



Schriftliche Abiturprüfung
Schuljahr 2023/2024

Biologie
auf grundlegendem Anforderungsniveau
an allgemeinbildenden und beruflichen gymnasialen Oberstufen

Haupttermin
Donnerstag, 2. Mai 2024, 09:00 Uhr

Unterlagen für die Prüflinge

Allgemeine Arbeitshinweise

- Überprüfen Sie diese Unterlagen auf Vollständigkeit.
- Schreiben Sie auf alle Prüfungsunterlagen Ihren Namen und zusätzlich auf dieses Deckblatt Ihre Kursnummer.
- Kennzeichnen Sie Ihre Entwurfsblätter (Kladde) und Ihre Reinschrift.

Fachspezifische Arbeitshinweise¹

- Die Arbeitszeit beträgt **240 Minuten**.
- Eine Lese- und Auswahlzeit von **30 Minuten** ist der Arbeitszeit vorgeschaltet. In dieser Zeit darf noch nicht mit der Bearbeitung der Aufgaben begonnen werden.
- Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht grafikfähig), Zeichenhilfsmittel, zugelassene Formelsammlung, Rechtschreibwörterbuch

Aufgabenauswahl

- Sie erhalten **drei** Aufgaben zu unterschiedlichen Schwerpunkten.
- Wählen Sie **zwei** Aufgaben aus und bearbeiten Sie diese.
- Vermerken Sie auch auf der Reinschrift, welche Aufgaben Sie bearbeitet haben.

Bearbeitet wurden die folgenden Aufgaben (Bitte kreuzen Sie an):

I	Molekulargenetik und Gentechnik	
II	Ökologie und Nachhaltigkeit	
III	Neurobiologie und Selbstverständnis	

¹ Entsprechend der „Richtlinie über die Gewährung von Erleichterungen für neu zugewanderte Schülerinnen, Schüler und Prüflinge bei Sprachschwierigkeiten in der deutschen Sprache“ (MBISchul Nr. 08, 7. Oktober 2016, S. 60) werden für die betroffenen Prüflinge die folgenden Erleichterungen gewährt:

- Die Bearbeitungszeit wird um 30 Minuten auf **270 Minuten** erhöht.
- Ein nicht-elektronisches Wörterbuch Deutsch – Herkunftssprache / Herkunftssprache – Deutsch wird bereitgestellt.

Bewertung

Jeder Aufgabe sind 50 Bewertungseinheiten (BE) zugeordnet. In allen Teilaufgaben werden nur ganze BE vergeben. Insgesamt sind 100 BE erreichbar. Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle.

Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte	Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte
≥ 95	15	≥ 55	7
≥ 90	14	≥ 50	6
≥ 85	13	≥ 45	5
≥ 80	12	≥ 40	4
≥ 75	11	≥ 33	3
≥ 70	10	≥ 27	2
≥ 65	9	≥ 20	1
≥ 60	8	< 20	0

Für die Erteilung der **Note gut** (11 Punkte) ist mindestens erforderlich, dass annähernd vier Fünftel der erwarteten Gesamtleistung sowie Leistungen in allen drei Anforderungsbereichen erbracht werden. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen.

Für die Erteilung der **Note ausreichend** (5 Punkte) ist mindestens erforderlich, dass annähernd die Hälfte der erwarteten Gesamtleistung und über den Anforderungsbereich I hinaus Leistungen in einem weiteren Anforderungsbereich erbracht werden.

Die zwei voneinander unabhängigen Aufgaben der Prüfungsaufgabe werden jeweils mit 50 Bewertungseinheiten bewertet. Die erbrachte Gesamtleistung ergibt sich aus der Summe der Bewertungseinheiten in den beiden Aufgaben.

Bei erheblichen Mängeln in der sprachlichen Richtigkeit und der äußeren Form sind bei der Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistung je nach Schwere und Häufigkeit der Verstöße bis zu zwei Notenpunkte abzuziehen. Dazu gehören auch Mängel in der Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen sowie falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text.

Aufgabe I: Spinale Muskelatrophie

50 BE

Schwerpunkt: Molekulargenetik und Gentechnik

Bei der potenziell tödlich verlaufenden neurodegenerativen Krankheit SMA (Spinale Muskelatrophie) werden Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern – sogenannte Motoneuronen –, aufgrund von Mutationen geschädigt und infolgedessen abgebaut. Es folgen Muskelschwund und letztendlich Lähmungserscheinungen, die zum Tod führen können. Das Medikament Nusinersen bietet Aussicht auf Heilung.

