

Hinweise zu den 4 Runden

1. Runde an Schulen

Ab April 2023, Stichtag der Ergebnismeldung an die/den Landesbeauftragte/n ist der 27.09.2023:

Alle im Fach Biologie begabten und motivierten Schülerinnen und Schüler können mitmachen. Sie sollen in der Lage sein, selbstständig biologische Problemstellungen zu bearbeiten und Lösungsmöglichkeiten korrekt darzustellen. Eine Online-Anmeldung im Portal (www.scienceolympiaden.de) ist für die Teilnahme verpflichtend.

ACHTUNG: Es gibt ein neues Anmeldeportal, für das eine neue Registrierung und Anmeldung notwendig ist.

Die 1. Runde dient der Vorauswahl der 500 bis 600 besten Schülerinnen und Schüler für die 2. Runde.

Anforderungen: Drei aus vier offen gestellten Aufgaben (www.biologieolympiade.info) aus allen Bereichen der Biologie sollen mit Hilfe von Fachliteratur als Hausarbeit gelöst werden. Die Aufgaben liegen oft über dem Niveau des Schulstoffes. Es handelt sich um einen Einzelwettbewerb, bei dem keine Gruppenarbeiten eingereicht werden dürfen.

Bewertung und Ergebnismeldung: Die Arbeit wird von der betreuenden Lehrkraft korrigiert und die Ergebnisse im Portal eingetragen. Die Bestätigung dafür, die im Portal automatisch erstellt wird, soll ausgedruckt und unterschrieben an die oder den zuständigen Landesbeauftragte/n geschickt werden. Zur Vergabe von Bonuspunkten durch die Wettbewerbsleitung für die Jahrgänge 2007 und später ist die Angabe des Geburtsdatums sowie der Abschlussklassenstufe (12 oder 13) besonders wichtig. **Der späteste Ergebnismeldetermin an die Landesbeauftragten ist der 27.09.2023.** Bei freiwilliger Lösung von vier Aufgaben werden die drei besten gewertet (max. 20 P./Aufgabe = max. 60 P. insgesamt).

Anerkennung: Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 1. Runde erhalten eine Urkunde mit Bewertungsbögen. Die Qualifizierten bearbeiten im November 2023 die Klausur der 2. Runde.

2. Runde an Schulen

Ab Oktober bis Ende November 2023:

Die etwa 500 bis 600 besten Schülerinnen und Schüler der 1. Runde sollen theoretische Aufgaben aus allen Gebieten der Biologie im Rahmen einer zweistündigen Klausur unter Fachlehreraufsicht lösen. Die 2. Runde dient der Auswahl der ca. 45 besten Schülerinnen und Schüler für die 3. Runde in Kiel. Nach Möglichkeit und bei entsprechender Leistung sollen hierbei alle Bundesländer zumindest durch die Landessieger vertreten sein.

Anforderungen: 30 Aufgaben als MC (Multiple-Choice)-Fragen und mehrere komplexe Aufgaben aus den Bereichen Cytologie und Biochemie (20%), Anatomie und Physiologie von Mensch und Tier (25%), Genetik und Evolution (20%), Botanik (15%), Ökologie (10%), Systematik (5%), Verhaltensbiologie (5%).

Bewertung: Die Landesbeauftragten korrigieren die Klausuren, die ihnen von den Schulen zugeschickt werden, ab Mitte November im Jahr vor der IBO. Der späteste Abgabetermin bei den Landesbeauftragten ist der 24. November 2023.

Anerkennung: Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 2. Runde erhalten Urkunden und Bewertungsbögen. Die Qualifizierten werden zur 3. Runde eingeladen, die im Februar des Wettbewerbsjahres am IPN in Kiel stattfindet.

Die Landessiegerinnen und Landes-sieger werden je nach Landesvorgaben gesondert prämiert.

