen	Ergebnis auf frei wählbarem Weg (rechnerisch oder grafisch) ermitteln
Beurteilen	zu einem Sachverhalt ein begründetes Urteil abgeben
Entscheiden	begründete Festlegung zwischen Möglichkeiten
Erklären	Sachverhalt auf Gesetze/Modelle zurückführen
Erläutern	Sachverhalt nachvollziehbar verständlich machen
Ermitteln	wie Bestimmen, meist mehrschrittig oder aus einem Diagramm
Geben	ohne Begründung nennen
Kreuzen	Aussagen als wahr/falsch/nicht entscheidbar bewerten
Nehmen	Stellung nehmen: Aussage begründet bewerten
Planen	-
Untersuchen	Eigenschaft/Bedingung prüfen
Zeichnen	maßstäblich darstellen
Zeigen	vorgegebene Aussage/Ergebnis durch Rechnung oder Begründung nachweisen

Basiskonzept	Inhalt (Gegenstandsbereiche LehrplanPLUS)
Energie	Energieformen, -umwandlung und -erhaltung, Arbeit, Energieinhalt von Feldern
Materie	Aufbau und Eigenschaften von Stoffen und Bauteilen (z. B. Dielektrikum, Kondensator)
Wechselwirkung	Kräfte, Felder, Impuls; Wirkung von Körpern aufeinander
Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht	Schwingungen, Wellen, Induktion, Ausgleichsvorgänge, Resonanz

Verteilung (alle Gruppen, 130 BE)	BE	Anteil
Kompetenz B Bewertung	22	17 %
Kompetenz E Erkenntnisgewinnung	21	16 %
Kompetenz F Fachwissen	55	42 %
Kompetenz K Kommunikation	32	25 %
Basiskonzept Energie	41	32 %
Basiskonzept Materie	26	20 %
Basiskonzept Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht	66	51 %
Basiskonzept Wechselwirkung	51	39 %
AFB I	35	27 %
AFB II	77	59 %
AFB III	18	14 %

Lehrplanabdeckung (Kompetenzerwartungen, die wörtlich zitiert und geprüft werden; alle Gruppen)

Lernbereich	KE geprüft	Abdeckung	BE-Anteil	Stunden
FOS 11 LB 1 Bewegungen	0/5	0 %	5 %	9 %
FOS 11 LB 2 Dynamik	1/4	25 %	3 %	9 %
FOS 11 LB 3 Energie	2/3	67 %	9 %	7 %
FOS 11 LB 4 Praktikum	3/7	43 %	8 %	12 %
FOS 12 LB 1 Kreisbewegung	2/4	50 %	15 %	9 %
FOS 12 LB 2 Schwingungen/Wellen	6/10	60 %	31 %	25 %
FOS 12 LB 3 Felder	2/6	33 %	17 %	18 %
FOS 12 LB 4 Induktion	1/3	33 %	12 %	11 %
Gesamt	17/42	40 %	100 %	100 %

Nicht geprüfte Kompetenzerwartungen: 11-1.1 (ermitteln aus Stroboskopbildern krummlinig bewegter Körper, ...); 11-1.2 (planen einfache Experimente zu gleichförmigen und beschleunigten ...); 11-1.3 (erstellen und interpretieren Zeit-Ort-, Zeit-Geschwindigkeit ...); 11-1.4 (verwenden lineare und quadratische Funktionen zur Quantitativ ...); 11-1.5 (führen krummlinige Bewegungen, exemplarisch aus dem Bereich ...); 11-2.1 (treffen Vorhersagen über die Änderung der Geschwindigkeit ...); 11-2.2 (setzen bei der Betrachtung von alltagsnahen Situationen (z. B. ...)); 11-2.3 (treffen physikalisch fundierte Vorhersagen über Reibungsverhalten ...); 11-3.2 (bestimmen mithilfe elementarer geometrischer Überlegungen die ...); 11-4.2 (führen vorgegebene Experimente selbständig durch und werten ...); 11-4.5 (dokumentieren Versuchsaufbauten, Messwerttabellen, Messauswertungen ...); 11-4.6 (entwickeln aus gegebenen Ausgangssituationen fundierte Hypothesen ...); 11-4.7 (erstellen Videofilme zu Bewegungsabläufen, die sie aus ihrer ...); 12-1.2 (zeigen durch die Auswertung von Messreihen die Zusammenhänge ...); 12-1.4 (modellieren mithilfe des Gravitationsgesetzes von Newton die ...); 12-2.5 (erklären die bei Schwingungen ablaufenden Energieumwandlungen ...); 12-2.6 (beschreiben die Entstehung und das Ausbreitungsverhalten von ...); 12-2.8 (führen quantitative Betrachtungen zu Interferenzexperimenten ...); 12-2.10 (erläutern für den Fall eindimensionaler Eigenschwingungen das ...); 12-3.1 (fertigen für klassische Felder auf Grundlage experimenteller ...); 12-3.2 (berechnen ausgehend von einer allgemeinen Feldstärkedefinition ...); 12-3.3 (gewinnen im Falle von homogenen klassischen Quellfeldern aus ...); 12-3.4 (modellieren den Bewegungsablauf makroskopischer, elektrischer ...); 12-4.1 (ermitteln aus vorgegebenen und experimentell gewonnenen t - Φ - ...); 12-4.3 (beschreiben für Stromkreise, die eine Spule enthalten, den z ...)

