

Musterprüfung Nr. 002 zum Fachabitur

Prüfbericht

Biologie · Ausbildungsrichtung Agrarwirtschaft, Bio- und Umwelttechnologie

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

Tokenverbrauch (Claude)

Erstellung gesamt: Eingabe 50.036.780 (50,0 Mio.) · Ausgabe ≈ 173.265 Tokens (Ausgabe aus der Textlänge geschätzt, ohne Denken)

Kontext Hauptlauf: beim Start 288 k, größter 605 k Tokens · Startkontext bei jeder Antwort mitgelesen: 29,4 Mio. (59 % der Eingabe; ohne Vorarbeit in der Sitzung wären es ≈ 30 k je Antwort)

Eingabe = bei jeder Antwort erneut gelesener Kontext; Einzelheiten im Technischen Prüfprotokoll.

Abnahmeprotokoll

Übersicht: Kompetenzen, Anforderungsbereiche, Operatoren, Lernbereiche, Basiskonzepte

Grundlage der Prüfung: Kompetenzstrukturmodell des Fachprofils Biologie (LehrplanPLUS, Fachwissen als Basis), Einheitliche Prüfungsanforderungen (KMK-EPA) Biologie beim ISB, Lernbereiche FOS 11–13 ABU. BE in dieser Prüfung je Bereich (Mehrfachnennung anteilig).

Kompetenzbereich	Bedeutung (Fachprofil Biologie)	BE
E Erkenntnisse gewinnen	Naturwissenschaftliche Untersuchungen (Beobachtung, Experiment, Vergleich), naturwissenschaftliche Modellbildung, Möglichkeiten und Grenzen der Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft Biologie.	60
K kommunizieren	Im Zentrum des Kompetenzbereiches kommunizieren stehen das Verständnis der biologischen Fachsprache und fachgemäßer Darstellungsformen.	32
B bewerten	Zahlreiche Themen geben Anlass, Sachverhalte unter biologischen und außerfachlichen Gesichtspunkten zu bewerten.	8

AFB	Beschreibung (KMK-EPA Biologie)	BE / Anteil
I	Verfügbarkeit von Daten, Fakten, Regeln ... aus einem begrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang; Beschreibung und Verwendung erlernter und eingeübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen	34 / 34 %
II	selbstständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten; selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neuartige Fragestellungen	54 / 54 %
III	planmäßiges und kreatives Bearbeiten vielschichtiger Problemstellungen mit dem Ziel, selbstständig zu Lösungen, Deutungen, Wertungen und Folgerungen zu gelangen	12 / 12 %

Operator	Bedeutung (KMK-EPA Biologie)	Anzahl
Benennen	(nennen) Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen.	1
Beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben.	3
Beurteilen	Zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen.	2
Erklären	Einen Sachverhalt mit Hilfe eigener Kenntnisse in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen.	4
Erläutern	Einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen.	4
Ermitteln	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren.	2

Operator	Bedeutung (KMK-EPA Biologie)	Anzahl
Erstellen	(darstellen) Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden etc. strukturiert und gegebenenfalls fachsprachlich wiedergeben.	3
Leiten	(ableiten) Auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen.	1
Stellen	–	1
Vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln.	2

Lernbereich	Titel (LehrplanPLUS FOS Biologie ABU)	BE
11 · LB 2	Grundlagen der Evolution	5
11 · LB 3	Cytologie	8
11 · LB 4	Mikrobiologie	7
12 · LB 2	Ökologie	16
12 · LB 3	Genetik	23
12 · LB 4.1	–	12
12 · LB 4.2	–	19
12 · LB 4.3	–	10

Basiskonzept	Inhalt (Fachprofil Biologie)
System	Lebendige Systeme sind Gegenstand der Biologie. Zu ihnen gehören Zelle, Organismus, Ökosystem und die Biosphäre.
Struktur und Funktion	Lebewesen und Lebensvorgänge sind an Strukturen gebunden. Es gibt einen Zusammenhang von Struktur und Funktion.
Entwicklung	Lebendige Systeme verändern sich mit der Zeit. Man unterscheidet Individualentwicklung und evolutionäre Entwicklung.

Teilaufgaben: Operator, AFB, Kompetenz, Lehrplan, Fachprüfung

Nr.	Operator	AFB	K	LB	BE	Lehrplan (wörtlich) und BE-Begründung	Fachprüfung (Modell)
1.1.1	Erstellen	I	K	12-3	4	„Stammbaumanalysen (autosomale- und X-chromosomale Erbgänge), genetische Familienberatung“ BE: acht Personen mit Symbol/Nr. 2 · Linien 1 · Legende 1	1/1 ✓ Stammbaum hat 8 Personen in 3 Generationen

Nr.	Operator	AFB	K	LB	BE	Lehrplan (wörtlich) und BE-Begründung	Fachprüfung (Modell)
1.1.2	Leiten	II	E	12-3	7	„Stammbaumanalysen (autosomale- und X-chromosomale Erbgänge), genetische Familienberatung“ BE: Erbgang 1 · Ausschluss autosomal-dominant und X-dominant 2 · autosomal-rezessiv über den Gentest 1 · Y 1 · Genotypen 2	3/3 ✓ vollständige Suche mit Gentest-Hinweis: nur X-chromosomal-rezessiv Gegenprobe ohne Hinweis: auch autosomal-rezessiv möglich (Hinweis nötig) Genotypen eindeutig außer Person 4 (XAXA oder XAXa)
1.1.3	Ermitteln	II:2 III:1	E	12-3	3	„analysieren Stammbäume, um eine begründete Aussage über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens unterschiedlicher genetisch bedingter Krankheiten zu treffen.“ BE: Person 4 zu 50 % Konkurrentin 1 · Kreuzungsquadrat XAXa × XAY 1 · $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 1	1/1 ✓ $P(\text{Sohn betroffen}) = 0.25$
1.2.1	Ermitteln	I:3 II:1	K	12-3	4	„übersetzen die Basensequenz der DNA in die Aminosäuresequenz der Proteine“ BE: mRNA gesund 1 · mRNA Variante 1 1 · AS gesund 1 · AS Variante 1 1	2/2 ✓ Übersetzung gesund Asp Ile Gly Ser His Phe Übersetzung Variante 1 Asp Ile Gly Phe His Phe
1.2.2	Benennen	I:2 II:2 III:1	E	12-3	5	„Genmutation durch Verlust, Einschub und Austausch von Nukleotiden, Auswirkungen auf die Proteinfunktion“ BE: 1 Substitution/Missense 1 · 2 Deletion eines Triplets ohne Rasterverschiebung 1 · Folgen je Variante 2 · Hypothese 3 Basen gegenüber 1 Base 1	2/2 ✓ Variante 1: Missense-Mutation Variante 2: Deletion – 1 Aminosäure(n) weniger ohne Rasterverschiebung
1.3	Erklären	II:4 III:1	E	11-2	5	„Grundlagen der Evolutionslehre (Vererbung, genetische Variabilität, Anpasstheit, natürliche Selektion)“ BE: Mutation/Variabilität 1 · Selektionsvorteil bei Malaria 2 · Vererbung und Häufigkeitszunahme 1 · Bezug Höhenlage 1	1/1 ✓ Häufigkeit fällt mit der Höhenlage (Malaria in tiefen Lagen)
2.1	Vergleichen	I:2 II:3	E	12-4.1	5	„Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit (Enzymaktivität) von Substratkonzentration, pH-Wert und Temperatur (RGT-Regel)“ BE: Optima abgelesen 1 · gemeinsamer Anstieg (RGT) 1 · Abfall/-Denaturierung 2 · beta-Amylase empfindlicher 1	2/2 ✓ Optima beta 63.0 °C < alpha 74.0 °C (≥ 7 K Abstand) bei 75 °C beta 2.0 %, alpha 95.0 %

