



Schriftliche Abiturprüfung Schuljahr 2023/2024

Biologie auf erhöhtem Anforderungsniveau an allgemeinbildenden 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 **300 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 **330 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
≥ 95	15
≥ 90	14
≥ 85	13
≥ 80	12
≥ 75	11
≥ 70	10
≥ 65	9
≥ 60	8

Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte
≥ 55	7
≥ 50	6
≥ 45	5
≥ 40	4
≥ 33	3
≥ 27	2
≥ 20	1
< 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

Einige Krankheiten lassen sich durch gentechnisch hergestellte Medikamente therapieren. Zu diesen Krankheiten zählt die potenziell tödlich verlaufende neurodegenerative Krankheit SMA (Spinale Muskelatrophie). Bei SMA werden Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern – sogenannte Motoneuronen –, geschädigt und infolgedessen abgebaut. Es folgen Muskelschwund und letztendlich Lähmungserscheinungen, die zum Tod führen können.

Teilaufgaben

- I.a **Beschreiben** Sie die Charakteristika eines autosomal-rezessiven Erbgangs und eines autosomal-dominanten Erbganges. **Skizzieren** Sie für die in Material 1 beschriebene Familie einen möglichen Stammbaum (mit Beschriftung und Angabe der Genotypen) und **bestimmen** Sie, ob ein dominanter oder rezessiver Erbgang vorliegt.
- 12 BE
- I.b **Stellen** Sie die mRNA-Sequenz des codogenen Abschnitts sowie die notwendige Oligonukleotid-Sequenz für das Medikament Nusinersen **dar** (Material 2 und 4). **Ordnen** Sie die Mutation im *SMN2*-Gen (Material 1) einem Mutationstyp **zu** und **begründen** Sie Ihre Zuordnung.
- 7 BE
- I.c **Stellen** Sie den Prozess des Splicens **dar**. **Erklären** Sie die Wirkungsweise der Antisense-Oligonukleotide-Therapie mit dem Medikament Nusinersen bei SMA-Betroffenen. Gehen Sie hierbei sowohl auf das Beispiel des Medikaments Nusinersen als auch auf die Bedeutung der lebenslangen Einnahme des Medikaments ein (Material 2 und 3).
- 11 BE
- I.d SMA-Patienten mit milden Krankheitsverläufen synthetisieren ca. 10 % intakte Proteine, bei einigen Patienten sind es sogar noch mehr funktionsfähige Proteine. **Entwickeln** Sie eine Hypothese zur Erklärung dieses Sachverhalts (Material 1, 2 und 3).
- 6 BE
- I.e **Diskutieren** Sie anhand von je drei Argumenten die Vor- und Nachteile von ASO-Therapien (alle Materialien). **Beurteilen** Sie, ob statt der ASO-Therapie eine Therapie eingesetzt werden sollte, bei der bereits in der befruchteten Eizelle die CRISPR/Cas9-Methode eingesetzt wird. (Material 3).
- 14 BE

Anlage zur Aufgabe Spinale Muskelatrophie

Material 1 Genetische Ursache der Spinalen Muskelatrophie

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

5 Material 2 Der Wirkstoff Nusinersen

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

Material 3 Antisense-Therapie mittels Oligonukleotide

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 Genprodukt des *SMN2*-Gens bei der Verabreichung des Medikaments Nusinersen (A) und bei den 90% mutierten *SMN2*-Genen ohne eine Medikamenteneinnahme (B).

Material 4 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.

- 5 Quellen: 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. 4.1 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 der Oder im August 2022. Deutschlands östlichster Fluss, die Oder, mündet in die Ostsee. Begleitet wird der Fluss in der deutsch-polnischen Grenzregion von ausgedehnten Auenlandschaften, die einen wichtigen Lebensraum für zahlreiche Arten bieten und zusätzlich einen wichtigen Hochwasserschutz darstellen. Andererseits gibt es auch in regenarmen Perioden ausgesprochene Niedrigwasserphasen.