Pflicht-Aufgabengruppe P

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
1.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Wechselwirkung</i> 11-2 (Inhalt)	FOS 11 LB 2 Dynamik: „Gesetz der Impulserhaltung“	Impulserhaltung 1 $\cdot v_B' \cdot 1$	✓ 1,2 m/s
1.2	2	Untersuchen AFB II	Fachwissen <i>Energie, Wechselwirkung</i> 11-3.3	FOS 11 LB 3 Energie: „um realitätsnahe Situationen (z. B. Loopingfahrt, zentraler Zusammenstoß zweier Fahrzeuge) quantitativ zu analysieren“	E vorher/nachher 1 · Urteil und Anteil 1	✓ 22,5 kJ ✓ 22,5 kJ
1.3	2	Beurteilen AFB II	Bewertung <i>Wechselwirkung</i> 11-2.4	FOS 11 LB 2 Dynamik: „analysieren die Kraftwirkungen und die damit verbundenen Impulsänderungen bei ein- und zweidimensionalen Stoßvorgängen unter Anwendung des Wechselwirkungsprinzips.“	gleich große Kräfte (actio = reactio) 1 · größere Geschwindigkeitsänderung von A wegen kleinerer Masse 1	✓ $ \Delta p_A = \Delta p_B = 36\,000\text{ Ns}$
2.1	2	Bestimmen AFB I	Erkenntnisgewinnung <i>Wechselwirkung</i> 11-1 (Inhalt)	FOS 11 LB 1 Bewegungen: „Video- und Stroboskopaufnahmen von krummlinigen Bewegungen“	Abstand mit Maßstab 1 · mittlere Geschwindigkeit 1	✓ 0,70 m/s
2.2	4	Ermitteln AFB II	Erkenntnisgewinnung <i>Wechselwirkung</i> 11-1 (Inhalt)	FOS 11 LB 1 Bewegungen: „freier Fall, Fallbeschleunigung“	zweite mittlere Geschwindigkeit 1 · Zeitabstand der Intervallmitten $1 \cdot a = \Delta v / \Delta t$ 1 · Vergleich mit g 1	✓ $9,8\text{ m/s}^2$

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
3.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Wechselwirkung</i> 12-1.1	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „Sie verwenden die Größen Umlaufdauer, Frequenz, Bahnradius, Drehwinkel, Bahn- und Winkelgeschwindigkeit sowie Zusammenhänge zwischen diesen Größen zur quantitativen Beschreibung dieser Bewegungen“	$f \cdot v = 2\pi r \cdot f$	✓ 11 m/s
3.2	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Wechselwirkung</i> 12-1 (Inhalt)	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „Betrag und Richtung der Bahngeschwindigkeit, Drehwinkel im Bogenmaß, Betrag der Winkelgeschwindigkeit, Betrag und Richtung der Zentripetalbeschleunigung bzw. Zentripetalkraft“	$a_z = v^2/r$ bzw. $\omega^2 r$ 1 · Vielfaches von g	✓ 1,42 km/s ² ✓ 145
3.3	2	Erläutern AFB II	Bewertung <i>Wechselwirkung</i> 12-1.1	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „erklären ihre Dynamik mithilfe der Zentripetalbeschleunigung bzw. der Zentripetalkraft.“	Kraft zum Mittelpunkt nötig 1 · schwerere Teilchen wandern tangential nach außen (Trägheit), keine Fliehkraft	✓ ohne ausreichende Kraft zum Mittelpunkt: geradlinig tangential
4.1	2	Bestimmen AFB I	Erkenntnisgewinnung <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.1	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „beschreiben Schwingungen mit den physikalischen Größen Amplitude, Periodendauer sowie Frequenz“	mehrere Perioden abgelesen $1 \cdot f$	✓ 12 Hz
4.2	3	Beurteilen AFB III	Bewertung <i>Energie, Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.9	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „erklären qualitativ das Phänomen der Resonanz schwingungsfähiger Körper bei diskreten Frequenzwerten anhand von Experimenten oder Animationen und beurteilen Maßnahmen, um Resonanzeffekte bei Alltagsphänomenen zu beeinflussen“	720/min = 12 Hz $= f_0 \Rightarrow$ Resonanz 1 · Zusatzmasse senkt f_0 1 · Urteil: verschiebt nur die Drehzahl	✓ 720/60 = 12
5.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2 (Inhalt)	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit“	$\lambda = c/f$ 1 · Ergebnis	✓ 2,0 m
5.2	3	Entscheiden AFB II	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.7	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „prognostizieren den Einfluss von Hindernissen auf das Phänomen der Beugung einer ebenen Wellenfront.“	richtige Abbildung 1 · Öffnung < λ 1 · Huygens: Elementarwellen	✓ A: $b < \lambda \Rightarrow$ Kreiswellen auch seitlich