Nr.	Operator	AFB	K	LB	BE	Lehrplan (wörtlich) und BE-Begründung	Fachprüfung (Modell)
2.2	Beurteilen	II:1 III:2	B	12-4.1	3	„erläutern die Beeinflussbarkeit der Enzymaktivität durch Außenfaktoren und leiten daraus den Zusammenhang mit einer situationsbedingten Regulation des Stoffwechsels ab.“ BE: Maltose vergärbar → Rast nahe Optimum beta 1 · alpha bei dieser Temperatur noch aktiv 1 · Urteil mit Maßstab 1	1/1 ✓ bei 63.0 °C beta 100.0 %, alpha 55.0 %
2.3	Erstellen	I:3 II:1	K	12-4.1	4	„erklären die Wirkungsweise von Enzymen anhand des Energieschemas und grafischer Modelle.“ BE: Achsen 1 · Kurve ohne und mit Enzym 1 · Aktivierungsenergie beide 1 · Reaktionsenergie gleich, exotherm 1	–
2.4	Beschreiben	I:3 II:3	EK	12-4.3	6	„erklären die Bildung von ATP unter Sauerstoffmangelbedingungen mithilfe verschiedener anaerober Abbauwege von Glucose.“ BE: Ergebnisse A/B beschrieben 2 · aerober Abbau A 1 · alkoholische Gärung B mit Ethanol und CO ₂ 2 · NAD ⁺ -Regeneration 1	2/2 ✓ Ethanol je g Glucose: A 0.0 g, B 0.44 g (nur ohne Belüftung) Hefe je g Glucose: A 0.5 g > B 0.1 g
2.5	Stellen	I:1 II:2 III:1	E	12-4.3	4	„führen Berechnungen zu Energiebilanzen durch und vergleichen so den Stoff- und Energieumsatz des aeroben und anaeroben Abbaus. Dadurch ermitteln sie, unter welchen Bedingungen die jeweiligen Abbauwege begünstigt sind.“ BE: Gleichung 1 · 2 ATP je Glucose bei der Gärung 1 · aerob vielfach mehr 1 · geringere Heferausbeute begründet 1	1/1 ✓ Heferausbeute A/B = 5.0 (≥ 4, passt zu 2 ATP gegenüber vielfach mehr)
3.1	Erstellen	I:4 II:1	K	12-2	5	„erläutern die Wechselbeziehungen zwischen unbelebten Umweltfaktoren und Organismen in ihren Biotopen. Im Rahmen eines Unterrichtsgangs sammeln sie Messdaten, werten diese aus“ BE: Tiefe nach unten 1 · zwei Größen mit Skalen 2 · Punkte und Linien 1 · Legende/Titel 1	–

Nr.	Operator	AFB	K	LB	BE	Lehrplan (wörtlich) und BE-Begründung	Fachprüfung (Modell)
3.2	Erläutern	I:1 II:4	E	12-2	5	„Modell eines Ökosystems am Beispiel Süßwassersee (Produzenten, Konsumenten, Destruenten; jahreszeitliche Dynamik)“ BE: drei Schichten mit Tiefen 2 · Sommerstagnation (Dichte) 1 · O ₂ oben Produzenten 1 · O ₂ -Abnahme durch Destruenten 1	1/1 ✓ Sprungschicht 6.0–12.0 m (Temperaturgradient ≥ 1 K/m)
3.3	Erklären	II:3 III:1	E	12-4.2	4	„Fotosyntheserate in Abhängigkeit von verschiedenen Außenfaktoren (Lichtqualität, Absorptions- und Wirkungsspektren der Fotosynthese, Fotosynthesefarbstoffe, Lichtintensität, Kohlenstoffdioxidkonzentration, Temperatur)“ BE: Licht in der Tiefe grün 1 · Chlorophyll absorbiert grün kaum 1 · Phycoerythrin absorbiert grün 1 · O ₂ -Maximum im Metalimnion 1	2/2 ✓ Licht in 12.0 m: Maximum bei 556.0 nm (grün) Phycoerythrin-Maximum 562.0 nm im Grünbereich, Chlorophyll a dort < 20 %
3.4	Erläutern	II:2 III:1	E	12-2	3	„erläutern das Zusammenspiel aus Produzenten, Destruenten und Konsumenten sowie die Wechselbeziehungen innerhalb von Nahrungsketten, Nahrungsnetzen und Nahrungspyramiden am Beispiel eines Süßwassersees.“ BE: Fäden kaum gefressen 1 · weniger Energie für Konsumenten 1 · Abbau durch Destruenten 1	–
3.5	Erklären	II:2 III:1	EB	12-2	3	„Eingriffe des Menschen in Ökosysteme, Eutrophierung, Einsatz umweltschonender Maßnahmen in der Landwirtschaft, Abwasserklärung“ BE: ohne Vollzirkulation kein O ₂ in die Tiefe 1 · Abbau zehrt O ₂ 1 · Folgen für Tiefenlebewesen/Phosphat 1	–
4.1	Beschreiben	I:4 II:1	K	12-4.2	5	„energetisches Modell der lichtabhängigen Reaktion: Fotolyse des Wassers (Tracer-Methode), Elektronentransportkette an der Thylakoidmembran; Bildung von NADPH/H ⁺ ; Bildung von ATP nach der chemiosmotischen Theorie“ BE: Lichtabsorption/Fotosysteme 1 · Fotolyse mit O ₂ 1 · Elektronentransport zu NADP ⁺ 1 · Protonengradient 1 · ATP-Synthase 1	–