Teilaufgaben

- I.a. **Nennen** und **beschreiben** Sie ausführlich die drei Mutationsarten in der Genetik. 11 BE
- I.b. **Stellen** Sie jeweils in einem Fließschema die notwendigen Verfahrensschritte für die PCR und für die Gelelektrophorese **dar**. 5 BE
- I.c. **Erklären** Sie das in Abb. 1.1 dargestellte Ergebnis (Material 1). 5 BE
- I.d. **Bestimmen** Sie die erkrankten Personen und **entwickeln** Sie eine Prognose für den Krankheitsverlauf der erkrankten Personen (Material 1), bei der Sie den phänotypischen Krankheitsverlauf genetisch **begründen**. 14 BE
- I.e. **Stellen** Sie die mRNA-Sequenz des codogenen Abschnitts sowie die notwendige Oligonukleotid-Sequenz für das Medikament Nusinersen **dar** (Material 3). **Ordnen** Sie die Mutation im *SMN2*-Gen (Material 1) einem Mutationstyp **zu** und **begründen** Sie Ihre Zuordnung. **Erklären** Sie, weshalb Nusinersen eine durch eine *SMN1*-Mutation verursachte Krankheit heilt, obwohl es nur auf *SMN2* wirkt (Material 2). 15 BE

Anlage zur Aufgabe Spinale Muskelatrophie

Material 1 Genetische Ursache der Spinalen Muskelatrophie

Die Spinale Muskelatrophie (SMA) ist eine potenziell tödlich verlaufende neurodegenerative Erkrankung (d. h., mit der Zeit sterben die Nervenzellen ab), die vor allem Kinder betrifft. Betroffene Patienten verlieren die Fähigkeit zu gehen, zu sprechen und bei schweren Verläufen auch zu atmen. Die motorischen Nervenzellen im Rückenmark sterben ab. Verursacht wird dies durch den Mangel eines Proteins namens SMN (Survival Moto Neuron). Das Protein wird durch die *SMN*-Gene *SMN1* und *SMN2* kodiert. Nur bei einer Mutation des *SMN1*-Gens kommt es zur SMA. Viele Abschnitte der DNA wurden im Laufe der Evolution durch Genamplifikation (Genverdopplung) vervielfältigt und liegen daher in mehrfachen Kopien vor. Auch das *SMN*-Gen ist auf Chromosom 5 mehrfach vorhanden, allerdings unterscheiden sich diese Kopien geringfügig voneinander. Gesunde Menschen verfügen neben einem funktionsfähigen *SMN1*-Gen zusätzlich über bis zu vier Kopien eines *SMN2*-Gens. Die tatsächliche Anzahl von *SMN2*-Genen auf dem 5. Chromosom kann von Mensch zu Mensch somit unterschiedlich sein. Beide Gene sind fast identisch. Sie unterscheiden sich lediglich in einem Nukleotid voneinander. Ein Exon ist ein Abschnitt eines Gens, der die nötige Information für die Erzeugung von Proteinen enthält. Während das *SMN1*-Gen im Codon 280 des 7. Exons ein Cytosin-Nukleotid aufweist, befindet sich im *SMN2*-Gen an dieser Stelle ein Thymin-Nukleotid. Dieser Unterschied bewirkt, dass in 90% der Fälle durch das *SMN2*-Gen ein verkürztes, inaktives und instabiles Protein entsteht. 10 Prozent der durch *SMN2* codierten Proteine sind funktionsfähig. Sie sind nicht verkürzt. Bei SMA-Patienten weisen die beiden homologen *SMN1*-Allele eine Mutation auf, die zur Folge hat, dass keine funktionsfähigen Proteine entstehen. Die Krankheit kann mit einer geeigneten DNA-Analyse nachgewiesen werden. In diesem Fall wurde eine Gelelektrophorese mit vorgeschalteter PCR verwendet (Abb. 1.1). Die Primer wurden für die PCR so gewählt, dass das PCR-Produkt des *SMN2*-Gens kürzer als das PCR-Produkt des *SMN1*-Gens ist und im Falle von Mutationen keine Amplifikation der gesuchten Gensequenz erfolgt.

