

10th International Junior Science Olympiad
in Pune, Indien

IJSO 2013
Aufgaben der 1. Runde

Internationale JuniorScienceOlympiade



OHNE SCHWEISS - KEIN PREIS

Das Herz-Kreislauf-System ist gewissermaßen der Motor unseres Körpers. Das Herz schlägt permanent und pumpt Blut durch unsere Gefäße. Der Puls kann an einigen Körperstellen, sogenannten Pulspunkten, besonders gut gefühlt werden. Im Alltag wird der Puls meist am Unterarm gemessen ...



Wettbewerbsleitung

PD Dr. Heide Peters
IPN an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Frau Nöhren
0431/880-4539
sekretariat@ijsa.info

Lösungen und Bewertungsvorschläge zur 1. Runde im Bundesdeutschen Auswahlverfahren zur 10th International Junior Science Olympiad IJSO 2013 in Pune, Indien

**Nur für die betreuenden Lehrerinnen und Lehrer
sowie die Landesbeauftragten**

Bitte geben Sie diese Lösungen nicht vor Anfang April 2013 an Schülerinnen und Schüler weiter.

Liebe Fachlehrerinnen und Fachlehrer,

Ohne Ihre Betreuung der Teilnehmenden im Wettbewerb und ohne Ihre Korrektur der Ausarbeitungen wäre es uns nicht möglich, das Auswahlverfahren für die Internationale JuniorScienceOlympiade in dieser Form durchzuführen. Wir bedanken uns sehr herzlich für Ihr Engagement.

Auch in diesem Jahr möchten wir Sie wieder darum bitten, Ihre Schülerinnen und Schüler zur Teilnahme anzuregen und die bei Ihnen eingereichten Ausarbeitungen anhand des beigefügten Erwartungshorizontes zu bewerten.

Wir freuen uns sehr über Ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern viel Erfolg. Noch einmal herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

Ihr IJSO-Team
am IPN der Universität Kiel

Hinweise zur Bewertung

Gemäß den Gepflogenheiten bei den Internationalen ScienceOlympiaden sollte nur die Richtigkeit der Lösung bewertet werden, nicht die Sauberkeit der Ausarbeitung und der sprachliche Ausdruck. Die angegebenen Punktzahlen beziehen sich auf den von uns ausgearbeiteten Lösungsweg. Bei anderen Lösungswegen muss die Bewertung sinngemäß abgeändert werden, wobei die Gesamtpunktzahl pro Aufgabenteil beizubehalten ist.

Getrennt von der Musterlösung erhalten Sie eine Kopiervorlage für einen *Bewertungsbogen*. Dieses Formular ist für Ihren eigenen Gebrauch bestimmt. Bitte füllen Sie dieses Formular für alle Ihre teilnehmenden Schülerinnen und Schüler aus und bewahren Sie dieses Blatt zusammen mit deren Ausarbeitungen mindestens bis zum Abschluss des Wettbewerbsjahres am 31.12.2013 auf.

Abgabe der Schülerarbeiten und Anmeldung zum Wettbewerb

Ihre Schülerinnen und Schüler müssen sich bis **spätestens 28. Februar 2013** unter www.ijso.info zum Wettbewerb anmelden. Auch Sie als betreuende Lehrkraft müssen sich im Online-Portal für den Wettbewerb registrieren. Bitte geben Sie Ihren Betreuercode (nicht Ihr Passwort) an Ihre Schülerinnen und Schüler weiter.

Bis 28. Februar 2013 müssen die Schülerinnen und Schüler ihre Ausarbeitungen zusammen mit dem bei der *online*-Anmeldung erzeugten Formular inklusive unterschriebener Schülererklärung bei Ihnen zur Bewertung abgeben.

Übermittlung der Bewertungsergebnisse

Teilen Sie uns bitte die Bewertungsergebnisse Ihrer Schülerinnen und Schüler aus der ersten IJSO-Runde über unser Online-Portal mit. Weitere Informationen zum Prozedere erhalten Sie von uns Mitte Februar per E-Mail.

Im Zuge der *online*-Meldung der Bewertungsergebnisse wird ein Formular mit den von Ihnen eingegebenen Ergebnissen erzeugt. Drucken Sie dieses Blatt bitte aus, unterschreiben Sie die zugehörige Erklärung und schicken Sie das Formular **spätestens am 28. März 2013 an den für Ihr Bundesland zuständigen IJSO-Landesbeauftragten** (nicht an das IPN). Die Adresse finden Sie unter www.ijso.info. Sollte es Probleme mit der *online*-Übermittlung Ihrer Bewertungsdaten geben, schreiben Sie bitte an sekretariat@ijso.info.

Weiterer Ablauf im Wettbewerbsjahr

Anfang *Mai 2013* verschicken wir **an Ihre Schulleitung** Schulzertifikate und **Teilnahmeurkunden** für die erste Runde. Auch Sie als betreuende Lehrkraft erhalten von uns eine Urkunde, die Ihnen von der Schulleitung übergeben wird.

Haben sich Schülerinnen und Schüler für die 2. Runde der IJSO qualifiziert, erhalten **Sie als betreuende Lehrkraft Ende April** von uns **Wettbewerbsunterlagen zur zweiten Runde**. Diese enthalten weitere Informationen, Vordrucke für eine eidesstattliche Erklärung sowie versiegelte Umschläge mit der Klausur. Die Schülerinnen und Schüler müssen die Klausur spätestens bis 17. Mai 2013 bearbeiten. Für Brandenburg gibt es einen zentralen Klausurtermin am 7. Mai 2013.