3. Runde am IPN in Kiel

Februar 2024, Einladung durch das IPN:

Die Teilnehmenden der 3. Runde sollen in der Lage sein, theoretische und praktische Aufgaben aus allen Gebieten der Biologie unter Klausurbedingungen zu lösen. Die 3. Runde dient der Auswahl der ca. zehn besten Schülerinnen und Schüler für die 4. Runde und zugleich der Vorbereitung auf die Internationale BiologieOlympiade. Diese besondere „Kieler Woche“ umfasst ein Rahmenprogramm mit Informationsveranstaltungen, Trainingskursen und Ausflügen.

Anforderungen: Theorie: 80 Aufgaben als MC (Multiple-Choice)-Fragen und mehrere komplexe Aufgaben aus den selben Bereichen der Biologie wie in der 2. Runde (vier Zeitstunden).

Praxis: Drei komplexe praktische Aufgaben aus drei Gebieten der Biologie im Labor (je 75 min).

Bewertung: Die Klausuren werden am IPN korrigiert. Die Bewertung von Theorie und Praxis erfolgt im Verhältnis 1:1.

Anerkennung: Neben den Urkunden erhalten alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer Buch- oder Geldpreise. Die ca. zehn Besten werden zur 4. Runde eingeladen. Der Förderverein der BiologieOlympiade vergibt Forschungsaufenthalte im In- und Ausland, die vom VBIO mitfinanziert werden.

Kontakt und weitere Informationen

Wettbewerbsleitung PD Dr. Burkhard Schroeter, IPN, Olshausenstraße 62, 24118 Kiel	Sekretariat Daniela Hinrichsen Tel.: 04 31 / 880 31 66 Fax: 04 31 / 880 27 17 E-Mail: ibo@leibniz-ipn.de
--	---

4. Runde am IPN in Kiel

Ende Mai / Anfang Juni 2024, Einladung durch das IPN:

Die etwa zehn besten Schülerinnen und Schüler der 3. Runde sollen in der Lage sein, komplexe praktische und theoretische Aufgaben der Biologie unter Klausurbedingungen zu lösen. Die 4. Runde dient der Auswahl der besten vier Schülerinnen und Schüler (Deutsches Team) und der weiteren Vorbereitung auf die Internationale BiologieOlympiade.

Anforderungen: Theorie: 60 Aufgaben als MC (Multiple-Choice)-Fragen und mehrere Aufgaben aus allen Bereichen der Biologie. Praxis: Eine komplexe mehrstündige praktische Aufgabe sowie kürzere praktische Klausuren aus verschiedenen Gebieten der Biologie.

Bewertung: Die Klausuren (Theorie und Praxis) werden am IPN korrigiert. Die Gewichtung zwischen Theorie und Praxis erfolgt im Verhältnis 1:1.

Anerkennung: Neben den Urkunden werden auch Geldpreise vergeben. Die vier Besten nehmen an der IBO teil. Besonders Talentierte werden zur Aufnahme in die Studienstiftung des deutschen Volkes vorgeschlagen.

Grußworte

Die Bundesministerin für Bildung und Forschung und die Präsidentin der Kultusministerkonferenz laden zu einer Teilnahme an den ScienceOlympiaden, zu denen die BiologieOlympiade gehört, ein.



© Anne Reichenhauer



© Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein



Liebe Schülerinnen und Schüler, liebe Eltern und Lehrkräfte,

die Welt verändert sich. Und es gibt so viel zu tun. Wir müssen beim Klimaschutz vorankommen, die Digitalisierung klug nutzen, Fortschritte in der Medizin erzielen. Ich bin sicher: Wir kriegen das hin. Und warum bin ich sicher: Weil wir Wissenschaft und Forschung haben. Sie schaffen die Grundlagen für Neues, für Innovationen, für Antworten auf die Fragen unserer Zeit, damit wir ein gutes, selbstbestimmtes und gesundes Leben führen können.