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
6.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen Wechselwirkung 12-3 (Inhalt)	FOS 12 LB 3 Felder: „Coulombkraft“	Coulombgesetz 1 · Betrag und abstoßend 1	✓ 1,4 mN
6.2	2	Berechnen AFB II	Fachwissen Wechselwirkung 12-3 (Inhalt)	FOS 12 LB 3 Felder: „radialsymmetrisches elektrostatisches Feld einer Punktladung (Coulombfeld), Betrag der elektrischen Feldstärke im Coulombfeld“	Feldstärke von Q1 am Ort von Q2 1 · Richtung zu Q1 hin 1	✓ $5,6 \cdot 10^4 \text{ N/C}$
6.3	2	Entscheiden AFB II	Bewertung Wechselwirkung 12-3 (Inhalt)	FOS 12 LB 3 Felder: „anziehende und abstoßende Kraft zwischen elektrisch geladenen Körpern bzw. magnetischen Polen“	$F = Q_1 Q_2 / r^2$ 1 · Faktor 2 bzw. Urteil 1	✓ halbe Ladung, halber Abstand $\Rightarrow F \cdot 2$
7.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht 12-4 (Inhalt)	FOS 12 LB 4 Induktion: „Definition des magnetischen Flusses“	$\Phi = B \cdot A$ 1 · Ergebnis 1	✓ 0,10 mWb
7.2	2	Ermitteln AFB II	Fachwissen Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht 12-4.2	FOS 12 LB 4 Induktion: „berechnen Induktionsspannungen mit dem Induktionsgesetz für die Sonderfälle einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte bzw. einer zeitlich konstanten, vom Magnetfeld durchsetzten Fläche“	$\hat{U} = N \omega \Phi$ 1 · $\omega = 2\pi f$, Ergebnis 1	✓ 1,9 V
7.3	2	Entscheiden AFB II	Kommunikation Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht 12-4 (Inhalt)	FOS 12 LB 4 Induktion: „Erzeugen einer sinusförmigen Wechselspannung und einer Gleichspannung“	A richtig 1 · Kommutator polt alle halbe Umdrehung um 1	✓ A: sin – Betrag der Wechselspannung

Wahl-Aufgabengruppe W 1

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
1.1	3	Berechnen AFB I	Fachwissen Energie 11-3.1	FOS 11 LB 3 Energie: „Sie bilanzieren diese quantitativ unter Anwendung des Prinzips der Energieerhaltung, um beispielsweise das Bewegungsverhalten von Körpern vorherzusagen“	Energieansatz 1 · v 1 · Fallzeit 1	✓ 6,3 m/s ✓ 0,64 s

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
1.2	4	Zeigen AFB II	Erkenntnisgewinnung <i>Energie, Materie, Wechselwirkung, Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 11-4.1	FOS 11 LB 4 Praktikum: „werten Messreihen auf geeignete Weise (z. B. durch Transformation der Koordinatenachsen) grafisch aus, um Zusammenhänge zwischen Messgrößen zu formulieren und physikalische Gesetzmäßigkeiten abzuleiten.“	Diagramm 2 · Ursprungsgerade ⇒ $F \propto 1 \cdot D$ aus Steigung 1	✓ 6,0 kN/m
1.3	4	Ermitteln AFB II	Fachwissen <i>Energie</i> 11-3 (Inhalt)	FOS 11 LB 3 Energie: „mechanische Energieformen: kinetische Energie, potenzielle Energie der Erdanziehung (Lageenergie) und potenzielle Energie der Elastizität (Spannenergie)“	Energieansatz mit Spannenergie 1 · quadratische Gleichung 1 · $s \cdot 1 \cdot F_{\max} \cdot 1$	✓ 0,93 m ✓ 5,6 kN
1.4	3	Nehmen AFB III	Bewertung <i>Energie</i> 11-3.1	FOS 11 LB 3 Energie: „Sie bilanzieren diese quantitativ unter Anwendung des Prinzips der Energieerhaltung, um beispielsweise das Bewegungsverhalten von Körpern vorherzusagen“	Rechnung für 4,0 m 1 · Faktor 1,3 statt 2 1 · Urteil mit Begründung (s wächst mit) 1	✓ 7,5 kN
1.5	4	Kreuzen AFB II	Bewertung <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2 (Inhalt)	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „lineares Kraftgesetz, Richtgröße“	je richtigem Kreuz 1	✓ a w, b f, c f, d n
2.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.3	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „identifizieren bei schwingenden Systemen diejenigen Größen, von denen die Periodendauer abhängt“	Formel 1 · T 1	✓ 0,77 s
2.2	3	Begründen AFB III	Fachwissen <i>Wechselwirkung, Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.4	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „begründen beim Vorliegen eines linearen Kraftgesetzes, dass es sich bei der betrachteten Bewegung um eine harmonische Schwingung handelt“	Gleichgewicht $D \cdot s_0 = m \cdot g \cdot 1 \cdot$ Rückstellkraft $-D \cdot y$ um die Gleichgewichtslage 1 · lineares Kraftgesetz ⇒ harmonisch 1	✓ 0,15 m
2.3	3	Ermitteln AFB II	Fachwissen <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.3	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „identifizieren bei schwingenden Systemen diejenigen Größen, von denen die Periodendauer abhängt“	$T = \sqrt{m \cdot 1} \cdot$ Umformung nach m 1 · Ergebnis 1	✓ 74 kg