Nr.	Operator	AFB	K	LB	BE	Lehrplan (wörtlich) und BE-Begründung	Fachprüfung (Modell)
4.2	Beschreiben	I:2 II:4	EK	12-4.2	6	„erklären, wie sich die Veränderung der Außenfaktoren auf die Fotosyntheseaktivität auswirkt, und beurteilen die Folgen für Wild- und Nutzpflanzen.“ BE: beide Kurven beschrieben 2 · CO ₂ begrenzend im Anstieg 1 · Licht begrenzend im Plateau 2 · Prinzip des begrenzenden Faktors 1	1/1 ✓ schwaches Licht gesättigt ab ≈ 400.0 ppm, starkes Licht steigt bis 1000 ppm
4.3	Beurteilen	II:2 III:2	B	12-4.2	4	„Maßnahmen zur Ertragssteigerung in der Landwirtschaft“ BE: Zuwachs 400 → 1000 ppm bei beiden Lichtstufen abgelesen 2 · Urteil mit Maßstab 1 · Grenze/weiterer Faktor 1	1/1 ✓ Zuwachs schwaches Licht 6.0 %, starkes Licht 63.0 %
5.1	Vergleichen	I:3 II:1	K	11-3	4	„Zelltypen: Bau von Procyte und Eucyte, Bakterienformen, Zellorganellen und ihre Funktionen, Unterschiede zwischen tierischer und pflanzlicher Zelle“ BE: vier Merkmale tabellarisch je 1	–
5.2	Erläutern	I:1 II:3	E	11-3	4	„aktiver und passiver Stofftransport durch Membranen (Carrierproteine, Tunnelproteine, Antiport, Symport), selektive Permeabilität, Osmose“ BE: Kurven beschrieben 1 · Bittersäuren lassen H ⁺ einströmen 1 · Gradient/Energie fehlt 1 · HorA aktiver Transport mit ATP 1	1/1 ✓ Stamm S mit Hopfen wächst nicht (OD 0.06), R mit Hopfen wächst (OD 0.85)
5.3	Erklären	II:3 III:1	E	11-4	4	„beschreiben die Lebensweise und Vermehrung von Mikroorganismen und leiten daraus ihre genetische Variabilität und Anpassungsfähigkeit ab.“ BE: Variabilität durch Mutation/Plasmide 1 · Selektion im Hopfenbier 1 · rasche Vermehrung durch Spaltung 1 · Weitergabe durch Konjugation 1	–
5.4	Erläutern	I:1 II:2	E	11-4	3	„Wachstumssteuerung von Mikroben durch Umweltfaktoren: Temperatur (Psychrophilie, Mesophilie, Thermophilie), pH-Wert, Verfügbarkeit von Wasser (osmotische Effekte), Sauerstoff (Aerobier, Anaerobier, fakultative Anaerobier)“ BE: drei Faktoren mit Wirkung je 1	–

Prüfmatrix je Teilaufgabe

Je Zelle alle Einzelprüfungen dieser Art: *Operator* = mit Beleg in den Originalen, *AFB* = passt zum Operator und Summe = BE, *BE* = Spanne der Originale, *Lehrplan* = Zitat wörtlich im Lernbereich, *Fach* = Prüfung im Modell (Genetik-Suche, Datenreihen), *Aufgabe/Lösung* = BE und erster Operator im gesetzten Text wie im Bauplan.

Nr.	Operator	AFB	Kompetenz	BE	Lehrplan	Fach	Aufgabe	Lösung
1.1.1	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
1.1.2	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓ 3	✓ 2	✓
1.1.3	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
1.2.1	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓ 2	✓ 2	✓
1.2.2	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓ 2	✓ 2	✓
1.3	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
2.1	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓ 2	✓ 2	✓
2.2	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
2.3	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
2.4	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓ 2	✓ 2	✓
2.5	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
3.1	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
3.2	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
3.3	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓ 2	✓ 2	✓
3.4	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
3.5	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
4.1	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
4.2	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
4.3	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
5.1	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
5.2	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	✓	✓ 2	✓
5.3	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓
5.4	✓	✓ 2	✓	✓	✓ 3	-	✓ 2	✓

Gesamtprüfungen

Bereich	Prüfung	
Umfang	BE gesamt 100 (Soll 100)	✓
	5 Aufgaben (Originale 4-7)	✓
	23 Teilaufgaben mit BE (Originale 19-23)	✓
Lehrplan	12 LB 3 Genetik (DNA/RNA, Proteinbiosynt: 23 BE (Originale 15-32)	✓
	12 LB 2 Ökologie (Umweltfaktoren, Tolera: 16 BE (Originale 14-30)	✓
	12 LB 4.2 Fotosynthese (Blatt, Transport: 19 BE (Originale 6-25)	✓
	12 LB 4.1 Enzyme (Energieschema, Schlüss: 12 BE (Originale 6-19)	✓
	Evolution (11 LB 2): 5 BE (jedes Jahr 3-7)	✓

Bereich	Prüfung	
	Lehrplan 11 zusammen 20 BE (Originale 8–29)	✓
Anforderung	AFB I: 34 % (Richtwert 25–40 %)	✓
	AFB II: 54 % (Richtwert 45–60 %)	✓
	AFB III: 12 % (Richtwert 10–20 %)	✓
	KMK-EPA: Schwergewicht AFB II, AFB I in höherem Maße als AFB III	✓
	Kompetenz Erkenntnisse gewinnen kommt vor (67 BE anteilig)	✓
	Kompetenz kommunizieren kommt vor (38 BE anteilig)	✓
	Kompetenz bewerten kommt vor (10 BE anteilig)	✓
	Kompetenz bewerten ≥ 6 BE	✓
Vielfalt	Muster „stammbaum kreuzung“ mit Fundstelle (stammbaum: 1.1.1–1.1.2 (aus Text, X-chromosomal mit Gentest-Hinweis), kreuzung: 1.1.3 (zweistufig))	✓
	Muster „sequenz“ mit Fundstelle (sequenz: 1.2 (Codesonne, Tabelle 1, Missense und Deletion eines Triplets))	✓
	Muster „diagramm-erstellen“ mit Fundstelle (diagramm-erstellen: 2.3 (Energieschema), 3.1 (Tiefenprofil aus Tabelle))	✓
	Muster „material-auswerten“ mit Fundstelle (material-auswerten: 1.3, 2.1, 2.4, 3.3, 4.2, 5.2 (Diagramme, Tabellen))	✓
	Muster „hypothese“ mit Fundstelle (hypothese: 1.2.2)	✓
	Muster „evolution“ mit Fundstelle (evolution: 1.3 (Malaria-Selektion), 5.3 (Hopfenresistenz))	✓
	Muster „bewerten“ mit Fundstelle (bewerten: 2.2 (Rast wählen), 4.3 (CO ₂ -Düngung))	✓
	Muster „lebenswelt“ mit Fundstelle (lebenswelt: Ackerbohnen als heimische Eiweißpflanze, Bierbrauen, Ammersee, Gewächshaus mit CO ₂ aus dem BHKW)	✓
	Kontext „Favismus“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Favismus“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Ackerbohne“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Ackerbohne“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Sardinien“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Sardinien“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Maische“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Maische“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Brauerei“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Brauerei“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Burgunderblutalge“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Burgunderblutalge“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Ammersee“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Ammersee“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „CO ₂ -Düngung“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „CO ₂ -Düngung“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Blockheizkraftwerk“ nicht aus den Originalen	✓
	Kontext „Blockheizkraftwerk“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	Kontext „Lactobacillus brevis“ nicht aus den Originalen	✓