Entscheidend ist, dass wir dafür alle unsere kreativen und intellektuellen Reserven aktivieren und vor allem auch junge Leute früh für Naturwissenschaften, für Mathe und Informatik begeistern. Dass sie sich fragen: Wie will ich einmal leben? Und: Was ist mein Talent? Was kann ich beitragen? Denn Deutschland ist ein Wissenschaftsland, das schon oft bewiesen hat, wie wandlungsfähig es ist, wenn es darauf ankommt. Wir haben so viele kreative Menschen – Menschen, die sich für Neues begeistern.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung engagiert sich darum seit vielen Jahren dafür, dass Kinder und Jugendliche die sogenannten MINT-Fächer und deren Möglichkeiten für sich entdecken. Auch die Förderung verschiedener Schüler- und Jugendwettbewerbe gehört dazu: die naturwissenschaftlichen Wettbewerbe, die ScienceOlympiaden und der Bundesumweltwettbewerb – alle organisiert vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Ich ermuntere alle jungen Menschen dazu, bei den Wettbewerben mitzumachen. Es lohnt sich. Jedes Jahr melden sich bundesweit rund 10.000 Schülerinnen und Schüler ab der 5. Klasse an. Sie lösen knifflige Aufgaben, machen neue Erfahrungen und treffen interessante Menschen. Sie entwickeln das weiter, was in ihnen steckt, was ihnen Freude macht – und das jenseits des Schulalltags.

Liebe Leserinnen und Leser, ich lade Sie ein: entdecken auch Sie die ScienceOlympiaden und den Bundesumweltwettbewerb. Erobern Sie sie. Weil es Spaß macht. Und gut ist: für Sie und für uns alle.

B. Stark-Watzinger

Bettina Stark-Watzinger
Mitglied des Deutschen Bundestages,
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Astrid-Sabine Busse

Astrid-Sabine Busse
Präsidentin der Kultusministerkonferenz 2023

35. Internationale BiologieOlympiade 2024



Astana, Kasachstan

Hier geht es zur Anmeldung:
www.biologieolympiade.info

Liebe Schülerinnen und Schüler, liebe Eltern, liebe Lehrerinnen und Lehrer,

Kinder lernen ihre Welt zu verstehen, indem sie beobachten, entdecken, ausprobieren und begreifen. Schon sehr früh begeistern sie sich für Naturphänomene und Experimente – zu Hause in gewohnter Umgebung oder draußen in der Natur.

„Warum ist das so?“ – diese Frage beschäftigt ein Kind, wenn es sich intensiver mit biologischen, chemischen oder physikalischen Phänomenen befasst. Und diese Frage stellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Beginn jedes Forschungsprojekts. Die Lust, Neues zu entdecken und Dingen auf den Grund zu gehen, wollen wir in Unterricht und Schule nach Kräften fördern.

Eltern, Erzieherinnen und Erzieher sowie Lehrkräfte können maßgeblich dazu beitragen, dieses Nachfragen, Ausprobieren und Experimentieren zu begleiten und zu vertiefen. Die ScienceOlympiaden unterstützen dieses Engagement auf vorbildliche Weise. Jedes Jahr nehmen mehr als 10.000 Schülerinnen und Schüler an den sechs naturwissenschaftlichen Wettbewerben des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel teil.

Dabei geht es auch ums Gewinnen. Und Wettbewerbe wie die ScienceOlympiaden motivieren Jahr für Jahr zu außergewöhnlichen Leistungen. Aber der gegenseitige Austausch und das Vernetzen untereinander sind viel entscheidender. Wer daran teilnimmt, kann seine Kenntnisse und Fähigkeiten vertiefen, Kontakte knüpfen und tolle Erfahrungen sammeln.

Die Kultusministerkonferenz unterstützt die Anliegen und Ziele der ScienceOlympiaden nachdrücklich. Wir brauchen Menschen, die sich mit Begeisterung und fundierten Fachkenntnissen den wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft stellen. Wir brauchen junge Talente in den Laboren und Forschungseinrichtungen, in der Softwareentwicklung, im Umweltbereich und last but not least als künftige MINT-Lehrkräfte in unseren Schulen.

