

Der Traum vom Fliegen



Abbildung 1: Kurz vor dem Absprung

Die zwei Männer stehen am Abgrund. Hinter ihnen liegt ein Schneefeld, daneben erhebt sich das majestätische Felsmassiv der Eiger Nordwand. Bis ins Tal sind es 2.600 Meter Höhenunterschied. Sie sind hergekommen, um zu fliegen. Mit Spezialanzügen, bei denen sich zwischen Armen und Beinen Stoffflügel befinden. Wingsuit heißt diese Montur. Die Männer zählen gemeinsam bis drei, breiten die Arme aus und stürzen sich in die Tiefe.

Fliegen in einer Luftmatratze



Abbildung 2: Die Flügel zwischen den Armen und den Beinen verlängern die Flugphase

Nach etwa 150 Metern werden aus fallenden Körpern plötzlich gewandte Flieger. Von oben sieht es fast so aus, als würde ein wagemutiger Pilot sein Flugzeug aus dem Sturzflug hochziehen und wieder auf Kurs bringen. Die beiden Männer fliegen jetzt wie menschliche Raketen vorwärts. Mirko Schmidt, Wingsuit-Pionier: "Wir haben hier bei diesen Wingsuits Flügel zwischen den Armen und den Beinen, und die befüllen sich im Fluge mit Luft. Das heißt, die haben hier Kammer innen drin und Einströmöffnungen und Ventile. Der Fahrwind pumpt sie prall auf. Dadurch haben sie genau dieselbe Form wie eine Flugzeugtragfläche. Das heißt, es entsteht ein Auftrieb, und der ermöglicht es uns sehr, sehr lange in der Luft zu bleiben, sehr weit zu fliegen vor allen Dingen und sehr langsam zu fallen."

Väter der Flugklamotte

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts gab es wagemutige Männer, die mit selbstkonstruierten Flügelanzügen versuchten, die Lüfte zu erobern. Seit der Erfindung des Heißluftballons war der Mensch zumindest in der Lage, in große Höhen aufzusteigen. Erste Absprünge mit primitiven Fallschirmen hatten gezeigt, dass er auch im gebremsten Fall lebend zur Erde zurückkehren konnte. Folgerichtig tüftelten Visionäre an tragbaren Flügeln, die diesen Fall zum Flug werden lassen sollten. Oft mit tödlichem Ausgang. Im Februar 1912 reiste der österreichische Schneider Franz Reichelt nach Paris, um mit einem selbst entwickelten Flügelanzug aus Stoff vom Eiffelturm zu springen. Er schlug alle Bedenken in den Wind und

stürzte sich schließlich vor den Augen der versammelten Presse aus 56 Metern Höhe hinab. Der Flug dauerte rund vier Sekunden, Geschwindigkeit beim Aufprall knapp 120 Kilometer pro Stunde, Einschlagtiefe im gefrorenen Boden 14 Zentimeter.

Trotz Reichelts tragischen Todes wurden die Flügelanzüge in den folgenden Jahrzehnten weiter entwickelt. Seine Nachfolger sprangen in wesentlich größerer Höhe aus Propellerflugzeugen und landeten kurz vor dem Boden mit dem Fallschirm. Der US Amerikaner Clem Sohn brachte es als "First Batman" zum Star diverser Flugshows. Er verdiente Zehntausende Dollars mit seinen Flügeln aus Baumwollstoff und Holzstreben bevor er 1937 auf der Pariser Air Show tödlich verunglückte. Sein Fallschirm hatte sich nicht geöffnet. Zwischen 1920 und 1970 starben schätzungsweise 70 "Vogelmänner".

Batmans Erben



Abbildung 3: Die Lufkammern der Flügel füllen sich beim Fall mit Luft

Auch heute noch ist Wingsuit Fliegen ein gefährlicher Sport. Doch die Flugeigenschaften der Anzüge haben sich enorm verbessert. Mittlerweile gibt es eine fundierte Ausbildung, die das Wingsuit-Fliegen sicherer macht. Mirko ist ein erfahrener Fallschirmspringer und Basejumper. Robert Pečnik könnte als einer der Väter des modernen Wingsuits bezeichnet werden. Er hat vor rund zehn Jahren mit einem Kollegen die ersten serientauglichen Flügelanzüge entwickelt. Testsprünge mit neuen Suits machen Robert und Mirko zunächst aus dem Flugzeug. Erst wenn sie die Anzüge sicher beherrschen, wagen sie sich an Türme, Brücken oder steile Berge heran.

