

# 54. Internationale PhysikOlympiade Isfahan, Iran 2024\*



## Wettbewerbsleitung

Dr. Stefan Petersen      Dürken Quaas  
Tel.: 0431 / 880 - 5120      Tel.: 0431 / 880 - 5387  
email: [petersen@ipho.info](mailto:petersen@ipho.info)      email: [quaas@ipho.info](mailto:quaas@ipho.info)

Anschrift: IPN · Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik  
Olshausenstraße 62 · 24118 Kiel

web: [www.ipho.info](http://www.ipho.info)

## Klausur der 2. Runde im Auswahlwettbewerb zur 54. IPhO 2024

### Beachte unbedingt die Regeln und Hinweise für die Klausur!

In der Klausur sind **maximal 80 Punkte** zu erreichen;  
in den Multiple-Choice Aufgaben 35 Punkte und bei den längeren Aufgaben 45 Punkte.

Ich versichere, die Klausur entsprechend den Regeln und Hinweisen, ohne fremde Hilfe und innerhalb von 180 Minuten geschrieben zu haben.

**Name:** *Name*      **Schülercode:** *Code*

**Unterschrift:** \_\_\_\_\_

\*Für die Ausrichtung der 54. IPhO im Juli 2024 ist entsprechend eines Beschlusses des International Board der IPhO aus 2011 der Iran vorgesehen. Eine Entscheidung über die Entsendung eines deutschen Teams ist noch nicht gefallen und wird unter Berücksichtigung der politischen Lage sowie der logistischen Gegebenheiten getroffen.

## Multiple-Choice Aufgaben

Finde zu jeder der folgenden sieben Fragen den richtigen Lösungsbuchstaben und begründe physikalisch, warum dies die korrekte Lösung ist. Es ist jeweils nur eine Antwortmöglichkeit richtig. Nutze den Platz in der Box für Rechnungen sowie Begründungen und notiere deinen Antwortbuchstaben an der vorgesehenen Stelle am Ende jeder Box.

### Aufgabe 1 Wasserstrahl (MC-Aufgabe)

**(5 Pkt.)**

Die Unterseite eines mit Wasser gefüllten Behälters befindet sich, wie nebenstehend gezeigt, auf einer Höhe von  $H_{\text{unten}} = 15 \text{ cm}$  über dem Boden. Die Wasserhöhe im Behälter beträgt  $H = 50 \text{ cm}$ .

In den Behälter wird nun auf einer Höhe  $h$  über der Unterseite ein kleines Loch gebohrt, so dass sich ein Wasserstrahl aus dem Behälter ergießt, der anfänglich in einer Entfernung  $x$  auf den Boden trifft.

Welcher der Graphen gibt die Entfernung  $x$  des Auftreffpunktes in Abhängigkeit von der Höhe  $h$ , in der das Loch gebohrt wird, korrekt wieder?