Bitte stimmen Sie an Ihrer Schule im Kollegium und mit allen teilnehmenden Schülerinnen und Schülern einen gemeinsamen Klausurtermin ab. Erst zu diesem Termin dürfen Sie die versiegelten Umschläge mit der Klausur an die Schülerinnen und Schüler weiterreichen. Nur die Schülerinnen und Schüler sind berechtigt, zu Klausurbeginn den persönlich an sie adressierten und versiegelten Umschlag zu öffnen.

Nach Abschluss der Klausur schicken Sie bitte die **unbewerteten** Bearbeitungen Ihrer Schülerinnen und Schüler zusammen mit den eidesstattlichen Erklärungen **auf dem Postweg an den zuständigen Landesbeauftragten**. Ein- sendefrist ist der 17. Mai 2013. Die Bewertung der Klausuren erfolgt ebenfalls über die IJSO-Landesbeauftragten. Die Bewertungsergebnisse zur 2. Runde werden bundesweit im Laufe des Juli 2013 mitgeteilt.

BEWERTUNGSSCHEMA

Erreichbare Punktezahl 40,0 Punkte

Aufgabe 1 - Pulsmessung , Belastung bei sportlicher Betätigung				Punkte	
1a)	Skizze Pulsmessung		0,5 P	1,5 P	17,0 P
	2 Eigenschaften, die Pulspunkt auszeichnen		1,0 P		
1b)	Arbeitsanleitung Pulsmessung		2,0 P	3,5 P	
	Begründung für Wahl eines geeigneten Zeitintervalls		1,5 P		
1c)	Experiment - Darstellung Messwerte	Tabelle mit eigenen Messdaten	5,0 P	9,0 P	
		Balkendiagramm	4,0 P		
1d)	Experiment - Interpretation der Ergebnisse	Beschreibung	1,0 P	3,0 P	
		Schlussfolgerungen	1,0 P		
		Erklärung	1,0 P		
Aufgabe 2 - Muskelarbeit und Wärme				Punkte	
2a)	Verbrennung von Glucose	2 Edukte, 2 Produkte	1,0 P	2,0 P	11,0 P
		Reaktionsschema	1,0 P		
2b)	Kühlung	2 Strategien	1,0 P	2,0 P	
		2 Prinzipien	1,0 P		
2c)	Berechnung der Temperaturänderung ΔT		4,0 P	4,0 P	
2d)	Berechnung Verlust an Körperflüssigkeit in %		3,0 P	3,0 P	
Aufgabe 3 - Isotonische Sportgetränke				Punkte	
3a)	Leistungsminderung bei sportlicher Dauerbelastung	3 Faktoren für Leistungsminderung	1,5 P	3,0 P	12,0 P
		Körperliche Symptome	1,5 P		
3b)	Fall: Freizeitsport - Joggen Johanna, Getränkeempfehlung	Wahl geeignetes Sportgetränk (Diskussion)	3,0 P	5,5 P	
		Resümee-Begründete Empfehlung	1,0 P		
		Kritische Reflexion "isotonisch"	1,5 P		
3c)	Fall: Dauersportler bei extremer Belastung	Geeignete Getränkewahl für Marathonlauf	1,0 P	3,5 P	
		Physiologische Anforderungen	2,5 P		

Aufgabe 1

17,0 Punkte

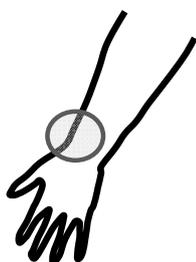
Das Herz-Kreislauf-System ist gewissermaßen der Motor unseres Körpers. Das Herz schlägt permanent und pumpt Blut durch unsere Gefäße. Der Puls kann an einigen Körperstellen, sogenannten Pulspunkten, besonders gut gefühlt werden. Im Alltag wird der Puls meist am Unterarm gemessen.

1a) Fertige eine einfache Skizze von Unterarm und Hand an. Markiere die Stelle, an welcher der Puls am besten zu ertasten ist, und nenne zwei Eigenschaften, die einen guten Pulspunkt auszeichnen.

1,5 Punkte

Pulspunkt - Korrekte Skizze:

[1,0 P]



Zwei Eigenschaften: Je Eigenschaft [0,25 P];

gesamt max. [0,5 P]

Puls kann überall dort getastet werden, wo

- eine Arterie oberflächlich verläuft.
- das Blutgefäß gegen eine harte Unterfläche gedrückt werden kann.

1b) Formuliere eine knappe, aber präzise Arbeitsanleitung, wie du eine Pulsmessung am Unterarm durchführst. Begründe die Wahl deines Messzeitraums.

3,5 Punkte

Arbeitsanleitung: Bewertungskriterien: präzise Formulierung, logische Reihenfolge

[2,0 P]

Exemplarisch ein Beispiel einer Belastungspulsmessung:

- Unterbreche zum Puls messen das Training. Beginne unmittelbar nach der Belastungsunterbrechung mit der Pulsbestimmung, da der Puls nach der Belastung in Ruhe schnell abfällt.
- Suche deinen Puls am Handgelenk.
- Beginne mit dem Zählen der Herzschläge, wenn du den Puls deutlich spürst. Verwende zur Zeitmessung eine Stoppuhr oder eine Uhr mit Sekundenzeiger.
- Zähle deine Herzschläge über einen Zeitraum von 15 Sekunden mit einer Stoppuhr bzw. dem Sekundenzeiger deiner Uhr. Multipliziere diesen Wert mit 4; das ergibt die Zahl der Pulsschläge pro Minute.