Quelle: eigene Darstellung nach Denworth, Lydia: „Heilsame Molekülschnipsel“. Spektrum der Wissenschaft 12.2020, S. 12–19.

Abb. 1.1 Vereinfachte Darstellung der Gelelektrophorese-Ergebnisse von 3 Säuglingen mit SMA-Verdacht. Kontrolle: Material einer gesunden Person. Die Farbintensität korreliert mit der DNA-Menge.

Material 2 Wirkungsweise des Medikaments Nusinersen

Quelle: Denworth, Lydia: „Heilsame Molekülschnipsel“. Spektrum der Wissenschaft 12.2020, Seite 12–19

Abb. 2.1 Darstellung der Nusinersen-Behandlung

Material 3 DNA-Sequenz des *SMN2*-Gens

Das passende Antisense-Oligonukleotid für die Therapie von SMA wird entsprechend zur individuellen Krankheit und somit passend zur DNA-Sequenz hergestellt.

Quelle: verändert nach:
Ottesen, Eric W.: "ISS-N1 makes the first FDA-approved drug for spinal muscular atrophy". *Translational Neuroscience*, vol. 8, no. 1, 2017, Seite 1–6. Online unter: <https://doi.org/10.1515/tnsci-2017-0001> (letzter Zugriff: 08.07.2023).

Abb. 3.1 Ausschnitt der DNA-Sequenz des *SMN2*-Gens einer gesunden Person (Wildtyp-DNA)

Aufgabe II: Fischsterben in der Oder

50 BE

Schwerpunkt: Ökologie und Nachhaltigkeit

Flüsse transportieren Nährstoffe, Sedimente und lebensnotwendiges Wasser und bieten so einen Lebensraum für zahlreiche Tiere und Pflanzen. Die ständige Bewegung und Veränderung durch das fließende Wasser schafft Nischen für spezialisierte Pflanzen- und Tierarten. Flüsse sind offene Systeme, die gleichzeitig anfällig für Umwelteinflüsse sind. Ein Beispiel für die Sensitivität eines Fließgewässers ist das Fischsterben in dem Fluss Oder im August 2022.

Teilaufgaben

- II.a **Geben** Sie die Definition des Begriffes der ökologischen Nische **an**. **Beschreiben** Sie die ökologischen Nischen der in Material 1 dargestellten Fischarten und **vergleichen** Sie die Nischen kurz.
15 BE
- II.b **Nennen** Sie drei Faktoren, von denen die Fotosyntheseleistung abhängig ist. **Werten** Sie die Messergebnisse aus Material 3 **aus**.
12 BE
- II.c **Arbeiten** Sie anhand der Messergebnisse (Material 3) und unter Einbeziehung von Material 2 **heraus**, warum es im Vorfeld des Fischsterbens in der Oder zu einer massiven Ausbreitung der Goldalge *Prymnesium parvum* gekommen ist.
10 BE
- II.d **Entwickeln** Sie eine Hypothese über mögliche Auswirkungen des Fischsterbens auf das Ökosystem im und am Wasser (alle Materialien).
13 BE

Anlage zur Aufgabe Fischsterben in der Oder

Material 1 Lebensraum Oder-Delta

Quellen:

https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Naturschutz/Wildnis_in_Deutschland/Poster_StettinerHaff_Fisch_WEB_Final.pdf (letzter Zugriff 10.07.2023) und <https://www.biologie-schule.de/zoologie.php> (letzter Zugriff 10.07.2023)

Material 2 Die Goldalge *Prymnesium parvum*

Quelle: Nationale Expert*innengruppe zum Fischsterben in der Oder unter Leitung des Umweltbundesamtes: Statusbericht, Stand 30.09.2022, Seite 26-27.

Material 3 Gewässeruntersuchungen in der Oder

Die Gewässerqualität der Oder wird ständig überprüft. Untersuchungen liefern im Zusammenhang des Fischsterbens von 2022 wichtige Informationen und Hinweise auf mögliche Ursachen für diese Umweltkatastrophe. Im Folgenden sind ausgewählte Messergebnisse der Gewässeruntersuchungen (Abb. 3.1 bis 3.3) dargestellt.

Quelle: Nationale Expert*innengruppe zum Fischsterben in der Oder unter Leitung des Umweltbundesamtes: Statusbericht, Stand 30.09.2022, Seite 8.