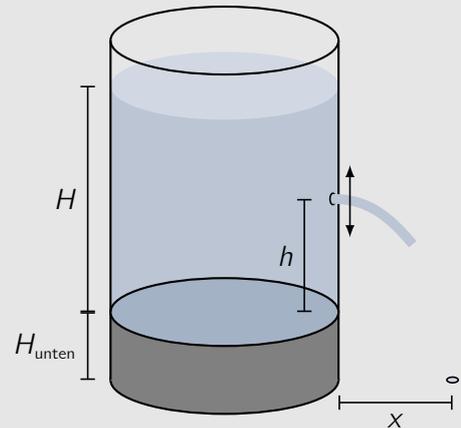
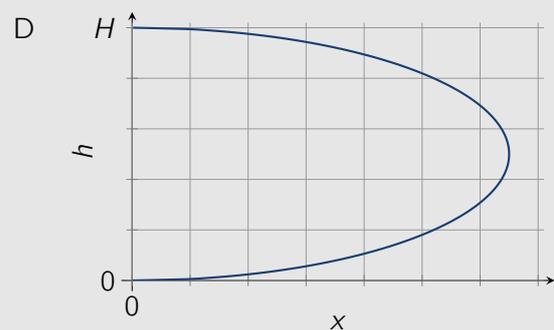
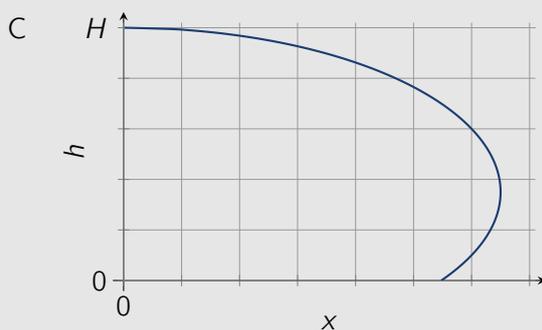
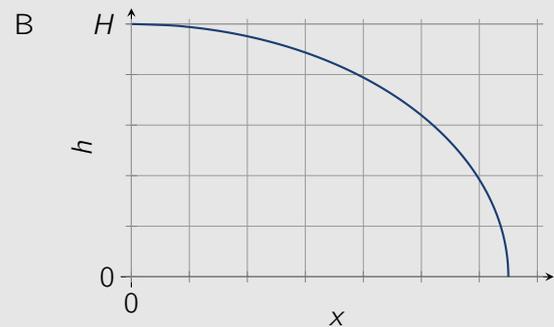
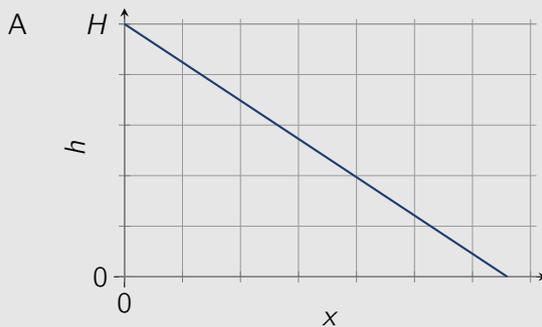


Abb. 1. Skizze zum Wasserstrahl.



**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

## Aufgabe 2 Zwei Bilder (MC-Aufgabe)

Mit einer Handykamera wird ein Foto einer wunderschönen Trinkflasche aufgenommen, die sich in einer Entfernung von etwa 35 cm von der Kamera befindet. Auf dem Foto erscheint der etwa 5,8 m entfernte Hintergrund unscharf. Wird nun eine Linse direkt vor der Kamera positioniert, so erscheint der Hintergrund durch die Linse auf dem Foto scharf.



Abb. 2. Fotos der Trinkflasche ohne (links) und mit (rechts) Linse. Die Linse ist an dem Rand zu erkennen und befindet sich im linken Teil des rechten Fotos.

Wie groß ist die Brennweite der Linse?

*Hinweis:* Positive Brennweiten kennzeichnen Sammellinsen und negative Zerstreuungslinsen.

- A etwa  $-35$  cm      B etwa  $-18$  cm      C etwa  $35$  cm      D etwa  $58$  cm

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

**Aufgabe 3 Magnetfall (MC-Aufgabe)**
**(5 Pkt.)**

Ein zylinderförmiger Magnet wird durch drei verschiedene, senkrecht aufgestellte Rohre fallen gelassen. Die Rohre haben identische Abmessungen, bestehen aber aus unterschiedlichem Material - eines aus Plexiglas, eines aus Messing und eines aus Aluminium.

Für eine Fallstrecke von  $L = 1,0 \text{ m}$  in den Rohren werden die folgenden Fallzeiten des Magneten gemessen:

$$\text{Plexiglas} \quad t_{\text{Plexiglas}} = 0,46 \text{ s}$$

$$\text{Messing} \quad t_{\text{Messing}} = 2,15 \text{ s}$$

$$\text{Aluminium} \quad t_{\text{Aluminium}} = 3,81 \text{ s}$$

Die elektrische Leitfähigkeit des Materials, aus dem das Aluminiumrohr besteht, beträgt  $\sigma_{\text{Aluminium}} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$ .

Welcher Wert ergibt sich aus den Fallzeiten als Abschätzung für die elektrische Leitfähigkeit  $\sigma_{\text{Messing}}$  des Materials des Messingrohres?