Den Fachlehrkräften in den Schulen und dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel danke ich für ihr großartiges Engagement. Und allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern wünsche ich Erfolg, vor allem aber viel Spaß im Wettbewerb!

Schülerinnen und Schüler

Zur Anmeldung für die Teilnahme an der 1. Runde der Internationalen BiologieOlympiade 2024 registrieren Sie sich bitte zusammen mit Ihrer Betreuungslehrkraft unter www.biologieolympiade.info. Dort finden Sie alle Infos zur Teilnahme. Wichtig: Von den vier Aufgaben müssen nur drei bearbeitet werden. Und: Bitte vereinbaren Sie mit Ihrer Betreuungslehrkraft einen Abgabetermin für Ihre gelösten Aufgaben. Ihre Betreuungslehrkraft muss die Ergebnisse bis spätestens **27.09.2023** im Portal der ScienceOlympiaden eingetragen haben, damit sie gewertet werden können.

Lehrerinnen und Lehrer

Bitte übernehmen Sie die Betreuung Ihrer Schülerin/Ihres Schülers bei der 1. Runde der Internationalen BiologieOlympiade 2024. Dazu melden Sie sich bitte unter www.biologieolympiade.info für den Wettbewerb IBO 2024 an. Sie erhalten dann ein Lösungsblatt vom IBO-Sekretariat, mit dem Sie die Lösungen Ihrer Schülerinnen und Schüler bewerten können. Bitte tragen Sie Ihre Bewertung bis spätestens **27.09.2023** im Portal ein und bestätigen Sie Ihren Punkteeintrag bei Ihrer/Ihrem Landesbeauftragten. Ausführliche Hinweise finden Sie auf Seite 5 dieses Aufgabenblatts und auf der Webseite der IBO.



Die Aufgaben der 1. Runde

AUFGABE 1

Alles so schön bunt hier!

(Biochemie, Botanik)

Wie farblos wäre die Welt ohne Pflanzenfarbstoffe.

- a) Rotes Laub gibt es nicht nur im Herbst. Können die ganzjährig roten Blätter sogenannter Blutvarianten auch Fotosynthese betreiben? Vergleichen Sie die Zusammensetzung der Blattfarbstoffe roter Laubblätter (z.B. von Blutbuchen) mit denen grüner Laubblätter. Führen Sie dazu folgenden Chromatografieversuch durch.



Beachten Sie die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen und führen Sie das Experiment unter Aufsicht einer Lehrkraft unter einem Abzug oder bei offenem Fenster durch.

Zerreiben Sie jeweils fünf frische Laubblätter in einem Mörser mit einem Teelöffel feinem Sand (z.B. Vogelsand) und ca. 10 mL Brennspiritus (Ethanol). Filtrieren Sie den Extrakt. Schneiden Sie ein weißes Filterpapier in ca. 10 cm lange Streifen. Tauchen Sie ein Ende in den Extrakt, sodass dieser etwa 1 cm weit in das Papier gesogen wird, lassen Sie das Papier trocknen und wiederholen Sie diesen Vorgang zweimal. Stellen Sie dann dasselbe Ende des Streifens in ein Gefäß, das ca. 0,5 cm hoch mit Isopropanol als Laufmittel gefüllt ist. Entfernen Sie den Papierstreifen, wenn das Laufmittel das obere Ende des Streifens erreicht hat, und lassen Sie ihn anschließend trocknen. Fertigen Sie ein Protokoll inklusive Arbeitshypothese an, dokumentieren Sie Ihre Beobachtungen auch fotografisch und erklären Sie diese. (7 Punkte)