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
2.4	4	Entscheiden AFB II	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2 (Inhalt)	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „Liniendiagramme von Elongation, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Rückstellkraftkoordinaten“	A richtig 1 · Ausschluss B (keine Dämpfung) 1 · Ausschluss C (Startlage) 1 · Dämpfung erläutert 1	✓ A: Start $-y$, gedämpft, $T = 0,77 \text{ s}$

Wahl-Aufgabengruppe W 2

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
1.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Energie, Materie</i> 12-3.5	FOS 12 LB 3 Felder: „berechnen relevante Größen (Kapazität, Ladung und Energieinhalt von Kondensatoren mit und ohne Dielektrika)“	$C = \epsilon_0 A/d$ 1 · Ergebnis 1	✓ 88,5 pF
1.2	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Energie, Materie</i> 12-3.5	FOS 12 LB 3 Felder: „berechnen relevante Größen (Kapazität, Ladung und Energieinhalt von Kondensatoren mit und ohne Dielektrika)“	$Q = C U$ 1 · $W = \frac{1}{2} C U^2$ 1	✓ 18 nC ✓ 1,8 μJ
1.3	3	Ermitteln AFB II	Fachwissen <i>Energie, Materie</i> 12-3.5	FOS 12 LB 3 Felder: „berechnen relevante Größen (Kapazität, Ladung und Energieinhalt von Kondensatoren mit und ohne Dielektrika)“	C bei 14 und 16 μm 1 · $Q = C U$ 1 · Bereich 1	✓ 17 nC ✓ 19 nC
1.4	3	Erläutern AFB II	Kommunikation <i>Energie, Materie</i> 12-3.5	FOS 12 LB 3 Felder: „berechnen relevante Größen (Kapazität, Ladung und Energieinhalt von Kondensatoren mit und ohne Dielektrika)“	Q ändert sich bei konstanter U 1 · Ladung fließt zu/ab $\Rightarrow$ Strom 1 · Frequenz des Echos 1	✓ $\Delta Q \neq 0 \Rightarrow I \neq 0$
1.5	3	Ermitteln AFB II	Fachwissen <i>Energie, Materie</i> 12-3.5	FOS 12 LB 3 Felder: „um die Dimensionierung von Kondensatoren für vorgegebene Einsatzbereiche als Ladungs- oder Energiespeicher abzuschätzen“	$d = \epsilon_0 A/C$ 1 · Ergebnis 1 · Vergleich mit 15 μm 1	✓ 13 μm
1.6	3	Planen AFB III	Erkenntnisgewinnung <i>Energie, Materie</i> 12-3.6	FOS 12 LB 3 Felder: „planen Experimente zum Kondensator (z. B. Bestimmung der Entladekurve)“	Aufbau mit veränderlicher Fläche 1 · Messgrößen (U, Q bzw. C) 1 · Auswertung C über A 1	✓ Plattenkondensator, wirksame Fläche variieren, C messen, C-A-Diagramm
2.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2 (Inhalt)	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit“	$\lambda = c/f$ 1 · Ergebnis 1	✓ 8,5 mm