A  $1,2 \cdot 10^7 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$       B  $2,1 \cdot 10^7 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$

C  $4,9 \cdot 10^7 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$       D  $6,6 \cdot 10^7 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$


**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

**Aufgabe 4 Leistung von Windenergieanlagen (MC-Aufgabe)****(5 Pkt.)**

Windenergieanlagen erzeugen elektrische Leistung, indem sie Energie aus Wind verwenden, um Generatoren anzutreiben. Bei einer moderaten Windgeschwindigkeit beträgt die von dem Wind einer Anlage zur Verfügung gestellte und damit theoretisch maximal nutzbare Leistung  $P$ .

Welche von dem Wind der Anlage zur Verfügung gestellte Leistung ergibt sich bei einer Verdopplung der Windgeschwindigkeit?

- A  $2P$       B  $3P$       C  $4P$       D  $8P$

**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

**Aufgabe 5 Wasserkocher mit Eiswürfel (MC-Aufgabe)**
**(5 Pkt.)**

In einem Wasserkocher wird Wasser erhitzt. Während des Erhitzens wird ein Eiswürfel der Temperatur  $\vartheta_0 = 0^\circ\text{C}$  in das Wasser geworfen. Abbildung 3 zeigt die Temperatur des Wassers als Funktion der Zeit. Die Temperatur des Wassers ist anfänglich gleich der Raumtemperatur und kann zu jeder Zeit als im ganzen Wasserkocher gleich angenommen werden.

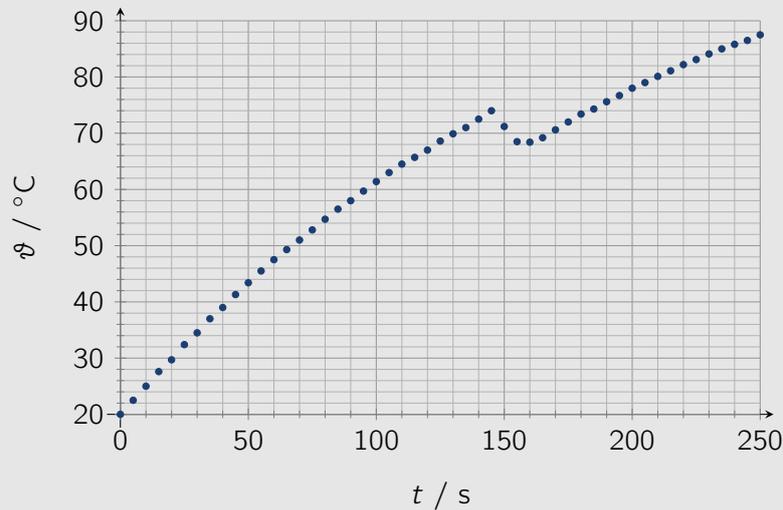


Abb. 3. Temperatur  $\vartheta$  im Wasserkocher in Abhängigkeit von der Heizzeit  $t$ .

Die Heizleistung des Wasserkochers beträgt 900 W. Für die spezifische Wärmekapazität von Wasser kann der Wert  $c = 4,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  verwendet werden und für die spezifische Schmelzwärme (oder Schmelzenthalpie) von Eis  $h = 335 \text{ kJ kg}^{-1}$ .

Welche Masse besaß der Eiswürfel, als er in das Wasser geworfen wurde?

- A 16 g                      B 26 g                      C 56 g                      D 145 g

**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

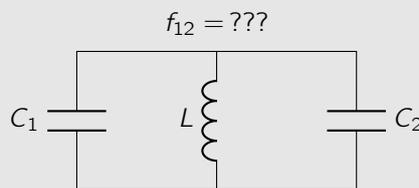
Korrekte Antwort:

**Aufgabe 6 Schwingkreise (MC-Aufgabe)**
**(5 Pkt.)**

Eine Schaltung aus einer idealen Spule und einem idealen Kondensator heißt Schwingkreis. Die beiden, oben abgebildeten elektrischen Schwingkreise mit gleicher Induktivität  $L$  aber unterschiedlichen Kapazitäten  $C_i$  schwingen völlig widerstandslos mit den angegebenen Frequenzen.



Wie groß ist die Schwingungsfrequenz  $f_{12}$  (Eigenfrequenz) des folgenden, gekoppelten Systems?