Abb. 3.1

Übersicht über die Messstellen entlang des deutschen Teils der Oder

Messstellen Hohensaaten und Eisenerhüttenstadt: nur Messung des Abwasserpegels, d. h. keine chemisch-physikalisch Messungen

Quelle: verändert nach: Nationale Expert*innengruppe zum Fischsterben in der Oder unter Leitung des Umweltbundesamtes: Statusbericht, Stand 30.09.2022, Seite 15.

Abb. 3.2 Konzentrationen von Chlorid (Cl), Natrium (Na), Kalzium (Ca), Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Kalium (K) mg/l Oder-Flusswasser, gemessen an der Messstelle Hohenwutzen II im Zeitraum vom 25.07. bis 15.08.2022.

Meldung des Fischsterbens am 09.08.2022: rote Linie.

Quelle: verändert nach:

Nationale Expert*innengruppe zum Fischsterben in der Oder unter Leitung des Umweltbundesamtes: Statusbericht, Stand 30.09.2022, Seite 26.

Abb. 3.3 Konzentration von Chlorophyll a in µg/l Oder-Flusswasser, gemessen an den Messstationen Frankfurt (Oder) und Hohenwutzen I im Zeitraum vom 28.07.2022 bis 30.08.2022. An einzelnen Tagen erfolgten keine Messungen.

Meldung des Fischsterbens am 09.08.2022: rote Linie.

Aufgabe III: Marine Biotoxine

50 BE

Schwerpunkt: Neurobiologie und Selbstverständnis

Marine Biotoxine wie Ciguatoxine und Brevetoxine können durch den Verzehr von Fischfleisch bei Menschen zu Vergiftungen führen. Auch wenn diese Vergiftungen vor allem in subtropischen und tropischen Gebieten vorkommen, sind durch den weltweiten Seefischhandel auch Menschen in Deutschland betroffen.

Teilaufgaben

- III.a **Nennen** Sie vier unterschiedliche Transportmechanismen durch eine Biomembran und fertigen Sie zu jedem Transportmechanismus eine beschriftete Skizze an.
14 BE
- III.b **Stellen** Sie die Studienergebnisse aus Material 2 **dar** und **erklären** Sie die Wirkungsmechanismen von Ciguatoxin unter Berücksichtigung der verschiedenen Vergiftungssymptome (Material 1 und 2).
16 BE
- III.c **Beurteilen und erklären** Sie, inwiefern Brevenal als Gegengift für eine Ciguatoxinvergiftung infrage kommen könnte (Material 2 und 3).
8 BE
- III.d **Untersuchen** Sie die neurobiologischen Wirkungen von Ciguatoxin auf den Transmembran-Kationenkanal TRPA-1 (Material 4) sowie die physiologische Auswirkung der Giftwirkung auf den Körper zur Erklärung der Kälteüberempfindlichkeit (alle Materialien).
12 BE

Anlage zur Aufgabe Marine Toxine

Material 1 Ciguatoxine

Quelle: <https://hab.who.edu/species/species-by-name/gambierdiscus/> (letzter Zugriff: 15.05.2023)
Nicholson, Graham & Lewis, Richard. (2006). Ciguatoxins: Cyclic Polyether Modulators of Voltage-gated Ion Channel Function. *Marine Drugs*. 4. 10.3390/md403082 Online unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3663417/> (letzter Zugriff 22.09.2022) und
Birinyi-Strachan, L. C., Gunning, S. J., Lewis, R. J., & Nicholson, G. M. (2005). Block of voltage-gated potassium channels by Pacific ciguatoxin-1 contributes to increased neuronal excitability in rat sensory neurons. *Toxicology and applied pharmacology*, 204(2), 175-186. Online unter: <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/4825/1/2005000665.pdf> (letzter Zugriff 07.05.2023)

Material 2 Studien zum Wirkungsmechanismus

5

Um den Wirkungsmechanismus von Ciguatoxin genauer zu erforschen, untersuchte eine Forschungsgruppe die elektrophysiologischen Wirkungen des Pazifischen Ciguatoxins (P-CTX-1) an isolierten Nervenzellen von Ratten (Abb 2.1 A, B). P-CTX-1 gilt als wirksamste und giftigste Form der Ciguatoxine. Es ist bereits bekannt, dass Ciguatoxin spannungsabhängige Na⁺- und K⁺-Kanäle beeinflusst.