- b) Beschreiben und erklären Sie, welche Ergebnisse Sie erwarten würden, wenn Sie für das in Aufgabenteil a) durchgeführte Experiment rotes Herbstlaub anstelle der roten Blutblätter verwendet hätten. (2 Punkte)
- c) Die frischen Triebe vieler Bäume und Sträucher weisen im Frühjahr eine auffallend rote Färbung auf und werden im Verlauf des Jahres grün. Einige Sorten wie die Blutbuche erhalten die rote Färbung das ganze Jahr über aufrecht. Erläutern Sie diese Phänomene und nennen Sie je einen Vor- und Nachteil einer anhaltenden Rotfärbung für die Pflanze. (4 Punkte)
- d) Die verschiedenen Gruppen von Pflanzenfarbstoffen haben nicht nur unterschiedliche Funktionen in Pflanzen, sondern auch für die Tiere, die sich davon ernähren. Beschreiben Sie, wie Chlorophylle und Carotinoide in herbivoren Säugetieren weiter verstoffwechselt werden können. (2 Punkte)
- e) Pflanzenfarbstoffe gehören zu den häufigsten Zusatzstoffen in Lebensmitteln. Diese können als Zusätze in Tierfutter, fertigen Produkten oder durch genetisch veränderte Pflanzen (z.B. die Reissorte 'Golden Rice') in Nahrungsmitteln angereichert werden. Diskutieren Sie den Zusatz dieser Farbstoffe zu Nahrungsmitteln. (5 Punkte)

AUFGABE 2

Nicht in den sauren Apfel beißen?

(Botanik, Biochemie, Ökologie)

Äpfel, die zur Familie der Rosengewächse gehören, sind nicht nur gesund, sondern bieten auch viel Spannendes.

- a) Obstkundler gehen davon aus, dass es im 19. und 20. Jahrhundert über 2000 Apfelsorten im deutschsprachigen Raum gab. Erfassen Sie in vier Geschäften, welche Apfelsorten (inkl. Herkunftsland) erhältlich sind. Erklären Sie die Entstehung der unterschiedlichen Färbung der vorgefundenen Apfelsorten und benennen Sie die Farbstoffe. (4 Punkte)
- b) Eine genaue Bestimmung des Reifegrads von Äpfeln ist für die Ernte zum direkten Verzehr oder die Langzeitlagerung wichtig. Ein Merkmal ist der Stärkeabbau-Wert. Führen Sie an drei Äpfeln verschiedener Sorten den Jod-Stärke-Test durch und fertigen Sie ein Protokoll (inkl. Foto-Dokumentation) an. Bewerten Sie Ihre Ergebnisse nach der Farbschablone von Dr. Streif.

Nennen Sie zwei weitere messbare Merkmale des Reifegrades und beschreiben Sie deren Bestimmungsmethode. (7 Punkte)

- c) Wenn man eine Eichel in einen Blumentopf mit Erde steckt, wächst bei Raumtemperatur daraus ein Pflänzchen. Beim Apfelkern funktioniert das jedoch nicht. Erklären Sie dieses Phänomen. Beschreiben Sie das Vorgehen, um ein Apfel-Pflänzchen aus Apfelkernen zu ziehen. Die entstehende Apfelsorte, die das Pflänzchen tragen würde, ist meist nicht identisch mit der Sorte des Apfels, von dem der Kern stammt. Begründen Sie. (3 Punkte)
- d) Erklären Sie, warum Apfelkerne trotz des Gehalts einer Gift-Vorstufe von Erwachsenen bedenkenlos mitgegessen werden können. (2 Punkte)
- e) Nennen Sie insgesamt mind. vier Vor- bzw. Nachteile des Anlegens von Streuobstwiesen gegenüber dem modernen Plantagenanbau. Berücksichtigen Sie die ökologische, ökonomische und ernährungsphysiologische Sicht. (4 Punkte)