Gleitwinkel 3:1 – Mehr Fliegen als Fallen



Abbildung 4: Über 2.000 Meter ist die Flugstrecke lang

Jeder Sprung wird per GPS dokumentiert. So lässt sich die exakte Flugroute rekonstruieren. Ein spezielles Computerprogramm errechnet die Beschleunigung und den Auftrieb, den die Piloten mit ihren Anzügen in der Luft erreicht haben. Die Daten zeigen: Die Vogelmänner haben schon einen Gleitwinkel von drei zu eins. Das bedeutet drei Meter Vorwärtsflug bei einem Meter Höhenverlust. In den 47 Sekunden Flugzeit haben sie eine Strecke von 2.372 Metern zurück gelegt.

Runter kommen sie alle



Abbildung 5: Die Landung erfolgt mit Hilfe eines Fallschirms

Zur Landung brauchen die tollkühnen Männer allerdings weiterhin einen Fallschirm. Auch bei verbesserten Gleitwinkeln ist eine Landung nur mit dem Flügelanzug utopisch. Schmidt: "Wir liegen ja in dem Wingsuit drin wie auf einer Luftmatratze. Nur dass wir in dem Flügel sind. Wir sind selber der Flügel. Und das heißt, wir kommen mit der Brust und dem Kinn zuerst auf. Und das kann der Körper nicht gut finden. Es gibt sicherlich Leute, die glauben, man könnte auf einem steilen Berg im Schnee das Ding irgendwie absetzen. Aber die Frage ist, ob das Landen wäre."

Deshalb ist dieser rasante Sport auch noch keine Massenbewegung geworden. Man benötigt neben einer gehörigen Portion Mut auch viel Erfahrung im Fallschirmspringen. Außerdem sind die meisten Absprungplätze in den Bergen nur mit dem Hubschrauber oder nach stundenlanger Wanderung zu erreichen. Ein hoher Aufwand für eine knappe Minute Flugzeit.

http://www.daserste.de/wwiewissen/beitrag_dyn~uid,63h9qwqrn66pctd5~cm.asp#moreinfo3

Aufgabe 1:



Welche physikalisch wichtigen Informationen enthält der Text?