Exemplarisch ein Beispiel einer Ruhepulsmessung:

- Suche deinen Puls am Handgelenk. Lege dazu dein rechtes Handgelenk in die geöffnete linke Hand (so dass du die Handinnenseite der rechten Hand sehen kannst) und ertaste mit deinem Finger den Pulsschlag in der Nähe der harten Sehne. Falls du nichts spürst, rutsche am Handgelenk etwas weiter Richtung Unterarm bzw. Handgelenk oder drücke etwas fester auf.
- Beginne mit dem Zählen der Herzschläge, wenn du den Puls deutlich spürst. Verwende zur Zeitmessung eine Stoppuhr oder eine Uhr mit Sekundenzeiger.
- Zähle deine Herzschläge über einen Zeitraum von 15 Sekunden mit einer Stoppuhr bzw. dem Sekundenzeiger deiner Uhr. Multipliziere diesen Wert mit 4; das ergibt die Zahl der Pulsschläge pro Minute.

Begründung für Wahl des Zeitintervalls:

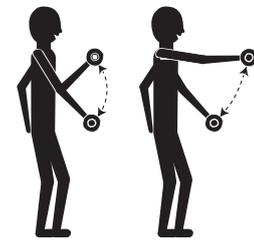
[1,5 P]

- Das Zeitintervall für die Pulsmessung sollte für alle Einzelmessungen gleich gewählt werden.
- Will man den Belastungspuls bestimmen, sollte das Zeitintervall maximal 10 bis 15 Sekunden betragen, da die Herzfrequenz in den ersten Sekunden nach Belastung rapide abnimmt.
- Wählt man einen deutlich kürzeres Zeitintervall, vergrößert sich (wegen des Multiplikationsfaktors) die Messungenauigkeit.

Bevor du mit dem eigentlichen Experiment beginnst, solltest du deinen Puls schnell und sicher fühlen können. Das kann etwas Übung erfordern. Trainiere deshalb den Ablauf der Messung an deinem Ruhepuls - also dem Puls, den du im entspannten Zustand hast - bis du zu wiederholbaren Messergebnissen kommst.

EXPERIMENT

Suche dir drei Gegenstände mit Massen von etwa 0,5 Kilogramm, 1,0 Kilogramm und 1,5 Kilogramm (z.B. Wasserflaschen). Bestimme zunächst deinen Ruhepuls. Nimm dann den leichtesten Gegenstand in die Hand, beuge und strecke den Arm eine Minute lang (Skizze 1). Miss direkt im Anschluss deinen Belastungspuls. Bevor du die Messung wiederholst, warte einige Minuten, bis sich der Ruhepuls wieder einstellt. Bilde jeweils einen Mittelwert aus drei Messungen. Wiederhole den Versuch mit den Massen 1,0 bzw. 1,5 Kilogramm.



Skizze 1 Skizze 2

Führe anschließend das gleiche Experiment mit den drei unterschiedlichen Massen erneut durch, dieses Mal jedoch mit einer Bewegung ausschließlich im Schultergelenk (Skizze 2). Bewege dazu den Arm locker gestreckt auf und ab.

1c) Notiere deine Messergebnisse in einer Tabelle und stelle deine Messdaten in geeigneter Form in einem Balkendiagramm dar.

9,0 Punkte

Tabelle mit Messdaten: Pro Bewegungsart [2,5 P]

gesamt max. [5,0 P]

Masse	Bewegung im Ellbogengelenk		Bewegung im Schultergelenk	
	Ruhepuls (vor Belastung)	Belastungspuls	Ruhepuls (vor Belastung)	Belastungspuls
0,5 Kilogramm	70	72	72	76
	71	73	70	76
	72	72	69	73
Mittelwert	71	72	70	75
1,0 Kilogramm	70	81	72	88
	72	83	72	82
	73	77	70	87
Mittelwert	72	80	71	86
1,5 Kilogramm	70	88	68	92
	70	95	72	96
	73	87	69	96
Mittelwert	71	90	70	95