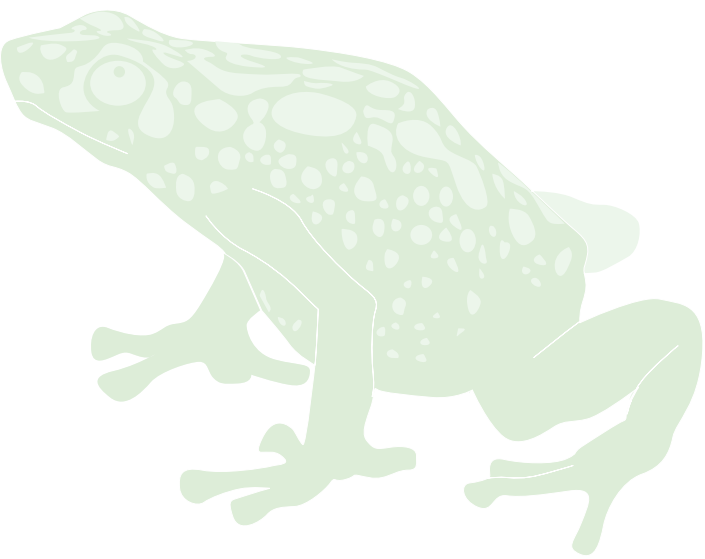
AUFGABE 3

Lernen fürs (Über-) Leben

(Zoologie, Ökologie)

Unser Gehirn hat Billionen von Synapsen, die das Lernen – nicht nur für die Schule – ermöglichen. Auch für Artenschutz und zur Bekämpfung von Seuchen kann Lernen entscheidend sein.

- a) In einem Versuch soll überprüft werden, ob einfach gebaute Lebewesen wie Landplanarien lernen können. In einem Becken, dessen Bodenoberfläche zur Hälfte rau und zur anderen Hälfte glatt ist, bevorzugen die Tiere keinen der beiden Böden. Planen Sie einen Versuch zur Überprüfung der Lernfähigkeit von Planarien, eine bestimmte Bodenart zu meiden oder zu bevorzugen. (4 Punkte)
- b) Obwohl Ratten reinliche Tiere sind, verbreiten die wildlebenden Tiere gefährliche Krankheitserreger, früher z.B. Pestbakterien, heute häufig Leptospiren und Hantaviren. Zudem richten sie Fraßschäden an. Daher werden zu ihrer Eindämmung u.a. Rattengifte (Rodentizide) eingesetzt. Ratten zeigen jedoch zur Vermeidung von Giften eine hohe Lernfähigkeit. An jedem neuen Futter nagen sie zunächst nur wenig und fressen erst, wenn es sich als genießbar erweist, in den folgenden Nächten allmählich mehr davon. Versuche zeigten, dass Ratten tatsächlich richtig Assoziationen herzustellen. Beschreiben Sie, durch welche zwei Maßnahmen man diese enorme Lernleistung der Ratten im Kampf gegen sie umgehen kann. Bewerten Sie den Einsatz von Rattengift unter ökologischen Gesichtspunkten. Nennen Sie drei Alternativen zum Gifteinsatz. (6 Punkte)
- c) Erklären Sie, wie dieses Wissen der Verhaltensforschung auch beim Menschen zur Vermeidung von Rückfällen bei Suchterkrankungen wie z. B. bei Alkoholabhängigkeit, eingesetzt werden kann. (1 Punkt)
- d) Leicht vergiftete Köder können mit dem Ziel einer „konditionierten Geschmacksaversion“ auch im Artenschutz eingesetzt werden. Erläutern Sie, wie das Aussetzen kleiner giftiger Aga-Kröten in Australien gefährdete Raubtiere wie Marder, Warane und Krokodile schützen soll. (3 Punkte)
- e) Aga-Kröten produzieren als Hautsekret Bufotoxin. Erklären Sie die Wirkungsweise dieses sowie der folgenden weiteren Neurotoxine: Atropin, Tetrodotoxin, Sarin. (2 Punkte)
- f) Neben chemischen Synapsen, an denen viele Nervengifte angreifen, gibt es auch elektrische Synapsen, die zuerst beim Kugelfisch entdeckt wurden. Begründen Sie, welcher Synapsentyp ein Lernen auf neuronaler Ebene ermöglicht. Vergleichen Sie die Synapsentypen in mindestens drei weiteren Aspekten. Nennen Sie zwei Beispiele des Vorkommens elektrischer Synapsen beim Menschen. (4 Punkte)