Teilaufgaben

- II.a **Skizzieren** Sie ein logistisches Populationswachstum mit vollständiger Beschriftung.
Benennen Sie jeweils drei wichtige dichteabhängige und dichteunabhängige Faktoren, die einen Einfluss auf das skizzierte Populationswachstum haben könnten.
10 BE
- II.b **Beschreiben** Sie die Messergebnisse aus Material 2.
12 BE
- II.c **Arbeiten** Sie anhand der Messergebnisse (Material 2) und unter Einbeziehung von Material 1 **heraus**, warum es im Vorfeld des Fischsterbens in der Oder zu einer massiven Ausbreitung der Goldalge *Prymnesium parvum* gekommen ist.
9 BE
- II.d **Entwickeln** Sie eine Hypothese über mögliche Auswirkungen des Fischsterbens auf das Ökosystem im Wasser.
10 BE
- II.e Eine (weitere) Ursache für Fischsterben in stehenden oder sehr langsam fließenden Gewässern sind zu hohe Konzentrationen von Ammonium (NH_4^+) und Nitrit (NO_2^-) im Wasser. **Erklären** Sie, wie es zu einem Fischsterben kommen kann, und **entwickeln** Sie drei Vorschläge, wie dies in Zukunft verhindert werden kann. Gehen Sie in ihren Lösungen auf den Stickstoffkreislauf ein, unter der vereinfachenden Annahme, dass ein sehr langsam fließendes Gewässer einem See entspricht.
9 BE

Anlage zur Aufgabe Fischsterben in der Oder

Material 1 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 2 Gewässeruntersuchungen in der Oder

Die Gewässerqualität der Oder wird ständig durch Untersuchungen überprüft. Diese Untersuchungen liefern nun im Zusammenhang des Fischsterbens von 2022 wichtige Informationen und Hinweise auf mögliche Ursachen für diese Umweltkatastrophe. Im Folgenden sind ausgewählte Messergebnisse der Gewässeruntersuchungen (Abb. 2.1 bis 2.4) dargestellt.

- 5 An den Messstellen Hohensaaten und Eisenhüttenstadt wurde im Zeitraum vom 30.07. bis 25.08.2022 der Wasserabfluss in m³/s gemessen. Im Vergleich mit den mittleren Abflüssen an den beiden Pegeln im Zeitraum 1951 bis 2015 lag der mittlere Abfluss des Jahres 2022 deutlich unter diesen Werten. Insgesamt war der Abfluss der Oder im betrachteten Zeitraum deutlich geringer als in den zuvorliegenden Jahren.

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

Abb. 2.1

Übersicht über die Messstellen entlang des deutschen Teils der Oder Messstellen Hohensaaten und Eisenhüttenstadt: nur Messung des Abwasserpegels, d. h. keine chemisch-physikalischen Messungen

Quelle: Nationale Expert*innengruppe zum Fischsterben in der Oder unter Leitung des Umweltbundesamtes: Statusbericht, Stand 30.09.2022, Seite 13.

Abb. 2.2 Sauerstoffgehalt in mg/l (schwarz gepunktete Kurve) sowie pH-Wert (graue Kurve) des Oder-Flusswassers, gemessen an der Messstation Frankfurt (Oder) im Zeitraum vom 01.08. bis 24.08.2022. Meldung des Fischsterbens am 09.08.2022: rote Linie.

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

Abb. 2.3 Konzentrationen von Chlorid (Cl), Natrium (Na), Kalzium (Ca), Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Kalium (K) in mg/l im 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: Nationale Expert*innengruppe zum Fischsterben in der Oder unter Leitung des Umweltbundesamtes: Statusbericht, Stand 30.09.2022, Seite 26.

Abb. 2.4 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 **Beschreiben** Sie den Vorgang der Muskelkontraktion ausgehend von einem ankommenden Aktionspotential an einer neuromuskulären Synapse.
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).
14 BE
- III.c **Prüfen** Sie, inwiefern Brevenal und Beta-Naphthoyl-Brevetoxin als therapeutische Gegengifte bei einer Ciguatoxinvergiftung infrage kommen könnten (Material 2 und 3).
6 BE
- III.d **Untersuchen** Sie Material 4 im Hinblick auf die Entstehung des „Kältebrennschmerzes“ (alle Materialien).
10 BE
- III.e **Beurteilen** Sie die Übertragbarkeit der Ergebnisse der Experimente in Material 4 auf den Menschen (alle Materialien).
6 BE

Anlage zur Aufgabe Marine Toxine

Material 1 Ciguatoxine

Quelle: <https://hab.who.edu/species/species-by-name/gambierdiscus/> (letzter Zugriff: 15.05.2023)

Quellen: 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

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 bei verschiedenen Giftkonzentrationen (Abb. 2.1).