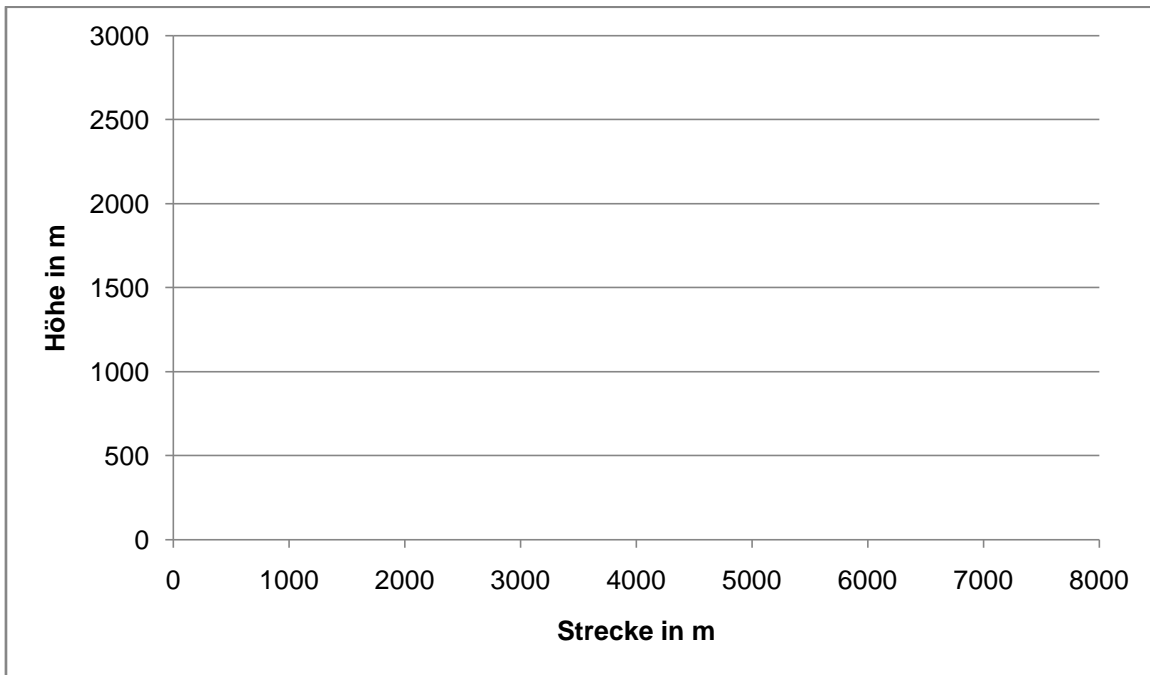


Vergleiche die Ergebnisse in der Gruppe

Aufgabe 2:



Zeichne einen Sprung mit dem Wingsuit anhand der Werte aus dem Text.



Profi: Welcher Gleitwinkel (zwischen der Geraden und der x-Achse) hat der Wingsuit?

Vergleiche den Wert mit anderen Gleitzahlen/Gleitwinkeln (siehe Blatt „Gleitzahl und Gleitwinkel“)



Berechne den Weg, den die Männer zurücklegen

Aufgabe 3:



Berechne die Geschwindigkeit und die Beschleunigung während des Flugs aus dem Beispiel. (Werte: $t=47s$, $s=2372m$)

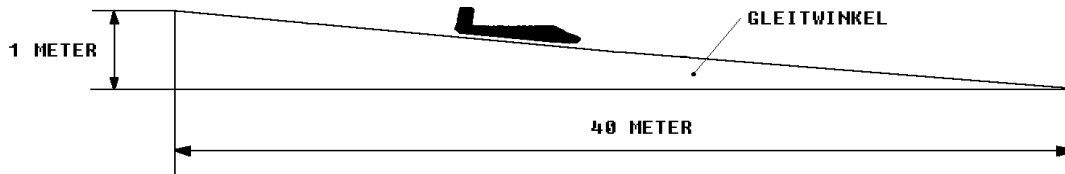
Profi: Um welche Geschwindigkeit und Beschleunigung handelt es sich?



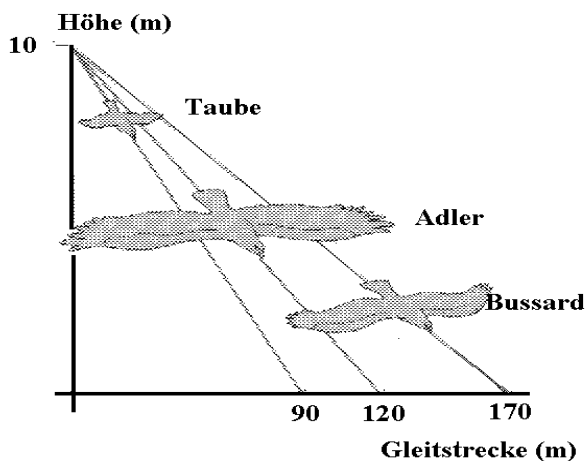
Vergleiche die Ergebnisse in der Gruppe und findet zusammen Beispiele für einen Vergleich der Geschwindigkeit.

Gleitzahl und Gleitwinkel

Die Gleiteigenschaften eines Vogels oder Flugzeuges werden mit der Gleitzahl oder mit dem Gleitwinkel ausgedrückt. Die **Gleitzahl** gibt dabei an, wie viel mal ein Flugzeug (Vogel) in ruhiger Luft einen Höhenverlust in eine zurückzulegende Strecke umsetzen kann. Legt beispielsweise ein Flugzeug während einem Höhenverlust von einem Meter die Strecke von 40 Metern zurück, so hat dieses Flugzeug die Gleitzahl 40. Oft wird auch vom Gleitwinkel gesprochen. Damit bezeichnet man den Winkel zwischen der Flugbahn und der Horizontalen.