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
2.2	3	Geben AFB II	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.2	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „modellieren unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen die zeitliche Entwicklung von Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungskoordinaten harmonisch schwingender Körper mit trigonometrischen Funktionen.“	Ansatz $y = -\hat{y} \cos(\omega t)$ 1 · ω 1 · Werte mit Einheiten 1	✓ $\omega = 2\pi \cdot 40 \text{ kHz} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ 1/s}$
2.3	3	Berechnen AFB II	Fachwissen <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.2	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „modellieren unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen die zeitliche Entwicklung von Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungskoordinaten harmonisch schwingender Körper mit trigonometrischen Funktionen.“	$\hat{v} = \omega \hat{y}$ 1 · $\hat{a} = \omega^2 \hat{y}$ 1 · Ergebnisse 1	✓ 63 mm/s ✓ 16 km/s ²
2.4	3	Zeichnen AFB II	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2 (Inhalt)	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „Liniendiagramme von Elongation, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Rückstellkraftkoordinaten“	Periode 25 μs 1 · Amplitude 1 · Start im unteren Umkehrpunkt 1	✓ $T = 1/40 \text{ kHz} = 25 \mu\text{s}$
2.5	3	Entscheiden AFB III	Bewertung <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-2.2	FOS 12 LB 2 Schwingungen/-Wellen: „modellieren unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen die zeitliche Entwicklung von Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungskoordinaten harmonisch schwingender Körper mit trigonometrischen Funktionen.“	$\hat{v}$ $f \Rightarrow$ halb 1 · $\hat{a}$ $f^2 \Rightarrow$ ein Viertel 1 · Begründung ohne Rechnung 1	✓ ω halb

Wahl-Aufgabengruppe W 3

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
1.1	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Wechselwirkung</i> 12-1.1	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „erklären ihre Dynamik mithilfe der Zentripetalbeschleunigung bzw. der Zentripetalkraft.“	Einheiten 1 · F_Z 1	✓ 0,45 kN

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
1.2	2	Erklären AFB I	Kommunikation <i>Wechselwirkung</i> 12-1.3	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „ermitteln die Kräfte, die an einem Körper angreifen und in ihrer Summe als Zentripetalkraft wirken.“	Kraft der Straße muss durch den Schwerpunkt zeigen 1 · sonst Kippen 1	✓ Resultierende aus F_G und Kraft der Straße = F_Z
1.3	4	Ermitteln AFB II	Kommunikation <i>Wechselwirkung</i> 12-1.3	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „ermitteln die Kräfte, die an einem Körper angreifen und in ihrer Summe als Zentripetalkraft wirken.“	Kräfteplan mit F_G , Kraft der Straße 2 · Resultierende = F_Z 1 · Winkel 1	✓ 14°
1.4	3	Ermitteln AFB II	Fachwissen <i>Wechselwirkung</i> 12-1 (Inhalt)	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „Kurvenfahrt mit Fahrrad bzw. Motorrad und PKW, Haftkraft, optimale Kurvenüberhöhung“	Haftkraft als Zentripetalkraft 1 · $v_{\max}$ 1 · in km/h 1	✓ 59 km/h
1.5	3	Beurteilen AFB III	Bewertung <i>Wechselwirkung</i> 12-1.3	FOS 12 LB 1 Kreisbewegung: „hinterfragen und beurteilen sie die Notwendigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen im Straßenver“	$v \cdot \sqrt{F}$ 1 · v_{nass} 1 · Urteil zur Empfehlung (20 % reichen nicht) 1	✓ 42 km/h ✓ 47 km/h
2.1	3	Erläutern AFB II	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-4 (Inhalt)	FOS 12 LB 4 Induktion: „Lenz'sche Regel“	Flussänderung beim Annähern/Entfernen 1 · Vorzeichenwechsel 1 · keine Spannung bei konstantem Fluss 1	✓ Φ steigt, dann fällt ⇒ U erst positiv, dann negativ
2.2	3	Ermitteln AFB II	Erkenntnisgewinnung <i>Energie, Materie, Wechselwirkung, Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 11-4.4	FOS 11 LB 4 Praktikum: „erfassen Messwerte in einfachen Versuchssituationen mit computergestützten Messwerterfassungssystemen (z. B. Sensoren an Computern, CAS-Rechnern, Handys mit Messapplikationen, digitales Oszilloskop)“	Periodendauer aus mehreren Pulsen 1 · $v = u/T$ 1 · Ergebnis 1	✓ 7,5 m/s
2.3	3	Entscheiden AFB II	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-4.2	FOS 12 LB 4 Induktion: „berechnen Induktionsspannungen mit dem Induktionsgesetz für die Sonderfälle einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte bzw. einer zeitlich konstanten, vom Magnetfeld durchsetzten Fläche“	C richtig 1 · Abstand doppelt 1 · kleinere Spannung (langsamere Flussänderung) 1	✓ v halb ⇒ T doppelt, $ \Delta\Phi/\Delta t $ halb