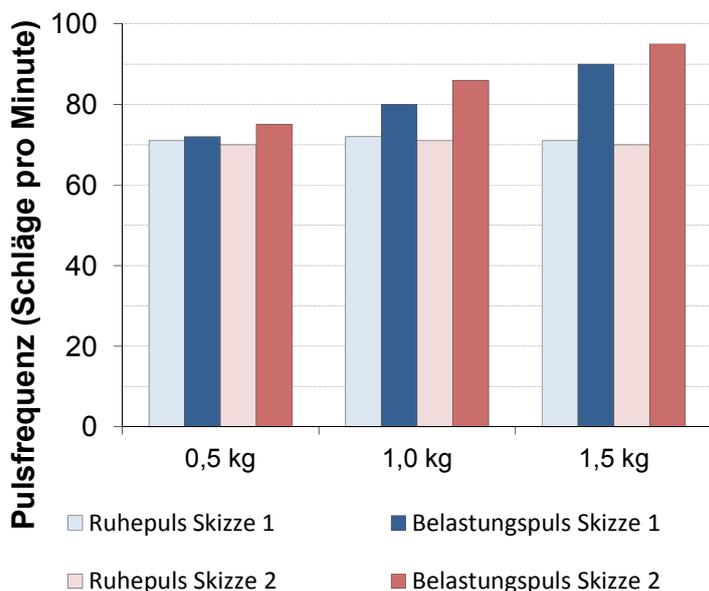
Hinweis zur Bewertung: Die Messdaten sind nur exemplarisch zu verstehen. So kann der Ruhepuls von Person zu Person deutlich variieren: unser Proband hat einen relativ niedrigen Puls. Pulsfrequenzen von 80 Schlägen pro Minute liegen bei Jugendlichen im Normbereich. Nicht bei allen Probanden zeigt sich bei der Bewegung nach Skizze 1 bei einer bewegten Masse von 0,5 kg ein signifikanter Unterschied gegenüber dem Ruhepuls. Bei einigen Probanden war ein leichter Anstieg des Ruhepulses im Verlauf der Durchführung des Experiments zu beobachten. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Bewegungen mit verschiedenen Massen mit der gleichen Frequenz ausgeführt werden. Häufig neigen die Probanden dazu, die Bewegung bei einer Masse von 0,5 kg schneller auszuführen als bei einer Masse von 1,0 oder 1,5 kg. Abweichende Messergebnisse werden akzeptiert, solange eine plausible Erklärung angeboten wird.

Balkendiagramm

gesamt max. [4,0 P]

- angemessene Diagrammgröße [1,0 P]
- Übersichtlichkeit der Darstellung beider Messreihen in einem Diagramm [1,0 P]
- vollständige Achsenbeschriftung [1,0 P]
- korrekte Darstellung von Balkenbreite und -höhe [1,0 P]

Balkendiagramm zu Aufgabe 1c)



1d) Beschreibe deine Messergebnisse und ziehe daraus Schlussfolgerungen. Gib eine Erklärung für die Zusammenhänge, die sich aus den Messungen ableiten lassen.

3,0 Punkte

Beschreibung:

[1,0 P]

Die Pulsfrequenz vor Beginn der Anstrengung liegt jeweils bei etwa 70 Schlägen pro Minute. Bei einer einminütigen Bewegung im Ellbogengelenk beträgt der Belastungspuls in Abhängigkeit von der bewegten Masse durchschnittlich 72 Schläge pro Minute bei 0,5 Kilogramm, 80 Schläge pro Minute bei 1,0 Kilogramm und 90 Schläge pro Minute bei einer Masse von 1,5 Kilogramm. Bei einer einminütigen Bewegung im Schultergelenk steigt die Pulsfrequenz ebenfalls mit zunehmender Masse. Die Messwerte betragen durchschnittlich 75 Schläge pro Minute bei 0,5 Kilogramm, 86 Schläge pro Minute bei 1,0 Kilogramm und 95 Schläge pro Minute bei 1,5 Kilogramm.

Schlussfolgerungen:

[1,0 P]

- Die Pulsfrequenz steigt bei Belastung bzw. Anstrengung.
- Bei gleicher Bewegungsart steigt die Pulsfrequenz gegenüber dem Ruhepuls stärker, wenn mehr Masse bewegt wird. Das ist für eine Bewegung nach Skizze 2 ebenso zu beobachten wie bei der Bewegung nach Skizze 1.
- Bei gleicher bewegter Masse steigt die Pulsfrequenz stärker, wenn der gestreckte Arm bewegt (Bewegung nach Skizze 2) wird. Es besteht also auch eine Abhängigkeit von der Art der Belastung bei verschiedenen Bewegungsabläufen.

Erklärung:

[1,0 P]

Bei der Bewegung von mehr Masse muss mehr Kraft aufgewendet werden. Mehr innervierte Muskelfasern benötigen somit mehr Energie und müssen stärker mit Blut versorgt werden als bei einer geringeren Belastung. Deshalb steigt die Pulsfrequenz bei der Bewegung von größeren Massen stärker an.

Hinweis zu Bewertung:

Die Veränderung der potentiellen Energie sollte in beiden Fällen gleich sein, da der Höhenunterschied bei beiden Bewegungsabläufen gleich ist (vgl. Skizzen 1 und 2). Als mögliche Hypothese für eine Abhängigkeit des Belastungspulses von der Bewegungsart könnte angeführt werden, dass die Anzahl/Menge der beanspruchten Muskel(faser)n unterschiedlich ist.

Die physiologischen Zusammenhänge sind jedoch auch bei dieser einfachen Versuchsanordnung schon komplex, so dass wir uns bei der Bewertung ausschließlich auf die in beiden Versuchsteilen eindeutig zu beobachtende Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der bewegten Masse beschränken.

Aufgabe 2

11,0 Punkte

Der Körper verbrennt Nährstoffe wie Kohlenhydrate (z. B. Glucose), Fett und Eiweiß. Ein Teil der zur Verfügung gestellten Energie kann für die Muskelkontraktion genutzt werden und ermöglicht es dem Menschen sich zu bewegen. Jedoch arbeitet die „Biommaschine“ Mensch lediglich mit einem Wirkungsgrad von etwa 25 Prozent. Auch im Schlaf oder in Ruhe benötigt der Mensch ein Mindestmaß an Energie, um die physiologischen Grundfunktionen (z. B. Blutkreislauf, Atmung) aufrechtzuerhalten. Diese Energie bezeichnet man als basale Stoffwechselrate oder Grundumsatz.