Bereich	Prüfung	
	Kontext „Lactobacillus brevis“ nicht aus eigenen Prüfungen	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: 7 Abbildungen, 3 Tabellen (Originale 6–13 Abbildungen)	✓
Satz	TeX-Dateien gefunden: fachabitur-biologie-002-loesung.tex, fachabitur-biologie-002.tex	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Summe „Genetik, Evolution“ = 28 (Teilaufgaben 28)	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Summe „Physiologie“ = 22 (Teilaufgaben 22)	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Summe „Ökologie“ = 20 (Teilaufgaben 20)	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Summe „Physiologie, Ökologie“ = 15 (Teilaufgaben 15)	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Summe „Cytologie, Mikrobiologie, Evolution“ = 15 (Teilaufgaben 15)	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Teilaufgaben wie Bauplan	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Sie-Form (kein du/dein/euch)	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Schreibweise „Fotosynthese“ wie Lehrplan	✓
	fachabitur-biologie-002-loesung.tex: Schreibweise wie die Originale (Lactose, Lactase, Galactose, Glucose, Cytologie)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Summe „Genetik, Evolution“ = 28 (Teilaufgaben 28)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Summe „Physiologie“ = 22 (Teilaufgaben 22)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Summe „Ökologie“ = 20 (Teilaufgaben 20)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Summe „Physiologie, Ökologie“ = 15 (Teilaufgaben 15)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Summe „Cytologie, Mikrobiologie, Evolution“ = 15 (Teilaufgaben 15)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Teilaufgaben wie Bauplan	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Quellenverzeichnis vorhanden (wie Original)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Sie-Form (kein du/dein/euch)	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Schreibweise „Fotosynthese“ wie Lehrplan	✓
	fachabitur-biologie-002.tex: Schreibweise wie die Originale (Lactose, Lactase, Galactose, Glucose, Cytologie)	✓
	Quellenverzeichnis ohne Lösungsbegriffe	✓

Technisches Prüfprotokoll

Verwendete Skills und Grundlagen

- **biologie-pruefung-entwerfen** mit Vorbild Nr. 001, **lehrplan-biologie-fosbos** (LehrplanPLUS FOS 11/12 wörtlich, Operatoren und Anforderungsbereiche nach EPA), Analyse der Originale 2019–2025 (analyse/kennzahl1
- Neuheit gegenüber Nr. 001: X-chromosomal-rezessiver Stammbaum mit Gentest-Hinweis und zweistufiger Wahrscheinlichkeit, Deletion eines ganzen Tripletts (statt Nonsense), Energieschema, Tiefenprofil als selbst zu erstellendes Diagramm, Absorptionsspektren mit Lichtfarbe in der Tiefe, begrenzende Faktoren bei CO₂-Düngung, Membrantransport (Protonen-Ionophor, aktiver Transport).

Prüfprozess

1. `abnahme.py` --plan: Bauplan vor dem Text – 23 Teilaufgaben, 100 BE (Gruppen 28/22/20/15/15), AFB I/II/III 34/54/12 %, Lehrplanzitate wörtlich, Operatoren mit Beleg, Kontexte weder in den Originalen noch in Nr. 001.
2. `bio_genetik.py`: vollständige Suche über alle Erbgänge – mit dem Gentest-Hinweis („Person 1 trägt kein verändertes Allel“) bleibt nur X-chromosomal-rezessiv; Gegenprobe ohne Hinweis: auch autosomal-rezessiv möglich (Hinweis nötig). Genotypen eindeutig außer Person 4 (beabsichtigt, Grundlage der Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{4}$). Mutationen: Variante A Missense (Ser188Phe, Mittelmeer-Variante), Variante B Deletion eines Tripletts ohne Rasterverschiebung.
3. `daten.py`: 113 Werte, 6 Datenreihen, 28 Plausibilitätsprüfungen. Befund beim Entwurf: Seeprofil zuerst mit 4,3 °C und 1,5 mg/l Sauerstoff am Grund – für einen tiefen mesotrophen Voralpensee unplausibel, korrigiert auf 4,6 °C und 3,5 mg/l. *Vorbeugung* (Betreiber: „Werte sollten schon immer plausibel sein“): jede Größe zusätzlich gegen ihren Literaturbereich geprüft (Oberflächen- und Grundtemperatur, Sauerstoffsättigung, Heferausbeute aerob/anaerob, Fotosyntheseraten der Tomate, CO₂-Kompensationspunkt, Häufigkeiten auf Sardinien, Amylase-Optima).
4. Fachliche Entscheidungen beim Entwurf: kein Gärversuch „erst Atmung, dann Gärung“ (Brauhefe gärt bei viel Zucker auch mit Sauerstoff – Crabtree-Effekt), sondern Zulaufverfahren wie in Hefefabriken; keine Rasterverschiebung im G6PD-Gen als „schwerere Form“ (vollständiger Ausfall ist vermutlich nicht lebensfähig), sondern Deletion eines Tripletts.
5. Satz mit LuaLaTeX: Befunde 73 pt (Tabelle 3 zu breit), 15 pt (Tabelle 5.1), 21 pt (Legende Abbildung 7), 0,2 pt (4.3) – behoben; jetzt 0 Überläufe, keine fehlenden Zeichen. Werte mit Dezimalkomma in pgfplots-Koordinaten brachen den Satz → Lösungsdiagramm 3.1 liest dieselbe Datenreihe wie Tabelle 3.
6. Kopierprüfung: 21 zu helle Stellen (Gitter der Lösungsskizze 3.1) → Raster 55 % Schwarz; jetzt kopierfest.
7. Begriffsprüfung: 58 bzw. 76 Wörter ohne Beleg. Vermeidbare Zusammensetzungen umformuliert (z. B. Gewächshausluft, Heferausbeute, Sauerstoffabnahme, Endniveau, Kohlenstoffdioxidquelle, Gemüsebaubetriebe); Fach- und Kontextbegriffe mit Begründung in `begriffe.txt` (z. B. Konduktorin, Rasterverschiebung, Maische, Phycoerythrin, Thylakoidinnenraum).
8. Abnahme: „Quellenverzeichnis ohne Lösungsbegriffe“ fand „Malaria“ im Titel einer Studie → nur Fundstelle angegeben.
9. Sichtprüfung aller Seiten (Kontaktbogen, Abbildungen einzeln bei 150 dpi) – Befunde, die keine Automatik sah: Unterschrift von Tabelle 1 auf Seite 2, Tabelle auf Seite 3 (`\tabelle` jetzt unteilbar wie