Quelle: verändert nach:
Nicholson & Lewis (2006): Ciguatoxins: Cyclic Polyether Modulators of Voltage-gated Ion Channel Function. *Marine Drugs*. 4. 10.3390/md403082. Online unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3663417/> (letzter Zugriff: 22.09.2022).

Abb. 2.1 Elektrophysiologische Untersuchungen am Axon von Nervenzellen von Ratten unter Einwirkung von P-CTX-1. **A** Auslösung eines Aktionspotentials vor (Kontrolle: ohne P-CTX-1) und nach Einwirkung von P-CTX-1 bei einer Konzentration von 10 nM; **B** Membrandepolarisationen (in mV) bei unterschiedlichen P-CTX-1-Konzentrationen. Einheit nM=Nanomolar; 1 nM= 1nmol/l

Material 3 Wirkung von Brevenal

Der marine Einzeller *Karenia brevis* produziert eine Substanz namens Brevenal. Forschungsergebnisse zeigen bisher, dass Brevenal beim Menschen nicht toxisch wirkt und an die gleiche Rezeptorbindungsstelle wie das Ciguatoxin binden kann.

5

Eine Forschungsgruppe überprüfte experimentell an bestimmten neurosekretorischen Zellen (aus dem Nebennierenmark von Rindern) die Wirkung von Brevenal unter Ciguatoxineinwirkung (Abb. 3.1). Neurosekretorische Zellen sind hochspezialisierte Nervenzellen, die (Neuro-)Hormone speichern und abgeben können. Im Experiment geht es um die Ausschüttung von Katecholaminen wie Adrenalin und Noradrenalin.

Quelle: verändert nach: Nguyen-Huu et al. (2010): Ciguatoxin-induced catecholamine secretion in bovine chromaffin cells: mechanism of action and reversible inhibition by brevenal. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 56 (5), Seite 792–796. Online unter: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.08.002> (letzter Zugriff: 22.09.2022).

Abb. 3.1 Experiment zur Katecholaminausschüttung an neurosekretorischen Zellen (vom Rind): Untersuchung der Wirkung von Brevenal unter Ciguatoxineinwirkung. Die Katecholaminausschüttung (in % total) gibt den prozentualen Anteil der Gesamtmenge an Katecholaminen an, die in den Zellen gespeichert ist. Zellen wurden 15 Minuten Brevenal ausgesetzt oder als Kontrolle ohne Brevenal untersucht, indem entweder Ciguatoxin hinzugefügt wurde oder nicht. Die Einheit µM=Mikromolar gibt die Konzentration der Stoffmenge an; 1 µM= 1 µmol/l.

Material 4 Der TRPA1-Kationenkanal

TRPA1 ist ein nicht-selektiver Kationenkanal, der in sensorischen und auch in schmerzempfindlichen Neuronen sowie in nicht-neuronalen Geweben (z. B. im Lungenepithel) vorkommt. Er dient als Rezeptorprotein für unterschiedliche zell- und gewebeschädigende mechanische, toxische und thermische Reize. Diese Reize können durch diesen Rezeptor wahrgenommen werden und gelangen so über Nervenimpulse ins Gehirn, wo sie als Schmerzen, Juckreiz oder Entzündungen wahrgenommen werden. TRPA1 wirkt unter anderem als Kältesensor für schmerzhafte Kälte („Kältebrennschmerz“), der bei einem Kältereiz von unter 10 °C (Hauttemperatur) aktiviert wird. Die Aktivierung von TRPA1 geht an freien Nervenendigungen mit einem Einstrom von Ca²⁺-Ionen und Na⁺-Ionen einher, sodass die benachbarte Nervenzellmembran depolarisiert wird. Membranspannungsänderungen können die Aktivität des TRPA1-Kanals ebenfalls beeinflussen.

Eine Forschungsgruppe hat die Wirkung von Ciguatoxin auf TRPA1 durch Experimente mit Mäusen abgeleitet (Abb. 4.1). Dabei wurden gentechnisch veränderte Mäuse untersucht, die im Vergleich zu Wildtyp-(wt)-Mäusen keine TRPA1-Kanäle besitzen (TRPA1-defiziente Mäuse, TRPA1^{-/-}).

In der unmittelbaren Nähe der TRPA1-Kationenkanäle befanden sich bei den Untersuchungen jeweils spannungsgesteuerte Na⁺-Ionenkanäle. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass Ciguatoxin nicht direkt an TRPA1-Kanälen binden kann.