2a) Benenne Ausgangsstoffe und Endprodukte bei der Verbrennung von Glucose und notiere für diesen Prozess ein Reaktionsschema mit stöchiometrischen Koeffizienten.

2,0 Punkte

Ausgangsstoffe:	Glucose, Sauerstoff	2 x [0,25 P] =	[0,5 P]
Endprodukte:	Kohlenstoffdioxid, Wasser	2 x [0,25 P] =	[0,5 P]
Reaktionsschema:	$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$		[1,0 P]

2b) Verrichtet der Körper Muskularbeit, wird Energie vor allem in Form von Wärme frei. Der menschliche Organismus funktioniert jedoch optimal, wenn er seine Temperatur konstant bei etwa 37 Grad Celsius halten kann. Erläutere zwei Mechanismen, wie sich der menschliche Körper in dieser Situation behilft, und beschreibe kurz das zugrunde liegende physikalische Prinzip.

2,0 Punkte

1. Stellt der Körper Abweichungen nach oben vom Sollwert 37 Grad fest, schaltet er sein Kühlsystem ein: *Blutgefäße in der Haut erweitern sich.* [0,5 P]
Durch die Erweiterung kann mehr Blut zirkulieren und damit Wärme effektiver abtransportiert werden. [0,5 P]
2. Bei Außentemperaturen über 29 Grad wird ein effektiverer Mechanismus benötigt; *der Mensch beginnt zu schwitzen.* [0,5 P]
Der Schweiß ist eine Flüssigkeit, die sich über die Oberfläche verteilt. Wenn diese Flüssigkeit verdunstet (in die gasförmige Phase übergeht), wird für diesen Phasenwechsel Energie benötigt, die der Körperoberfläche entzogen wird, sie kühlt entsprechend ab. [0,5 P]

Johanna ist sportlich und joggt regelmäßig. Sie ist 170 Zentimeter groß und wiegt 55 Kilogramm. Ihr Arbeitsumsatz während des einstündigen Lauftrainings beträgt 1600 Kilojoule, ihr Grundumsatz 4200 Kilojoule pro Tag.

2c) Betrachte im Folgenden den hypothetischen Fall, dass kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, und berechne, um welchen Betrag Johannas Körpertemperatur ohne Kühlung beim einstündigen Lauftraining ansteigen würde.

4,0 Punkte

Dokumentiere deine Rechenschritte und gib deine Ergebnisse als Zahlenwerte mit signifikanten Stellen und Einheiten an. Für die spezifische Wärmekapazität des menschlichen Körpers kannst du als Näherungswert den Wert für Wasser ($c_{\text{Wasser}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) einsetzen. Um bei Raumtemperatur einen Liter Wasser zu verdampfen, benötigst du eine Energiemenge von 2600 Kilojoule.

Gesamtumsatz bei einer Stunde Joggen:

Es gilt $E_{\text{Joggen}} = E_0 + E_A$, wobei E_{Joggen} den Gesamtumsatz, E_0 Grundumsatz und E_A Arbeitsumsatz bezeichnen.

$$E_0 = 1 \text{ h} \cdot 4200 \text{ kJ}/24 \text{ h}$$

$$E_A = 1 \text{ h} \cdot 1600 \text{ kJ}/\text{h}$$

$$E_{\text{Joggen}} = (4200 / 24) \text{ kJ} + 1600 \text{ kJ} = 1775 \text{ kJ}$$

[1,0 P]

Berechnung der Temperaturänderung bei einer Stunde Joggen:

Bei einem Wirkungsgrad von 25% werden drei Viertel des Gesamtumsatzes in Form der Wärmemenge ΔQ frei.

$$\Delta Q_{\text{Joggen}} = 0,75 \cdot 1775 \text{ kJ} = 1331 \text{ kJ}$$

Ferner gilt $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ und somit nach Termumformung $\Delta T = \Delta Q / (m \cdot c)$

$$\Delta Q_{\text{Joggen}} = 1331 \text{ kJ}$$

$$c_{\text{Wasser}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$m = 55 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Joggen}} = 1331 \text{ kJ} / (55 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) = 5,8 \text{ K}$$

[3,0 P]

→ Während des Joggens würde ohne Kühlung die Temperatur im Körper um 5,8 Grad ansteigen.

Hinweise zur Bewertung:

Für korrekte Berechnung des Gesamtumsatzes [1,0 P]

Für Berücksichtigung des Wirkungsgrads [1,0 P]

Für korrekte Termumformung [1,0 P]

Für korrektes Rechenergebnis [1,0 P]

Punkteabzug für:

– nichtsignifikante Stellen der Zahlenwerte [-0,5 P]

– keine oder falsche Angaben der Einheiten [-0,5 P]

Ein korrektes Ergebnis ohne nachvollziehbaren Rechenweg wird mit 0 Punkten bewertet.

2d) Überschlage, wieviel Körperflüssigkeit Johanna bezogen auf ihr Körpergewicht beim Training verlieren würde, wenn ihre Körpertemperatur während des Trainings konstant bleibt.