A  $\frac{2}{3}f$

B  $\frac{3}{4}f$

C  $\frac{4}{5}f$

D  $\frac{5}{4}f$

**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

**Aufgabe 7 Wasserschichtreflexion (MC-Aufgabe)**
**(5 Pkt.)**

Die Oberfläche einer glatten, horizontalen Glasplatte ist mit einer dünnen, ebenen Wasserschicht bedeckt. Von oben fällt monochromatisches Licht der Wellenlänge 680 nm unter einem Winkel  $\alpha = 30^\circ$  zur Flächennormalen auf die Wasseroberfläche. Der Brechungsindex der Glasplatte beträgt 1,50 und der des Wassers 1,33.

Aufgrund der Verdunstung des Wassers ändert sich die Intensität des reflektierten Lichtes periodisch. Zwischen dem Auftreten von zwei Intensitätsmaxima vergeht eine Zeit von 15 Minuten.

Mit welcher Rate nimmt die Dicke  $d$  der Wasserschicht auf dem Glas ab?

- A etwa  $0,3 \mu\text{m h}^{-1}$     B etwa  $1 \mu\text{m h}^{-1}$     C etwa  $3 \mu\text{m h}^{-1}$     D etwa  $9 \mu\text{m h}^{-1}$

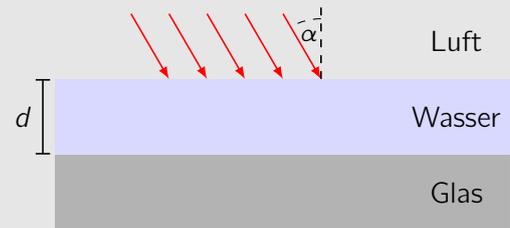


Abb. 4. Skizze zum Lichteinfall.

**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

## Langaufgaben

Bearbeite die folgenden drei Aufgaben ebenfalls in den dafür vorgesehenen Boxen. Anders als bei den Multiple-Choice Aufgaben sind keine Lösungsmöglichkeiten gegeben. Beschreibe deinen Lösungsweg so, dass er gut nachvollziehbar aber nicht unnötig lang ist. Wenn du also zum Beispiel den Energieerhaltungssatz verwendest, schreibe dies kurz hin.

### Aufgabe 8 Zylinder im Wasser

**(18 Pkt.)**

Ein unten verschlossenes zylindrisches Rohr ist teilweise mit Wasser einer Dichte von  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  gefüllt. Der Innendurchmesser des Rohres beträgt  $(5,6 \pm 0,1) \text{ cm}$ . Im Wasser befinden sich, wie in Abbildung 5 schematisch dargestellt, mehrere durch dünne Stangen fest miteinander verbundene Zylinder. Die Zylinder bestehen alle aus dem gleichen Material und besitzen die gleiche Größe. Der unterste Zylinder steht anfänglich auf dem Boden des Rohres.

Durch Ziehen an dem Faden werden die Zylinder angehoben. Der Graph in Abbildung 6 zeigt die für das Anheben notwendige Kraft  $F$  in Abhängigkeit von der Anhebehöhe  $h$ . Bei dem höchsten Wert von  $h$  befinden sich alle Zylinder oberhalb der Wasseroberfläche.

Vernachlässige in allen Aufgaben die Ausdehnung der dünnen Stangen, die die Zylinder verbinden.

- 8.a) Erkläre den Verlauf der Kraftkurve physikalisch und bestimme die Anzahl der Zylinder in dem Rohr. (5.0 Pkt.)
- 8.b) Bestimme die folgenden Größen (13.0 Pkt.)
- das Wasservolumen  $V_w$  in dem Rohr
  - die Dichte  $\rho$  des Zylindermaterials
  - den Radius  $r$  der Zylinder
  - die Länge  $\ell$  der Zylinder

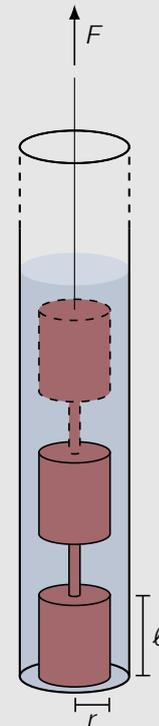


Abb. 5. Schematische Skizze zu den Zylindern im Rohr.