\abbildung); Einleitungen zu Abbildung 2 und 4 auf der Seite vor der Abbildung; Beschriftung „Phycoerythrin“ auf dem Gipfel der Lichtkurve (missverständlich) und Kurvennamen auf Kurven in Abbildung 5 und 7 → Legenden; Pfeil durch „HorA“ in Abbildung 6; Genotypen auf den Stammbaumlinien und Beschriftungen auf den Kurven des Energieschemas in der Lösung; „Plasmide bei Hefe selten“ fachlich falsch (2- μ m-Plasmid) → Merkmal Zellwand.

Unabhängige Blindlösung

Zwei unabhängige Claude-Agenten mit frischem Kontext lösen die Prüfung ohne Lösung, Bauplan und Daten, nur mit den Aufgabenseiten und dem LehrplanPLUS FOS 11/12 Biologie (Hilfsmittel sind im Fachabitur Biologie keine zugelassen). Abbruchkriterium: alle erwarteten Ergebnisse gefunden, keine kritische Unklarheit; das Freigabe-Tor prüft mit höchstem Aufwand denselben Stand (Prüfsumme).

Blindlösung durch ein unabhängiges Modell (Claude-Agent, Freigabe-Tor (zweiter unabhängiger Lauf))

Das Modell erhielt nur die Aufgabenseiten (ohne Lösung und Bauplan) und den LehrplanPLUS, löste alle Teilaufgaben und meldete Unklarheiten. ✓ = alle erwarteten Ergebnisse gefunden und keine kritische Unklarheit; ✓* = Abweichung geprüft und begründet. Geprüfter Stand: PDF-Prüfsumme 9c4470dad292925c.

Nr.		erwartete Ergebnisse gefunden	nicht gefunden	Unklarheiten (kritisch) / Bewertung
1.1.1	✓			
1.1.2	✓	Erbgang: X-chromosomal-rezessiv; Genotypen: 1 XAY, 2 XAXa, 3 XaY, 4 XAXA oder XAXa, 5 XAXa, 6 XaXa, 7 XAY, 8 XaY		
1.1.3	✓	Wahrscheinlichkeit betroffener Sohn: 25 %		
1.2.1	✓	Aminosäuresequenz gesund: Asp Ile Gly Ser His Phe; Aminosäuresequenz Variante 1: Asp Ile Gly Phe His Phe		
1.2.2	✓	Mutation Variante 1: Substitution, Missense-Mutation (Ser → Phe); Mutation Variante 2: Deletion eines Triplets: Ile fehlt, keine Rasterverschiebung; Hypothese: bei einer einzelnen Base Rasterverschiebung, alle folgenden Aminosäuren verändert		
1.3	✓	Erklärung: Selektionsvorteil gegenüber Malaria in tiefen Lagen		
2.1	✓	Temperaturoptimum beta-Amylase: etwa 63.0 °C; Temperaturoptimum alpha-Amylase: etwa 74.0 °C		
2.2	✓	Rasttemperatur: etwa 63.0 °C (Optimum der beta-Amylase)		
2.3	✓	Energieschema: Enzym senkt die Aktivierungsenergie, Reaktionsenergie gleich		
2.4	✓	Stoffwechsel ohne Belüftung: alkoholische Gärung (Ethanol, CO ₂)		
2.5	✓	Gleichung: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2 (+ 2 ATP)$; Begründung: Gärung liefert nur 2 ATP je Glucose		

Nr.		erwartete Ergebnisse gefunden	nicht gefunden	Unklarheiten (kritisch) / Bewertung
3.1	✓	Diagramm: Temperatur und Sauerstoff gegen die Tiefe		
3.2	✓	Schichten: Epilimnion, Metalimnion (Sprungschicht), Hypolimnion; Jahreszeit: Sommerstagnation		
3.3	✓	Pigment: Phycoerythrin nutzt grünes Licht		
3.4	✓	Folge: Fäden werden kaum von Zooplankton gefressen		
3.5	✓	Folge: Sauerstoffmangel im Tiefenwasser		
4.1	✓	Produkte: ATP, NADPH/H ⁺ und O ₂		
4.2	✓	begrenzender Faktor: bei schwachem Licht ab etwa 400 ppm das Licht		
4.3	✓	Urteil: an trüben Wintertagen lohnt die Anreicherung kaum		
5.1	✓	Unterschied: Zellkern/ Kernäquivalent, Mitochondrien, 70S/80S, Plasmide		
5.2	✓	Resistenz: HorA pumpt Bittersäuren unter ATP-Verbrauch aus der Zelle		
5.3	✓	Erklärung: Selektion resistenter Bakterien, Weitergabe des Plasmids		
5.4	✓	Faktoren: niedriger pH-Wert, Ethanol, kaum Sauerstoff, Hopfen		

Vom Modell gemeldete Textstellen und Hinweise:

- (Hinweis) Einleitung 5: „Bittersäuren schädigen die Zellmembran“ – sachlich ungenau: Iso- α -Säuren wirken als Protonen-Ionophore (Abb. 6 zeigt genau das), sie zerstören die Membran nicht. Schülerinnen könnten in 5.2 mit „Membran wird löchrig“ argumentieren. Besser: „schleusen Protonen durch die Zellmembran“.
- (Hinweis) Tabelle 3 nennt die Spalte „Alge“, obwohl der Text betont, dass *P. rubescens* keine Alge ist (Cyanobakterium).
- (Hinweis) Allelsymbol A (nicht verändert) und „Variante A“ (verursacht Mangel) im selben Aufgabenteil – Verwechslungsgefahr.
- (Hinweis) Außenluft 420 ppm (Text) vs. Ausgangswert 400 ppm (4.3).
- (Hinweis) Tabelle 2, Ansatz B: 0,46 g Ethanol ($\approx 90\%$ der theoretischen 0,51 g/g) plus 0,10 g Biomasse je g Glucose ist an der Grenze der Massenbilanz; Literatur nennt anaerob eher 0,40–0,45 g Ethanol bei 0,08–0,10 g Biomasse. Für die Aufgabe unerheblich.
- (Hinweis) Name/Fakt unsicher (nachprüfen): Abb. 2: 24 % (unter 100 m) bis 3 % (über 700 m) – Größenordnung und Gefälle passen zu Siniscalco (Tiefenland bis ca. 30 %, Bergland wenige %), genaue Klassenwerte nicht überprüfbar.
- (Hinweis) Name/Fakt unsicher (nachprüfen): Tabelle 2: 0,50 g Hefe aerob; 0,10 g Hefe und 0,46 g Ethanol anaerob je g Glucose – Aerob typisch 0,5 g/g; anaerob Ethanol eher 0,40–0,45 g/g.
- (Hinweis) Name/Fakt unsicher (nachprüfen): CO₂ aus gereinigtem BHKW-Abgas von Biogasanlagen für Gewächshäuser – Verfahren bekannt (v. a. Erdgas-BHKW), bei Biogas wegen Abgasreinigung seltener; einzelne Betriebe in Bayern nicht überprüfbar.