3,0 Punkte

$$\Delta Q_{\text{Joggen}} = 0,75 \cdot E_{\text{Joggen}} \quad \Delta Q_{\text{Joggen}} = 0,75 \cdot 1775 \text{ kJ} = 1331 \text{ kJ}$$

[1,0 P]

$$V_{\text{Flüssigkeit}} = 1331 \text{ kJ} / 2600 \text{ kJ L}^{-1} = 0,5 \text{ L}$$

[1,0 P]

0,5 Liter Schweiß entsprechen einer Masse von ungefähr 0,5 Kilogramm und somit bezogen auf Johannas Körpermasse $100 \cdot 0,5 \text{ kg} / 55 \text{ kg} = 0,9 \%$

[1,0 P]

→ Mit Kühlung durch Schwitzen müsste Johanna bei ihrem Lauf etwa 0,9 Prozent ihrer Körpermasse an Flüssigkeit verlieren.

Hinweise zur Bewertung:

Für die Abschätzung der Größenordnung können die Schülerinnen und Schüler wahlweise mit den angegebenen Zahlenwerten oder mit sinnvoll gerundeten Zahlenwerten rechnen. Beides wird als korrekt gewertet.

Erläuterung zum Rechenansatz: Die beim Joggen freigesetzte Wärmemenge ΔQ_{Joggen} wird genutzt, um den Schweißfilm an der Hautoberfläche zu verdunsten (Kühleffekt). Näherungsweise entspricht das dem Verdampfen von Wasser bei Raumtemperatur. Um bei Raumtemperatur einen Liter Wasser zu verdampfen, benötigt man eine Energiemenge von 2600 Kilojoule.

Aufgabe 3

12,0 Punkte

Wer Ausdauersport treibt, verliert viel Flüssigkeit. So kann ein Marathonläufer im Wettkampf bis zu vier Prozent seiner Körpermasse verlieren. Ein Liter Körperflüssigkeit enthält unter anderem etwa 1035 Milligramm Natrium-Ionen, 274 Milligramm Kalium-Ionen sowie 2056 Milligramm Chlorid-Ionen. Wenn nur zwei Prozent der Körpermasse an Flüssigkeit verloren gehen, kann es zu Leistungseinbußen kommen, informiert der Laufprofi Herbert Steffny. Wer intensiv Sport betreibt, sollte deshalb seinen Körper ausreichend mit Flüssigkeit und Energie versorgen. Auf den Etiketten dreier Getränke aus dem Supermarkt findest du folgende Angaben zu den Inhaltsstoffen.

Getränk	Brennwert kJ/100 mL	Zucker g/100 mL	Natrium-Ionen mg/100 mL	Preis € / L
Isotonisches Fruchtgetränk	80	4,3	1,0	1,05
Apfelsaft-Schorle (30 %ig)	58	3,8	1,0	0,44
Mineralwasser	0	0	1,5	0,39

3a) Nenne drei Faktoren, die sich bei sportlicher Dauerbelastung leistungsmindernd auswirken können, und beschreibe entsprechende Symptome, mit denen der menschliche Körper im Falle einer Überlastung reagiert.

3,0 Punkte

Liste von Faktoren, die sich bei sportlicher Aktivität und Dauerbelastung beispielsweise leistungsmindernd auswirken können: **Pro korrekter Nennung [0,5 P]** **gesamt max. [1,5 P]**

- hoher Verlust von Körperflüssigkeit bzw. Dehydrierung
- mangelnde Versorgung der Muskulatur mit Sauerstoff
- zu langsamer Abtransport von Schadstoffen
- leere Glykogenspeicher bzw. mangelnde Versorgung der Muskulatur mit ATP
- zu geringe Aufnahmegeschwindigkeit der Flüssigkeit und der Inhaltsstoffe
- Mineralstoffmangel
- Ungewohnte Belastung von Knochen und Gelenken

Körperliche Symptome: **Pro korrekter Nennung [0,5 P]** **gesamt max. [1,5 P]**

Muskelkrämpfe, Schwächezustände (Probleme mit Herz und Blutkreislauf, Übelkeit), Fieber, Schmerzen in Gelenken, Muskeln, Einschränkung der geistigen Entscheidungs-/Leistungsfähigkeit (daraus resultierend taktische Fehler), etc.

3b) Informiere dich in diesem Zusammenhang über Sportgetränke. Diskutiere, welches der drei Getränke du Johanna unter Abwägung aller Gesichtspunkte am ehesten empfehlen würdest, und begründe deine Entscheidung. Definiere und bewerte in diesem Zusammenhang die Bezeichnung „isotonisches“ Fruchtgetränk.

5,5 Punkte

Der physiologische Brennwert von Glucose beträgt 15,7 kJ/g. Nimm dabei an, dass Johanna die Energie, die sie zur Verrichtung ihrer Muskelarbeit benötigt, zu 40 % aus der Verbrennung von Glucose (Kohlenhydrat) gewinnt. Verwende die Angaben aus Aufgabe 2.

→ **Diskussion mit Abwägung aller vier Gesichtspunkte mit quantitativen Argumenten**

gesamt max. [3,0 P]

1. Abwägung hinsichtlich des Flüssigkeitsverlusts: **[0,5 P]**

Johanna verliert während ihres Laufs etwa 0,5 Liter Flüssigkeit (siehe Aufgabe 2d). Es reicht völlig, wenn sie vor bzw. nach dem Training ausreichend trinkt. Während des Laufs muss sie sich nicht mit einer Trinkflasche belasten.