Nr.	BE	Operator	Kompetenz	Lehrplanbezug (Kompetenzerwartung bzw. Inhalt, wörtlich)	BE-Begründung	Unabhängige Prüfung
2.4	3	Untersuchen AFB II	Erkenntnisgewinnung <i>Energie, Materie, Wechselwirkung, Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 11-4.3	FOS 11 LB 4 Praktikum: „Sie wägen hierbei auftretende systematische Messfehler qualitativ ab und führen ohne intensive Fehlerrechnung grobe Abschätzungen auftretender Größtfehler bei den eigenen Messungen durch.“	angezeigte Geschwindigkeit 1 · relative Abweichung 1 · systematischer Fehler 1	✓ 8,0 m/s
2.5	2	Berechnen AFB I	Fachwissen <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-4.2	FOS 12 LB 4 Induktion: „berechnen Induktionsspannungen mit dem Induktionsgesetz für die Sonderfälle einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte bzw. einer zeitlich konstanten, vom Magnetfeld durchsetzten Fläche“	$U = N \Delta\Phi/\Delta t$ 1 · Ergebnis 1	✓ 0,60 V
2.6	2	Geben AFB I	Kommunikation <i>Systeme im Gleich- und Ungleichgewicht</i> 12-4 (Inhalt)	FOS 12 LB 4 Induktion: „Lenz'sche Regel“	Vorzeichen umgekehrt 1 · Form gleich 1	✓ Pol vertauscht ⇒ $U(t)$ gespiegelt

Vielfalt: Kontexte gegenüber Originalen 2019–2025 und eigenen Prüfungen

Kontext	Gruppe	bisher verwendet
Dachdecker	W	neu
Auffanggurt	W	neu
Parksensor	W	neu
Ultraschallwandler	W	neu
Motorroller	W	neu
Rollertacho	W	neu
Rangierbahnhof	P	neu
Schlüsselbund	P	neu
Laborzentrifuge	P	neu
Außenspiegel	P	neu
Zimmertür	P	neu
Styroporkugeln	P	2021
Modellgenerator	P	2025

Aufgabenmuster (Anzahl Originaljahrgänge 2019–2025, in denen das Muster vorkommt): stoss-zentral 0, resonanz 0, beugung 0, coulombkraft 0, kommutator 0, herleitung 0, stellungnahme 0, dimensionierung 0, experiment-planen 0, grenzfall 0, fehleranalyse-messung 0, umlauf-omega 1, ki-ankreuz 1, schwingungsgleichung 1, induktion-qualitativ 1, diagramm-auswahl 2, kraftgesetz 2, zentripetalkraft 2, messreihe 3, periodendauer 3, stroboskop 4, energieerhaltung 4, kondensator 4, kraefteplan 4. Seltene oder neue Muster: beugung, coulombkraft, dimensionierung, experiment-planen, fehleranalyse-messung, grenzfall, herleitung, induktion-qualitativ, ki-ankreuz, kommutator, resonanz, schwingungsgleichung, stellungnahme, stoss-zentral, umlauf-omega. Abgeglichen mit eigenen Prüfungen: 2026-6a, 2026-7a, 2026-a, 2026-2a, 2026-9b, 2026-9a, 2026-8a, 2026-5b, 2026-2b, 2026-4a, 2026-3a, 2026-8b, 2026-b, 2026-5a, 2026-3b, 2026-6b, 2026-7b.