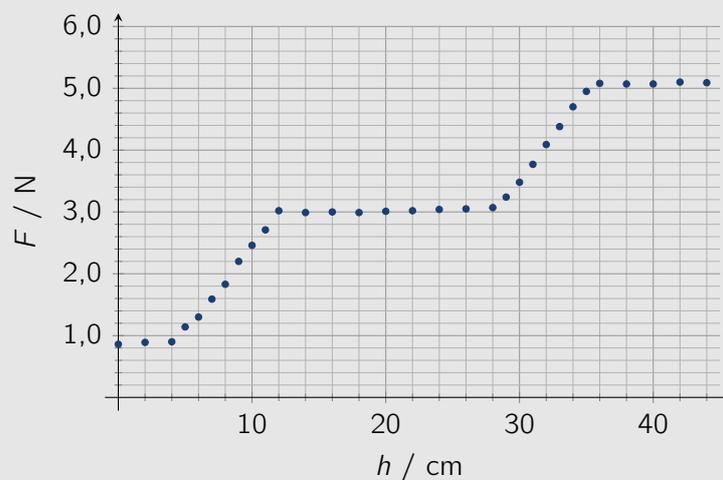


Abb. 6. Für das Anheben notwendige Kraft  $F$  in Abhängigkeit von der Anhebehöhe  $h$ .

**Antwortteil**

8.a)

Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für Anzahl der Zylinder:

8.b)

Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen

**Aufgabe 9 Hoch hinaus****(15 Pkt.)**

Ein Heißluftballon mit einem Volumen von  $3700 \text{ m}^3$  wird am Boden mit heißer Luft einer Temperatur von  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  gefüllt. Die Ballonhülle und der mit Brenner, Gasflaschen sowie tollkühnen Ballonfahrenden gefüllte Korb besitzen zusammen eine Masse von  $900 \text{ kg}$ . Die Umgebungstemperatur beträgt  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , und der Luftdruck liegt bei etwa  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

- 9.a) Berechne, mit welcher Kraft der Ballon am Boden gehalten werden muss und gib an, ob du in der Lage wärst, den Ballon festzuhalten oder ob du lieber loslassen solltest, um nicht in die Höhe gezogen zu werden. (4.0 Pkt.)

Nimm vereinfachend an, dass die Umgebungstemperatur sich nicht mit der Höhe ändert und dass der Luftdruck bei einer Höhenänderung von  $100 \text{ m}$  jeweils um  $1,2\%$  abnimmt.

- 9.b) Bestimme die Beschleunigung, mit der der Ballon direkt nach dem Loslassen aufsteigt. Berechne, welche Höhe der Ballon erreicht, wenn die Temperatur im Ballon konstant bleibt. (6.0 Pkt.)

Tatsächlich kühlt sich die Luft im Ballon langsam ab, wenn der Brenner nicht gezündet wird. Dadurch verringert sich der Auftrieb des Ballons mit einer konstanten Rate von  $10 \text{ N s}^{-1}$ .

- 9.c) Schätze ab, wie lange der Ballon seine Höhe durch regelmäßiges Zünden des Brenners maximal halten kann, wenn er einen Gasvorrat von insgesamt  $80 \text{ kg}$  Propangas mit sich führt, das einen Brennwert von  $50 \text{ MJ kg}^{-1}$  besitzt. (5.0 Pkt.)

Zur Berechnung kannst du die folgenden Angaben für Luft verwenden:

Dichte bei Temperatur  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und Luftdruck  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$   $\rho_0 = 1,20 \text{ kg m}^{-3}$

Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck  $c_{\text{Luft}} = 1,0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

**Antwortteil**

- 9.a) Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Ergebnis für Kraft:

9.b)

Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Ergebnis für Beschleunigung:

Ergebnis für Höhe:

9.c)

Rechnungen und Erläuterungen

Abschätzung für Zeit:

**Aufgabe 10 Annähern oder Abstoßen?**
**(12 Pkt.)**

Zwei Punktteilchen mit Massen  $m$  und  $M$  ( $m < M$ ) sowie gleicher positiver Ladung  $q$  befinden sich, wie nebenstehend skizziert, anfänglich im Abstand  $r_0$  in einem unendlich ausgedehnten, homogenen elektrischen Feld  $E$ .



Abb. 7. Ladungen im elektrischen Feld.

Zu Beginn befinden sich beide Ladungen in Ruhe. Nimm an, dass sich die Teilchen im weiteren Verlauf nur entlang ihrer Verbindungslinie bewegen.