2. Abwägung hinsichtlich des Elektrolyt-Gehalts: [1,0 P]

Schweiß enthält 1035 Milligramm Natrium-Ionen pro Liter Flüssigkeit. Wenn Johanna während des Trainings 0,5 Liter Flüssigkeit ausschwitzt, werden mit dem Schweiß auch 518 Milligramm Natrium-Ionen ausgeschieden. Trinkt sie zum Flüssigkeitsausgleich 500 Milliliter isotonisches Fruchtgetränk oder Apfelsaftschorle würde sie jeweils 5 Milligramm Natrium-Ionen aufnehmen, mit dem gleichem Trinkvolumen an Mineralwasser 7,5 Milligramm Natrium-Ionen. Das bedeutet, dass Johanna mit keinem der drei angegebenen Getränke sinnvoll ihren Elektrolyt-Gehalt wieder aufstocken kann; wirksam könnte sie den Salzverlust über die Zufuhr fester Nahrung ausgleichen. In ihrem Fall ist der Verlust an Natrium-Ionen durch das Ausschwitzen nicht kritisch und sie kann den Verlust während des Trainings über ihre alltägliche Ernährung wieder ausgleichen.

3. Abwägung hinsichtlich des Verbrauchs an Kohlenhydraten (Glucose): [1,0 P]

Energieumsatz während des Trainingslaufs (vgl. 2c): $E_{\text{Joggen}} = 1 \text{ h} * 4200 \text{ kJ} / 24 \text{ h} + 1 \text{ h} * 1600 \text{ kJ/h} = 1775 \text{ kJ}$
40% der Energie werden aus der Verbrennung von Glucose geliefert: $E_{\text{Glucose}} = 0,40 * 1775 \text{ kJ} = 710 \text{ kJ}$.

Die Reaktion von 1 Gramm Glucose setzt 15,7 Kilojoule frei. *Entsprechend verbraucht Johanna während ihres einstündigen Laufs 45,2 Gramm Glucose* (Rechnung: $710 \text{ kJ} / 15,7 \text{ kJ g}^{-1}$).

Mit einem halben Liter isotonischem Fruchtgetränk würde Johanna 21,5 Gramm Zucker in Form von Kohlenhydraten aufnehmen, mit einem halben Liter Apfelsaft-Schorle entsprechend 19,0 Gramm Zucker. Das Mineralwasser enthält keine Kohlenhydrate. Das isotonische Fruchtgetränk wie auch die Apfelsaftschorle könnten somit beide den Verbrauch an Kohlenhydraten decken, falls Johanna davon gut einen Liter trinkt.

4. Abwägung hinsichtlich des Preises: [0,5 P]

Mineralwasser und Apfelsaftschorle sind beide deutlich preiswerter als das angebotene isotonische Fruchtgetränk.

Hinweise zur Bewertung:

Volle Punktezahl wird nur vergeben, wenn

- Aspekte 1 bis 4 bei der Diskussion angesprochen werden und
- die Argumentation quantitativ belegt wird.

Bei ausschließlich qualitativer Argumentationsführung insgesamt 1,0 Punkte Abzug.

→ Abschließende Empfehlung mit Begründung: [1,0 P]

Johanna muss während des Trainings kein Getränk zu sich nehmen. Ihr Flüssigkeitsverlust während des Laufs ist nicht so groß, dass sie Leistungseinbußen befürchten müsste.

ODER

Mit keinem der drei Getränke kann Johanna ihr Reservoir an verlorenen Elektrolyten voll ausgleichen. Den Glucosespeicher kann sie mit Apfelschorle oder auch isotonischem Sportgetränk auffüllen, nicht jedoch durch das Trinken von Mineralwasser. Falls Johanna etwas trinken will, wird ihr Apfelsaftschorle empfohlen, da sie physiologisch genauso geeignet ist wie das isotonische Fruchtgetränk, aber deutlich preiswerter ist.

ODER

Johanna kann (*muss aber nicht zwingend*) den Flüssigkeitsverlust durch das Trinken von Mineralwasser ausgleichen und ihren Bedarf an Kohlenhydraten sowie Elektrolyten durch ihr normales Essen (feste Speisen) decken.

Hinweise zur Bewertung:

Verschiedene Empfehlungen sind möglich. Exemplarisch wird eine Auswahl von drei Antworten dargestellt, die jeweils als folgerichtig begründete Lösung akzeptiert werden.