Abbildungen: Inhalt und Übereinstimmung mit dem Modell des Textes

Abbildung	zeigt	Größen, Punkte, Bemaßung ↔ Text
KI-Bild rangier-p1	Alltagsbild zwei Güterwagen beim Rangieren (KI, Graustufen)	✓ nur Kontext
abbPeins	zwei Güterwagen in Seitenansicht, A mit Geschwindigkeitspfeil, B ruht	✓ zentraler Stoß längs einer Geraden wie Text
abbPzwei	Videoanalyse: Schlüsselbund in fünf Lagen neben einer Skala (Maßstab 1 : 2, Skala in echten cm)	✓ Lagen 0; 2,8; 7,1; 13,1; 20,6 cm aus $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ ($v_0 = 0,50 \text{ m/s}$, $\Delta t = 0,040 \text{ s}$)
abbPvier	Sensor-t-y-Diagramm des Spiegels, Raster $0,025 \text{ s} \hat{=} 0,5 \text{ mm} \hat{=} 5 \text{ mm}$	✓ gedämpft mit $f_0 = 12 \text{ Hz}$, sechs Perioden in $0,50 \text{ s}$
abbPfuenf	Draufsicht Tür A (Kreiswellen) und B (ohne Beugung)	✓ Abstand der Wellenfronten $20 \text{ mm} >$ Türbreite 9 mm ($\lambda > b$ wie Text)
abbPsechs	zwei Kugeln Q1, Q2 mit Mittelpunkt-sabstand r	✓ r von Mittelpunkt zu Mittelpunkt bemaßt (Punktladungen)
abbPsieben	drei t-U-Diagramme A–C (U in $\hat{U}$)	✓ A Betrag des Sinus (Kommutator, richtig), B Sinus, C konstant; $f = 15 \text{ Hz}$
KI-Bild dachdecker-w1	Alltagsbild Dachdecker mit Auffanggurt (KI, Graustufen)	✓ nur Kontext
abbKeins	leeres x-F-Diagramm, Raster $1,25 \text{ cm} \hat{=} 100 \text{ N} \hat{=} 5 \text{ mm}$	✓ Bereich bis $27,5 \text{ cm}$ und 1600 N umfasst alle Messwerte
abbKzwei	drei t-y-Diagramme A–C (y in cm, t bis 3 s)	✓ A: Start -12 cm , gedämpft, $T = 0,77 \text{ s}$; B ungedämpft; C Start $+12 \text{ cm}$
KI-Bild parksensor-w2	Alltagsbild Auto beim Einparken mit Sensoren (KI, Graustufen)	✓ nur Kontext
abbMeins	Schnitt Membran–Gegenelektrode mit Abstand d, Widerstand R und Spannungsquelle U	✓ d zwischen Membran und Gegenelektrode bemaßt
abbMzwei	leeres t-y-Diagramm, Raster $2,5 \mu\text{s} \hat{=} 0,05 \mu\text{m} \hat{=} 5 \text{ mm}$	✓ Bereich $0\text{--}50 \mu\text{s}$, $\pm 0,3 \mu\text{m}$ umfasst Lösung ($\hat{y} = 0,25 \mu\text{m}$, $T = 25 \mu\text{s}$)
KI-Bild roller-w3	Alltagsbild Motorroller in einer Kurve (KI, Graustufen)	✓ nur Kontext, kein Neigungswinkel ablesbar
abbEeins	Sensorspannung über t, Raster $0,05 \text{ s} \hat{=} 0,1 \text{ V} \hat{=} 5 \text{ mm}$	✓ Pulse bei $0,1; 0,3; 0,5; 0,7 \text{ s}$ ($T = 0,20 \text{ s}$), erst positiv, dann negativ
abbEzwei	drei Pulsfolgen A–C bei halber Geschwindigkeit	✓ C: doppelter Abstand, halbe Höhe, doppelte Breite; A gleiche Höhe; B gleicher Abstand

Technisches Prüfprotokoll

Technische Grundlage dieser Prüfung: womit sie erstellt und wie sie geprüft wurde. Alle Angaben werden beim Bauen gemessen (Logdateien, Prüfberichte, Prüfsummen), nicht von Hand eingetragen.

1 Verwendete Skills (Arbeitsanweisungen für Claude)

Skill	Verwendet für	Stand	SHA-1
fachabitur-entwerfen	Ablauf: Bauplan, Rechnung, Text, Grafik, Lösung, Prüf-schleifen, Abnahme	06.10.2026 00:21	1dfaa4c5
lehrplan-physik-fosbos	LehrplanPLUS 11/12 wörtlich, Kompetenzen, AFB, Operatoren	04.10.2026 09:30	07a0bc53
fachabitur-physik	Layout und Satz im Stil der Originale, Kopiertauglichkeit, Überlappungsprüfung	04.10.2026 22:45	93734d17
physik-grafik	Physik-Abbildungen: Kräftepläne, Vektoren, Angriffspunkte, Feld- und Schaltbilder	02.10.2026 19:44	b90cebad
latex-grafik	TikZ/pgfplots/circuitikz, Stolpersteine (z. B. \foreach-Rumpf klammern)	04.10.2026 19:56	44e3c05d
mathe-physik	Nachrechnen mit Einheiten (pint), gültige Ziffern	04.10.2026 15:03	2abfee24
bild-erzeugen	KI-Alltagsbilder (OpenAI GPT Image) im Prüfungsstil, Kennzeichnung	fehlt!	-
aufgaben-variieren	Nachtermin als Variation zu 2026-4a (gleiche Struktur, neue Kontexte und Zahlen)	04.10.2026 07:33	fb5b04b4

2 Software und Pakete

Bereich	Version
Satz	LuaHBTeX, Version 1.17.0 (TeX Live 2023/Debian), LuaLaTeX, je PDF zwei Läufe
Klasse	fachabitur.cls 2026/10/03 (eigene, vorlage/)
LaTeX-Pakete	fontspec v2.8a, unicode-math v0.8r, siunitx v3.3.10, pgf v3.1.10, pgfplots v1.18.1, circuitikz 2023/12/09, tcolorbox 6.2.0, longtable v4.19, tabularx v2.11c, xcolor v3.01, babel v24.1, hyperref v7.01h, ragged2e v3.6, fancyhdr v4.1, geometry v5.9, amsmath v2.17o
Schriften (eingebettet)	Carlito, Carlito-Bold, Carlito-BoldItalic, Carlito-Italic, STIXTwoMath-Regular
Python (Werkstatt, wpy)	Python 3.12.3 · pint 0.26.1 (Einheiten) · PyMuPDF 1.28.2 (PDF-Vektoranalyse) · NumPy 2.5.3 · Pillow 12.3.0
Python (System)	Python 3.12.3 (Prüfbericht)
PDF-Werkzeuge	pdftoppm version 24.02.0 (poppler: Kopiervorschau, Seitenbilder)