- 10.a) Bestimme die relative Beschleunigung  $a$  der Teilchen in Abhängigkeit von ihrem Abstand  $r$  zueinander. Zeige, dass sich diese als Kraftgleichung in der Form

$$F = m' a = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q q'}{r^2} - q E'$$

schreiben lässt und drücke die Größen  $m'$ ,  $q'$  sowie  $E'$  durch die gegebenen Größen aus. (4.0 Pkt.)

Die Kraftgleichung beschreibt die Bewegung eines effektiven Teilchens der Masse  $m'$  und der Ladung  $q$  in einem Potential  $U(r)$ , das durch die Ladung  $q'$  und das elektrische Feld  $E'$  hervorgerufen wird. Das Potential ist dabei die potentielle Energie des effektiven Teilchens geteilt durch dessen Ladung.

- 10.b) Skizziere den Verlauf des Potentials  $U(r)$  in Abhängigkeit von dem Abstand  $r$  und gib an, bei welchem Abstand sich das Minimum des Potentials befindet. (4.0 Pkt.)
- 10.c) Bestimme den maximalen Abstand der Teilchen während ihrer Bewegung und drücke diesen durch die gegebenen Größen aus. (4.0 Pkt.)

**Antwortteil**

10.a)

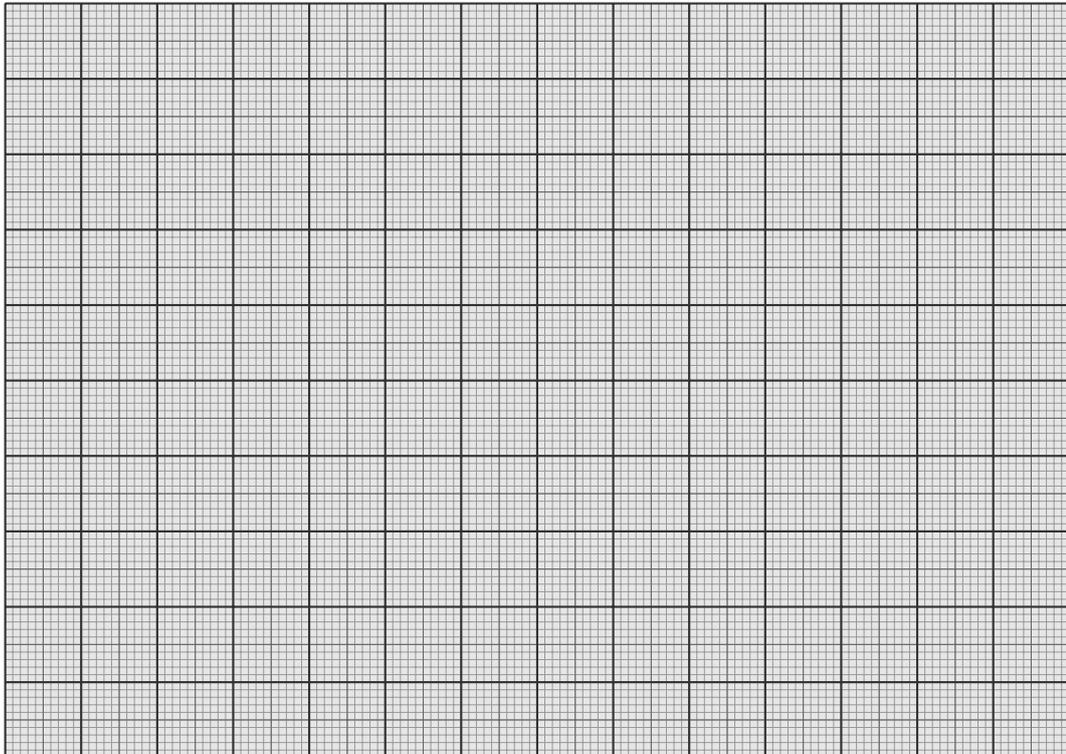
Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Ausdrücke für Größen:

10.b)

Skizze



Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für Abstand des Minimums:

10.c)

Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für maximalen Abstand:

### Zusätzliches Arbeitspapier

### Zusätzliches Arbeitspapier

**Zusätzliches Arbeitspapier**

Millimeterpapier