- 5 P-CTX-1 gilt als wirksamste und giftigste Form der Ciguatoxine. Es ist bereits bekannt, dass Ciguatoxin unter anderem spannungsabhängige Na^+ -Kanäle beeinflusst.

P-CTX-1 führt zudem zu einer intrazellulären Freisetzung von Ca^{2+} -Ionen im synaptischen Endknöpfchen. Ebenso wird auch ein Na^+ - Ca^{2+} -Antiport (Na^+ - Ca^{2+} -Austauscher durch die Membran) zugunsten der intrazellulären Ca^{2+} -Konzentration umgekehrt.

- 10 Quelle: verändert nach:
Nicholson & Lewis (2006): Ciguatoxins: Cyclic Polyether Modulators of Voltage-gated Ion Channel Function. Marine Drugs 4(3), Seite 82–118. 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 bei unterschiedlichen Konzentrationen von P-CTX-1. **A** Auslösung eines Aktionspotentials vor (Kontrolle: ohne P-CTX-1) und nach Einwirkung von P-CTX-1 mit 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

Ein anderes bekanntes marines Neurotoxin ist Brevetoxin. Brevetoxin bindet an derselben Na^+ -Rezeptorbindungsstelle wie auch Ciguatoxin. Brevetoxinvergiftungen sind Ciguatoxinvergiftungen von den Symptomen her ähnlich, fallen aber deutlich weniger schwerwiegend und lang andauernd aus. Brevetoxin wird von dem marinen Einzeller *Karenia brevis* produziert. Dieser Einzeller produziert aber

5 auch noch eine weitere Substanz: das Brevenal. Forschungsergebnisse zeigen bisher, dass Brevenal beim Menschen nicht toxisch wirkt und Brevetoxin an der Rezeptorbindungsstelle kompetitiv verdrängen kann.

- 10 Eine Forschungsgruppe überprüfte experimentell an bestimmten neurosekretorischen Zellen (aus dem Nebennierenmark von Rindern) die Wirkung von Brevenal und Beta-Naphthoyl-Brevetoxin 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. Beta-Naphthoyl-Brevetoxin ist ein synthetisch hergestelltes Brevetoxin, das eine hohe Strukturähnlichkeit mit dem natürlichen Brevetoxin aufweist.

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: 24.09.2022).

Abb. 3.1 Experiment zur Katecholaminausschüttung an neurosekretorischen Zellen (vom Rind): Vergleich der Wirkung von Brevenal und Beta-Naphthoyl-Brevetoxin unter Ciguatoxineinwirkung. Die Katecholaminausschüttung (in % total) gibt den prozentualen Anteil der Gesamtmenge an Katecholaminen an, die in den Zellen gespeichert ist. Zellen wurden mit Brevenal oder Beta-Naphthoyl-Brevetoxin 15 Minuten vorbehandelt und dann Ciguatoxin ausgesetzt. Einheit μM =Mikromolar gibt die Konzentration der Stoffmenge an; 1 μM = 1 $\mu\text{mol/l}$.

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 schmerzhaftes 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 Ca^{2+} -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, $\text{TRPA1}^{-/-}$). In der unmittelbaren Nähe der TRPA1-Kationenkanäle befanden sich bei den Untersuchungen jeweils spannungsgesteuerte Na^{+} -Kanäle. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass Ciguatoxin nicht direkt an TRPA1-Kanäle 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. Online unter: <https://doi.org/10.1038/emboj.2012.207>. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3463840/> (letzter Zugriff: 24.09.2022)

Abb. 4.1 **A** Kälteüberempfindlichkeit bei Mäusen in Abhängigkeit von der (Haut-)Temperatur bei einer Konzentration von 5 nM P-CTX-1; **B** Kälteüberempfindlichkeit bei Mäusen in Abhängigkeit vom TRPA1-Kanal: wt-Mäuse mit TRPA1-Kanälen; gentechnisch veränderte $\text{TRPA1}^{-/-}$ -Mäuse ohne TRPA1-Kanal (TRPA1-defiziente Mäuse) bei einer Konzentration von 5 nM P-CTX-1 bei 15°C; **A und B**: Die beobachtete Anzahl der Zuckungen wird als schmerzhaftes Verhalten im Hinblick auf einen Kältereiz interpretiert.

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