3 Eigene Module

Datei	Aufgabe	Zeilen	SHA-1
vorlage/fachabitur.cls	Layout (Optionen eigen, loesung), Protokollseiten	339	93d00408
vorlage/werte.py	Zahlen mit Einheiten und gültigen Ziffern → wer-te.tex	113	d5ccdc48
vorlage/pruefung-pruefen.py	formale Prüfung, Fachbegriff-Abgleich, Prüfbericht	187	b3805595
vorlage/abbildungen-pruefen.py	Überlappungen, Mehrfachdruck, Kontaktbogen	269	94e76e37
vorlage/abnahmeprotokoll.py	Abnahme: Lehrplanzitate, zweiter Rechenweg, AFB je Wahl	427	aa91fa8a
vorlage/technikprotokoll.py	dieses Protokoll	146	c5cdd3be
bauen.sh	Ablauf aller Schritte	110	1abd761e
eigene/2026-4b/rechnung.py	alle Zahlen und Diagrammdaten der Prüfung	144	98c488c5

Datei	Aufgabe	Zeilen	SHA-1
eigene/2026-4b/abnahme.py	Abnahmedaten je Teilaufgabe	134	6abf16cd
eigene/2026-4b/abbildungen.tex	alle Abbildungen (Aufgabe + Lösungsskizze)	151	e1fd7da3

4 Prüfprozess

Schritt	Werkzeug	Ergebnis
Rechnung	rechnung.py + werte.py	86 Werte mit Einheiten, 12 Plausibilitätsprüfungen bestanden, 0 fehlgeschlagen
Satz	LuaLaTeX: fachabitur-physik-2026-4b-loesung.pdf	9 Seiten · Überläufe 0 · fehlende Zeichen 0
Satz	LuaLaTeX: fachabitur-physik-2026-4b-pruefbericht.pdf	14 Seiten · Überläufe 0 · fehlende Zeichen 0
Satz	LuaLaTeX: fachabitur-physik-2026-4b.pdf	14 Seiten · Überläufe 0 · fehlende Zeichen 0
Formale Prüfung	pruefung-pruefen.py (Aufgaben + Lösung)	49 Teilaufgaben, 130 BE, (G) 6 %; Nummern, BE-Summen, Operatoren, Ankreuz-Hinweise, Schreibweisen, Lösung vollständig, Fachbegriffe gegen Lehrplan/Originale: 19 Fehler, 0 Warnungen
Abbildungen	abbildungen-pruefen.py: fachabitur-physik-2026-4b-loesung.pdf	5 Abbildungen, 0 Überlappungen, 0 Hinweise (helle Linien); Kontaktbogen angesehen
Abbildungen	abbildungen-pruefen.py: fachabitur-physik-2026-4b.pdf	18 Abbildungen, 0 Überlappungen, 0 Hinweise (helle Linien); Kontaktbogen angesehen
Kopiertauglichkeit	bauen.sh, Option --kopie (Graustufen, S/W-Schwelle, 150 dpi)	15 Seiten erzeugt, 04.10.2026
Abnahme	abnahme.py + abnahmeprotokoll.py	49 Teilaufgaben, 40 Rechenwerte, 17 Prüfsätze, 16 Abbildungen – 0 Befunde
Prüfrunden (Claude)	pruefprotokoll.md	0 Runden:
Fachliche Durchsicht	Fachmitarbeiter Physik	offen – Unterschrift im Abnahmeprotokoll

5 Dienste, Daten, Stand

Bereich	Angabe
Externe Dienste	4 KI-Bilder (OpenAI GPT Image, Prüfungsstil Graustufen; im PDF mit „KI-generiert“ gekennzeichnet; Modell/Datum/Motiv in abb/README.md); keine personenbezogenen Daten in Prompts
Daten	keine personenbezogenen Daten; Training mit Gesprächsinhalten im Claude-Konto des Betreibers ausgeschaltet
Repository	Basis-Commit 9b18807 2026-10-06; gegenüber diesem Commit geänderte Dateien: 5 (werden mit dieser Fassung committet)
Erzeugt	06.10.2026 00:28 mit bauen.sh eigene/2026-4b