- (Hinweis) Name/Fakt unsicher (nachprüfen): Bittersäuren schädigen die Zellmembran – Genauer: Ionophor-Wirkung (H^+ -Einschleusung), keine Zerstörung der Membran.
- (Hinweis) 1.1.2: Der Hinweis, dass heterozygote Frauen im Enzymtest keinen Mangel zeigen, ist eine Vereinfachung (durch X-Inaktivierung haben Konduktorinnen oft eine teilweise verminderte Aktivität) – als Vorgabe aber eindeutig.
- (Hinweis) 1.1.3: Zwei Lesarten: Die Schülerin kann mit einem Kreuzungsquadrat nur den Fall „4 ist Konduktorin“ (50 %) rechnen; dass die Unsicherheit über den Genotyp von 4 (Faktor 1/2) einbezogen werden soll, steht nicht im Text. Empfehlung: „Berücksichtigen Sie, dass der Genotyp von Person 4 nicht sicher bekannt ist.“
- (Hinweis) 1.2.2: Bezeichnung „Variante A“ kollidiert mit dem Allelsymbol A (= nicht verändertes Allel) aus 1.1.2; zudem heißt in der Fachliteratur die afrikanische Variante „G6PD A–“, während die Mittelmeer-Variante „G6PD Mediterranean“ heißt. Besser „Variante 1/2“ oder „M/N“.
- (Hinweis) 2.3: „exotherm“ (Wärme) statt der im Lehrplan üblichen energetischen Betrachtung „exergonisch“; „Energieschema“ statt üblich „Energiediagramm“.
- (Hinweis) 3.1: Achsenwahl (Tiefe senkrecht oder waagrecht) nicht vorgegeben; für die Bewertung offen.
- (Hinweis) 4.3: Text nennt Außenluft 420 ppm, die Aufgabe rechnet ab 400 ppm – zwei Werte für denselben Ausgangszustand (im Diagramm praktisch gleich, aber unnötig).

Bearbeitung der Hinweise (Pipeline-Phase 3a)

Nach bestandenem Freigabe-Tor (keine kritische Stelle) wurde jeder Hinweis des Agenten einmal bearbeitet: 12 Hinweise, davon 8 im Text, in Abbildungen oder im Erwartungshorizont geändert, 4 begründet belassen.

Hinweis	Maßnahme	Änderung bzw. Begründung
1.1.2: Hinweis „Konduktorinnen zeigen keinen Mangel“ ist eine Vereinfachung (X-Inaktivierung)	begründet	Bewusste, ausdrücklich genannte Vorgabe; macht den Stammbaum eindeutig (Prüfer: „als Vorgabe eindeutig“). Fachlich korrekt formuliert („in dieser Familie ... im Enzymtest“).
1.1.3: zwei Lesarten (25 % gesamt oder 50 % bei Konduktorin)	geändert	Aufgabe: „Berücksichtigen Sie dabei, dass der Genotyp von Person 4 nicht sicher bekannt ist.“ Bewertung: nur 50 % ergibt 2 BE.
1.2: „Variante A“ kollidiert mit dem Allelsymbol A und mit „G6PD A–“ der Literatur	geändert	Varianten heißen jetzt „Variante 1“ und „Variante 2“ (Aufgabe, Tabelle 1, Lösung).
2.3: „exotherm“ statt „exergonisch“, „Energieschema“ statt „Energiediagramm“	begründet	Beide Wörter sind Lehrplansprache: Lehrplan-PLUS 12 „Wirkungsweise von Enzymen anhand des Energieschemas“, „Gesamtgleichung der Fotosynthese als endotherme Redoxreaktion“.
3.1: Achsenwahl nicht vorgegeben	begründet	Gewollt offen; die Lösung lässt Tiefe senkrecht und waagrecht zu.
4.3/4.0: Außenluft 420 ppm, Aufgabe rechnet ab 400 ppm	geändert	Text: „Die Außenluft enthält heute gut 400 ppm CO_2 .“
5.0: „Bittersäuren schädigen die Zellmembran“ ungenau (Ionophor)	geändert	Text: „Seine Bittersäuren schleusen Protonen durch die Zellmembran ...“ – passt zu Abbildung 6.
Tabelle 3: Spalte „Alge“, obwohl kein Alge (Cyanobakterium)	geändert	Spalte „Fäden“, Legende „relative Häufigkeit der Fäden der Burgunderblutalge“.