AUFGABE 4

Unsere liebe Verwandtschaft

(Genetik, Evolutionsbiologie)

Der Nobelpreis für Physiologie oder Medizin ging 2022 an den schwedischen Wissenschaftler SVANTE PÄÄBO (Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig) für dessen Arbeiten auf dem Gebiet der Paläogenetik. Er arbeitete viele Jahre an der Extraktion und Analyse genetischen Materials aus den Überresten prähistorischer Menschenpopulationen wie den Neandertalern.

- a) Eine von SVANTE PÄÄBOs bedeutendsten Entdeckungen war die erfolgreiche Extraktion und Amplifikation genetischen Materials (sog. „alter DNA“ = aDNA) aus einer ägyptischen Mumie. Erklären Sie zwei grundsätzliche Probleme, welche die Analyse von aDNA aus Jahrhunderte bis Jahrtausende alten Proben erschweren. (2 Punkte)
- b) Die Sequenzierung ganzer Genome aus relativ geringen DNA-Mengen ist nur aufgrund des sog. *next generation sequencing* möglich, DNA-Sequenzierungsmethoden mit hohem Durchsatz, Tempo und hoher Effizienz. Die erste Sequenzierung des humanen Genoms wurde mit der Methode der *Shotgun-Sequenzierung* erreicht. Beschreiben Sie das grundlegende Funktionsprinzip dieser Sequenzierung ausgehend von einer Gewebeprobe. (3 Punkte)
- c) Heutzutage übernehmen Computerprogramme das Zusammensetzen sequenzierter DNA-Fragmente, das sogenannte *genome assembly*. Das folgende Modell-experiment (<https://www.scienceolympiaden.de/ibo/material/aktuelle-aufgaben>) soll dieses Prinzip demonstrieren. Bearbeiten Sie dazu den auf der Homepage der BiologieOlympiade erhältlichen Anhang (*Ausdruck oder digital*). Geben Sie die Anzahl an Buchstaben in der längsten eindeutig zusammensetzenden Sequenz an (*longest read*) und dokumentieren Sie diese fotografisch. Erklären Sie die Schwierigkeiten, die beim Zusammensetzen dieser Sequenz auftraten und schlagen Sie entsprechende Möglichkeiten zur Optimierung vor. (5 Punkte)



- d) Im Gegensatz zu dem Beispiel aus Aufgabe c) besteht die DNA nur aus vier unterschiedlichen Basen. Erklären Sie drei Probleme, die sich dadurch für das *genome assembly* von DNA-Genomen ergeben und geben Sie an, welche Stellen im humanen Genom dadurch besonders ungenau zusammengesetzt sind. Berechnen Sie, um wie viele Basen die sequenzierten Fragmente mindestens überlappen müssen, damit die überlappende Sequenz in einem humanen Genom von 3,1 Gigabasen Größe statistisch gesehen nur ein einziges Mal vorkommt. (6 Punkte)

- e) Im Jahr 2010 proklamierte PÄÄBOs Arbeitsgruppe die Entdeckung einer bisher unbekannten Menschenform anhand der genetischen Information aus einem Fingerknochen, die nach dem Entdeckungsort der Knochen als Denisova-Mensch benannt wurden. Das folgende Diagramm zeigt die Ergebnisse eines Vergleichs der mitochondrialen DNA aus modernen Menschen mit Neandertaler- und Denisova-DNA, sowie untereinander. Angegeben sind jeweils die Mittelwerte mit Standardabweichung. Sternchen markieren einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen zwei Datensätzen. Werten Sie die Grafik aus. Ziehen Sie Schlussfolgerungen und nennen Sie Einschränkungen hinsichtlich gesicherter Aussagen zu den Verwandtschaftsbeziehungen der Menschen. Begründen Sie die Verwendung mitochondrialer DNA für die Analyse. (4 Punkte)