→ Definition des Begriffs "isotonisch" und Stellungnahme zur Verwendung des Begriffs in diesem Kontext:

gesamt [1,5 P]

<p>"Isotonisch" bezeichnet</p> <p>[0,5 P]</p>	<p>... eine Lösung mit gleichem osmotischem Druck wie das menschliche Blut.</p> <p style="text-align: center;">ALTERNATIV</p> <p>... eine Lösung, welche die gleiche Konzentration an gelösten Mineralstoffen (Elektrolyten) enthält wie menschliche Körperflüssigkeiten.</p>
---	--

Die Bezeichnung als „isotonisches“ Fruchtgetränk ist insofern irreführend als dass sich die Angabe ausschließlich auf den Zuckergehalt, nicht aber auf den Anteil enthaltener Elektrolyte bezieht. [0,5 P]

Eine isoosmotische NaCl-Lösung (bezogen auf menschliches Serum) enthält 0,9 Gramm NaCl pro 100 Milliliter. Bezogen auf den Elektrolytgehalt müssten 100 Milliliter des isotonischen Fruchtgetränks etwa 0,35 Gramm bzw. 350 Milligramm Natrium-Ionen (sowie 0,55 Gramm bzw. 550 Milligramm Chlorid-Ionen) enthalten. Tatsächlich enthält es aber nur 1,0 Milligramm Natrium-Ionen pro Liter; folglich handelt es sich bezüglich des Elektrolytgehalts um eine hypotone Lösung. [0,5 P]

3c) Eignen sich diese Getränke als Sportgetränk für einen Marathonläufer im Wettkampf? Beschreibe in Kürze die Anforderungen, die aus physiologischer Sicht an ein Getränk gestellt werden sollten, das ein Marathonläufer während des Wettkampfs zu sich nimmt.

3,5 Punkte

Anders als Johanna bei ihrem Lauftraining kann ein Marathon-Läufer je nach Wettkampfbedingungen während des Laufs 3 bis 4 Liter Flüssigkeit verlieren. Für Dauersportler bei extremen Belastungen ist es unerlässlich, während des Laufs Nähr- und Mineralstoffe zu sich zu nehmen. Hier sind aber spezielle Produkte aus dem Fachhandel zu empfehlen, die deutlich höhere Mengen an Mineralstoffen enthalten als die drei in der Tabelle angebotenen Getränke. [1,0 P]

Physiologische Anforderungen an das Getränk: 5 x [0,5 P] = gesamt max. [2,5 P]

1. Anpassung des Elektrolytgehalts: Bei der Aufnahme größerer Mengen an Flüssigkeit in den Körper wird empfohlen, dass die gelösten Bestandteile des Getränks (Elektrolyte) in an Körperflüssigkeiten angepassten Konzentrationen vorliegen (osmotischer Druck). Bei der übermäßigen Zufuhr von hypotonen Getränken kann dies zu einer lebensbedrohlichen Absenkung des Natriumspiegels im Blut führen (z. B. Hirnödeme). Bei Getränken mit zu hohen Elektrolytgehalten wird dem Körper Wasser entzogen, er dehydriert. In beiden Situationen wird der Körper zusätzlich belastet, da er versucht ausgleichend entgegenzuwirken. [0,5 P]
2. Aufnahme von Kohlenhydraten zur Auffüllung der Energiespeicher. [0,5 P]
3. Schnelle Verfügbarkeit: Während sportlicher Belastung ist es für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit wichtig, dass der Nachschub an Flüssigkeit, Kohlenhydraten und Elektrolyten für den Körper *schnell* und *ohne das Verdauungssystem zu belasten* verfügbar ist: [0,5 P]
 - Je schneller die Flüssigkeit vom Magen in den Darm weitergeleitet werden kann, desto effektiver ist das Getränk für den Läufer. Es sind vor allem die Kohlenhydratanteile eines Getränks, die zusammen mit Natrium die *Magenentleerung beschleunigen* und damit auch eine frühzeitige Wasseraufnahme des Körpers im Dünndarm (über Biomembranen) ermöglichen. Dafür sollte das Getränk eine *Kohlenhydratkonzentration von etwa 6-8%* enthalten sowie mit *Natrium angereichert sein*. [0,5 P]
 - Über das Blut werden den Muskeln Kohlenhydrate in Form von Glucose verfügbar gemacht. Langkettige Zuckermoleküle müssen erst im Mund und Darm in ihre Bausteine gespalten werden, bevor sie über den Darm ins Blut aufgenommen werden können und belasten damit das Verdauungssystem zusätzlich. Getränke, die bereits *Monosaccharide* (Glucose, Fructose) bzw. *Disaccharide* (Saccharose) enthalten, können deshalb *vom Darm schneller resorbiert* werden. [0,5 P]

Ergänzende Informationen:

Laut Urteil der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. sind spezielle isotonische Getränke für den Breitensportler unnötig; wer jedoch am Stück länger als zwei bis drei Stunden läuft, sollte den Verlust von Mineralstoffen während des Trainings ausgleichen.

Zur Aufrechterhaltung des Kühlsystems kann die äußere Anwendung wie z. B. Wasser über den Kopf zu gießen effektiver sein als Wasser zu trinken. Damit wird auch der Magen-Darmtrakt während des Laufs entlastet.

Die Stiftung Warentest empfiehlt beispielsweise für Dauersportler bei extremen Belastungen ein Getränk mit folgenden Inhaltsstoffen pro Liter:

Glucose	50 bis 80 Gramm
Natrium-Ionen	400 bis 1100 Milligramm
Kalium-Ionen	120 bis 225 Milligramm
Chlorid-Ionen	500 bis 1500 Milligramm
Vitamine B1 und B2	

Hypoton: Eine Lösung mit **niedrigerem** osmotischem Druck als menschliche Körperflüssigkeiten.

Hyperton: Eine Lösung mit **höherem** osmotischem Druck als menschliche Körperflüssigkeiten.

Quelle: <http://www.joggen-online.de/lauftraining/ernaehrung-abnehmen/getraenke.html>