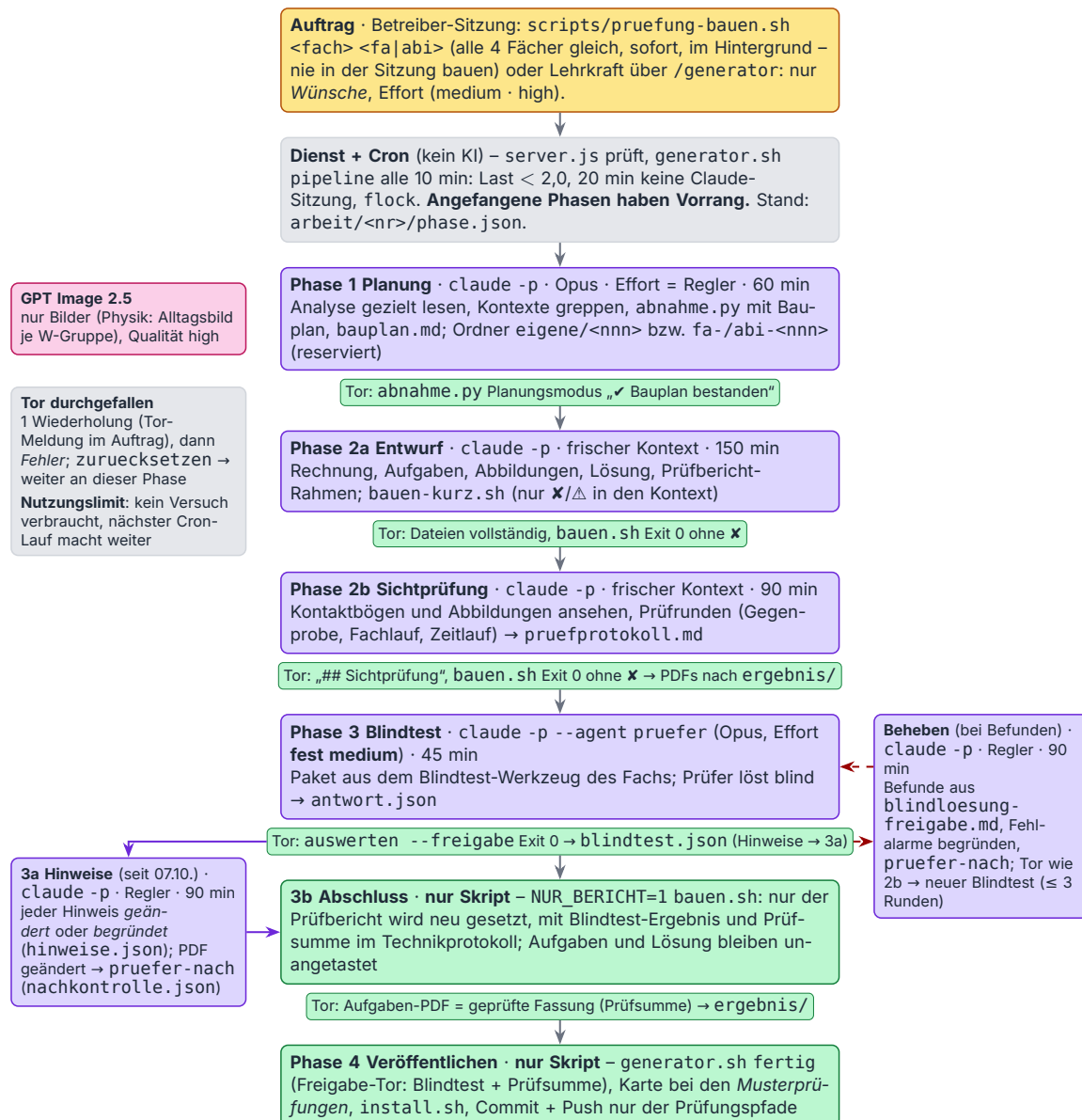
Hinweis	Maßnahme	Änderung bzw. Begründung
Tabelle 2: 0,46 g Ethanol je g Glucose an der Grenze (Lit. 0,40–0,45)	geändert	0,44 g; daten.py prüft jetzt den Literaturbereich 0,40–0,45 g/g.
Fakt unsicher: Werte in Abbildung 2 (24 % bis 3 %)	begründet	Gerundete Werte in der Größenordnung von Siniscalco u. a. 1961 (Niederung bis $\approx 30\%$, Bergdörfer wenige %), als „gerundete Werte“ gekennzeichnet; Prüfer: Größenordnung und Gefälle passen.
Fakt unsicher: Ausbeuten in Tabelle 2	geändert	Ethanol auf 0,44 g/g gesetzt (siehe oben); 0,50 g/g aerob bestätigt der Prüfer als typisch.
Fakt unsicher: CO ₂ aus BHKW-Abgas bei Biogasanlagen	geändert	Text ohne Biogasanlage: „... betreiben neben ihren Gewächshäusern ... ein Blockheizkraftwerk“ (Verfahren vor allem mit Erdgas üblich).

Nachkontrolle der geänderten Stellen (Agent mit frischem Kontext, Aufgaben-PDF 4a3799fdc31e9160): alle Stellen behoben.

- **(1) 1.1.3 Genotyp Person 4 nicht sicher bekannt** – behoben: Satz eindeutig, passt zu 1.1.2 (beide Genotypen von Person 4 verlangt); Loesung $1/2 * 1/2 = 1/4 = 25\%$, nachgerechnet; Kriterium 'nur 50 % ergibt 2 BE' stimmig.
- **(2) 1.2/1.2.1/1.2.2, Tabelle 1: Variante 1/2** – behoben: Aufgabe, Tabelle 1 und Loesung (tex und PDF) nur noch Variante 1/2; Deletion Triplet 186 und Substitution 188 (AGG→AAG, Ser→Phe) passen zur Tabelle. Reste 'Variante A/B' nur in Kommentaren/Pruefmeldungen von daten.py, nicht in PDFs.
- **(3) 2.4/2.5, Tabelle 2: Ethanol 0,44 g** – behoben: Tabelle und Loesung (WEthB) 0,44 g; 86 % des theoretischen Werts 0,51 g/g, C-Bilanz plausibel (Rest ca. 0,056 g C fuer 0,10 g Hefe); Hefe A/B = 5, 'ein Fuenftel' in 2.5 stimmig.
- **(4) Tabelle 3: Spalte Faeden, Legende** – behoben: Spalte und Legende 'Faeden ... (groesster Wert = 100 %)' konsistent; Maximum 84 % in 10-12 m passt zu 3.3; Loesung 3.3: O₂-Maximum 12,0 mg/l in 10 m, Kriterium 'im Bereich der Faeden'.
- **(5) 4.0 Blockheizkraftwerk ohne Biogasanlage; Aussenluft gut 400 ppm** – behoben: Keine Biogasanlage mehr im Text; 400 ppm als Ausgangswert fuer 4.3 (400 → 1000 ppm) jetzt im Material verankert; Loesung 4.2/4.3 nutzt dieselben Stuetzstellen. Seitenbild 9 sauber.
- **(6) 5.0 Bittersaeuren schleusen Protonen durch die Zellmembran** – behoben: Passt zu Abbildung 6 (B + H⁺ aussen, H⁺ innen) und Loesung 5.2 (H⁺-Einschleusung, Gradient bricht zusammen, HorA aktiver Transport).
- *Neuer Befund (hinweis):* 5.0 nimmt mit 'schleusen Protonen durch die Zellmembran' den Kern des 2. Kriteriums von 5.2 (1 BE Bittersaeuren bringen H⁺ in die Zelle) teilweise vorweg; vertretbar, da Folgen fuer Gradient/pH und HorA weiter erarbeitet werden muessen.
- *Neuer Befund (hinweis):* daten.py fuehrt in Kommentaren und Pruefmeldungen noch 'Variante A/B' (z. B. Zeilen 8, 35-36, 48-51); erscheint nicht in Aufgabe/Loesung, ggf. im Pruefbericht vereinheitlichen.