Quelle: verändert und modifiziert nach:

Vetter et al. (2012): Ciguatoxins activate specific cold pain pathways to elicit burning pain from cooling. The EMBO journal, 31 (19), Seite 3795–3808. <https://doi.org/10.1038/emboj.2012.207>

Online unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3463840/> (letzter Zugriff: 22.09.2022).

Abb. 4.1 Kälteüberempfindlichkeit bei Mäusen in Abhängigkeit vom TRPA1-Kanal: wt-Mäuse mit TRPA1-Kanälen; gentechnisch veränderte TRPA1^{-/-}-Mäuse ohne TRPA1-Kanal (TRPA1-defiziente Mäuse) bei einer Konzentration von 5 nM P-CTX-1 bei 15°C; Die beobachtete Anzahl der Zuckungen wird als schmerzhaftes Verhalten im Hinblick auf einen Kältereiz interpretiert. Ciguatoxin wurde in die Hinterpfote gespritzt.

Quelle: verändert nach:

Voets, T. (2012): TRP channel blamed for burning cold after a tropical fish meal. The EMBO Journal, 31, Seite 3785–3787.

Online unter: <https://doi.org/10.1038/emboj.2012.255> (letzter Zugriff: 22.09.2022)

Abb. 4.2: Wirkung von Ciguatoxin auf TRPA1 – Schematische Abbildung der Entstehung des „Kältebrennschmerzes“ an freien Nervenendigungen. **A:** Aufnahme von Ciguatoxin über den Verzehr von Raubfischen; **B:** Funktion und Aktivierung des TRPA1-Kanals; links ohne Ciguatoxinvergiftung; rechts mit Ciguatoxinvergiftung; **Nav:** spannungsgesteuerter Natriumionen-Kanal; **AP:** Aktionspotential; **Em:** Ruhemembranpotential; **Nummerierungen 1-4:** Reihenfolge der Aktivierung der Kanäle und Generierung von AP; +/- Ladungsverteilung an der Neuronmembran; **Temperaturskala in °C: Hauttemperatur**

Operatoren	AB	Definitionen
analysieren, untersuchen	II – III	unter gezielten Fragestellungen Elemente und Strukturmerkmale herausarbeiten und als Ergebnis darstellen
angeben, nennen	I	ohne nähere Erläuterungen wiedergeben oder aufzählen
anwenden, übertragen	II	einen bekannten Sachverhalt, eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
aufstellen	II	einen Vorgang als eine Folge von Symbolen oder Wörtern formulieren
auswerten	II	Daten oder Einzelergebnisse zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen
begründen	II – III	einen angegebenen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
benennen	I	Elemente, Sachverhalte, Begriffe oder Daten (er)kennen und angeben
berechnen	I – II	Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen
beschreiben	I – II	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache in eigenen Worten veranschaulichen
bestimmen	II	einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	III	Hypothesen bzw. Aussagen sowie Sachverhalte bzw. Methoden auf Richtigkeit, Wahrscheinlichkeit, Angemessenheit, Verträglichkeit, Eignung oder Anwendbarkeit überprüfen
bewerten	III	eine eigene Position nach ausgewiesenen Normen oder Werten vertreten
darstellen	I – II	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden, Ergebnisse etc. strukturiert wiedergeben
diskutieren, erörtern	III	im Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Kontra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
einordnen, zuordnen	II	mit erläuternden Hinweisen in einen Zusammenhang einfügen
entwickeln	II – III	eine Skizze, eine Hypothese, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären, erläutern	II – III	Ergebnisse, Sachverhalte oder Modelle nachvollziehbar und verständlich veranschaulichen
herausarbeiten	II – III	die wesentlichen Merkmale darstellen und auf den Punkt bringen
interpretieren	II – III	Phänomene, Strukturen, Sachverhalte oder Versuchsergebnisse auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und diese gegeneinander abwägend darstellen
protokollieren	I – II	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben
prüfen, überprüfen	II – III	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
skizzieren	I – II	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse kurz und übersichtlich darstellen, mithilfe von z. B. Übersichten, Schemata, Diagrammen, Abbildungen, Tabellen
vergleichen, gegenüberstellen	II – III	nach vorgegebenen oder selbst gewählten Gesichtspunkten Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und darstellen
zeichnen	I – II	eine hinreichend exakte bildhafte Darstellung anfertigen