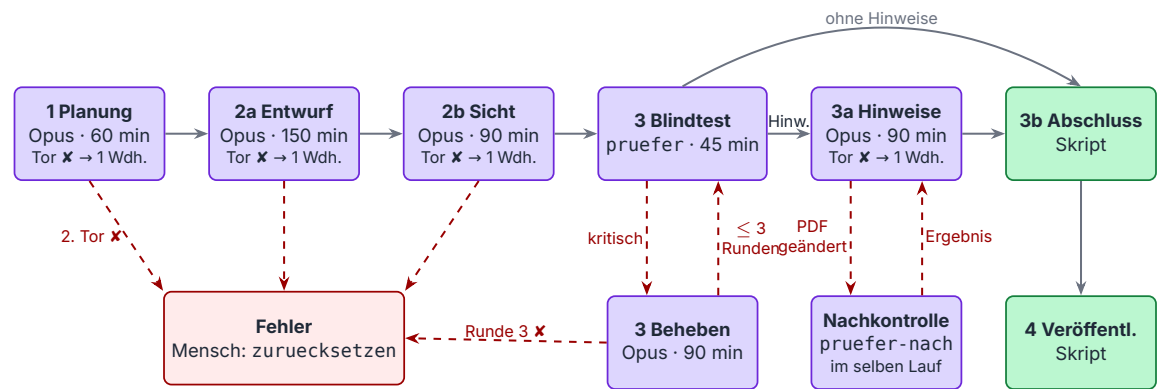
Technische Pipeline

Schritt	Art / Zeit	Ergebnis
Pipeline	Claude-Sitzung (ohne Phasen-Pipeline)	Erstellung, Prüfung und Korrekturen in einer laufenden Claude-Sitzung nach Skill; die Prüfschritte stehen darunter bzw. unter 4 Prüfprozess. Die Phasen-Pipeline (Bild) gilt für Generator-Aufträge seit 06.10.2026.
3 Freigabe-Tor	Agent pruefer · 2026-10-07 11:28	23 Teilaufgaben, 0 kritisch, 11 Hinweise · PDF 9c4470dad292925c
3a Hinweise	Claude-Sitzung	12 Hinweise bearbeitet: 8 geändert, 4 begründet (Tabelle im Bericht)
Nachkontrolle 3a	Agent pruefer-nach · nachkontrolle-hinweise.json	6/6 Stellen behoben · PDF 4a3799fdc31e9160
Verbrauch	Erstellung	07.10.2026 10:50 bis 11:31 (41 min, Sitzung e799a5f5, gefunden über die Anlage der Aufgaben-TeX fachabitur-biologie-002.tex; Anlass: „Erstelle Fachabitur Biologie“)
Verbrauch	Erstellung gesamt	Eingabe 50.036.780 (50,0 Mio.) · Ausgabe ≈ 173.265 Tokens (Ausgabe aus der Textlänge geschätzt, ohne Denken)
Verbrauch	Claude Hauptlauf	Opus: 102 Antworten · Eingabe 49.519.450 Tokens (davon Cache gelesen 49.201.348) · Ausgabe ≈ 163.711
Verbrauch	Kontext Hauptlauf	beim Start 288 k, größter 605 k Tokens · Startkontext bei jeder Antwort mitgelesen: 29,4 Mio. (59 % der Eingabe; ohne Vorarbeit in der Sitzung wären es ≈ 30 k je Antwort)
Verbrauch	Claude-Agent pruefer (Volllauf Biologie fa-002)	Opus: 7 Antworten · Eingabe 232.756 Tokens (davon Cache gelesen 171.450) · Ausgabe ≈ 7.606
Verbrauch	Claude-Agent pruefer-nach (Nachkontrolle 3a Biologie fa-002)	Opus: 9 Antworten · Eingabe 284.574 Tokens (davon Cache gelesen 242.315) · Ausgabe ≈ 1.948



Ablaufbild der Phasen-Pipeline (docs/pipeline/pipeline-ablauf.pdf, Stand der Erstellung dieses Berichts).

Schleifen und Verbrauch je Schritt



Durchgezogen: normaler Weg. Gestrichelt: Schleifen. Jede Phase hat **eine** Wiederholung bei durchgefallenem Tor (die Tor-Meldung steht im neuen Auftrag), danach *Fehler* → Mensch. Nutzungslimit zählt nicht als Versuch.

Schritt	Schleife / Abbruch	Tokens je Lauf	Grundlage
1 Planung	1 Wiederholung, dann Fehler	nachgerechnet ≈ 1,6 Mio. (17 Antworten)	Bio fa-002, Kontext je Antwort aus dem Sitzungsprotokoll, Sockel 30 k + 15 k Übergabe ebenso
2a Entwurf	1 Wiederholung, dann Fehler	nachgerechnet ≈ 4,1 Mio. (38 Antworten)	
2b Sichtprüfung	1 Wiederholung, dann Fehler	nachgerechnet ≈ 1,8 Mio. (24 Antworten, 12 Seitenbilder)	ebenso
3 Blindtest	≠ Beheben, höchstens 3 Runden	gemessen 0,28–0,38 Mio. Eingabe, 5–9 k Ausgabe, 8–10 Antworten	Volläufe Physik 001/004/006, BwR fa-002 (06./07.10.)
3 Beheben	je Runde 1 Lauf + pruefer-nach	<i>Schätzung</i> 1–2 Mio. + Nachkontrolle 0,2–0,3 Mio.	Nachkontrolle gemessen 0,20–0,29 Mio.
3a Hinweise	1 Lauf (+ Nachkontrolle, falls PDF geändert)	nachgerechnet ≈ 1,5 Mio. + 0,2–0,3 Mio.	Bio fa-002 (12 Hinweise, 1 Nachkontrolle)
3b Abschluss, 4	keine	0 (nur Skript)	–
Summe		≈ 9 Mio. je Prüfung ohne Beheben-Runde (nachgerechnet)	dieselbe Prüfung in einer langen Sitzung: gemessen 50 Mio. (59 % mitgeschleppter Vorkontext)

Messen: generator.sh phase zeigen <nr> zeigt je Phase Tokens, gelesenen Kontext, Ausgabe, Antworten, Minuten; das technische Prüfprotokoll übernimmt diese Zeilen (Abschnitt „Technische Pipeline“) – ohne Generator-Auftrag stehen dort die Prüfagenten. „Eingabe“ zählt den bei jeder Antwort erneut gelesenen Kontext mit (deshalb das Vielfache der Kontextgröße). „Nachgerechnet“: *echte Antworten von Bio fa-002, Kontext je Phase neu begonnen (07.10.2026).* Der erste Lauf in der Pipeline ersetzt das durch Messwerte; der Prüfbericht zeigt sie je Phase (Deckblatt + Technische Pipeline).

Schleifen und Verbrauch je Schritt (Seite 2 des Ablaufbilds). Die tatsächlich gelaufenen Schritte dieser Prüfung stehen in der Tabelle oben, gemessene Tokens der Prüfagenten im Abschnitt Verbrauch.