Die Gleitzahlen von verschiedenen Vögeln fallen höchst unterschiedlich aus. Gute Segler wie Bergdohlen erreichen Gleitzahlen um die 25, indes Sperlinge sich mit einer Gleitzahl um 8 begnügen müssen. Betrachtet man nur die Gleitzahl, so sind die von Menschen gefertigten Fluggeräte den Vögeln weit überlegen. Moderne Hochleistungssegler erreichen Gleitzahlen von 60. Selbst Grossraumjets weisen bei vollständigem Triebwerkausfall Gleitzahlen von über 10 auf.



Auftrag:

Man berechnet anhand des obenstehenden Gleitwegdiagramms die Gleitzahlen der drei dargestellten Vögel. Kann man auch mittels geometrischer Zeichnung die Gleitwinkel dieser Tiere ermitteln? Man soll einmal versuchen:

Gleitwegdiagramm:

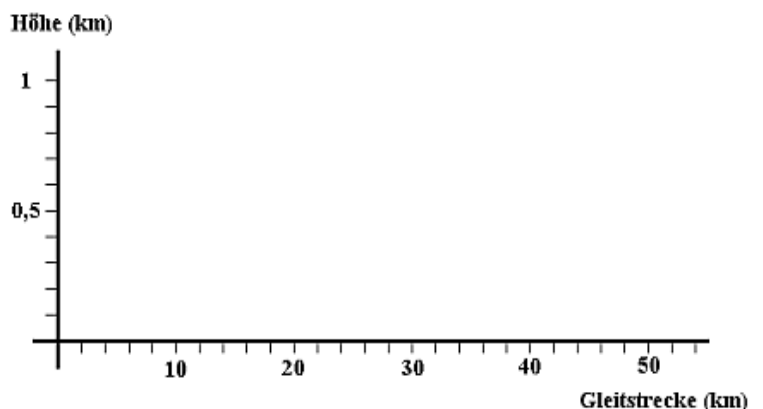
Aufgabe

Man stellt für folgende Vögel und Luftfahrzeuge den Gleitweg grafisch dar! (In den Klammern sind die Gleitzahlen angegeben.)

Man benutzt für die Geraden verschiedene Farben.

- Helikopter mit Triebwerkausfall (2)
- Bussard (17)
- Gleitschirm (7)
- Hochleistungssegelflugzeug (60)
- Passagierflugzeug mit Triebwerkausfall (8)

GLEITWEG-DIAGRAMM



Lösungen

Der Traum vom Fliegen



Abbildung 6: Kurz vor dem Absprung

Die zwei Männer stehen am Abgrund. Hinter ihnen liegt ein Schneefeld, daneben erhebt sich das majestätische Felsmassiv der Eiger Nordwand. **Bis ins Tal sind es 2.600 Meter Höhenunterschied.** Sie sind hergekommen, um zu fliegen. Mit Spezialanzügen, bei denen sich zwischen Armen und Beinen Stoffflügel befinden. Wingsuit heißt diese Montur. Die Männer zählen gemeinsam bis drei, breiten die Arme aus und stürzen sich in die Tiefe.

Fliegen in einer Luftmatratze



Abbildung 7: Die Flügel zwischen den Armen und den Beinen verlängern die Flugphase

Nach etwa 150 Metern werden aus fallenden Körpern plötzlich gewandte Flieger. Von oben sieht es fast so aus, als würde ein wagemutiger Pilot sein Flugzeug aus dem Sturzflug hochziehen und wieder auf Kurs bringen. Die beiden Männer fliegen jetzt wie menschliche Raketen vorwärts. Mirko Schmidt, Wingsuit-Pionier: "Wir haben hier bei diesen Wingsuits Flügel zwischen den Armen und den Beinen, und die befüllen sich im Fluge mit Luft. Das heißt, die haben hier Kammer innen drin und Einströmöffnungen und Ventile. Der Fahrwind pumpt sie prall auf. Dadurch haben sie genau dieselbe Form wie eine Flugzeugtragfläche. Das heißt, es entsteht ein Auftrieb, und der ermöglicht es uns sehr, sehr lange in der Luft zu bleiben, sehr weit zu fliegen vor allen Dingen und sehr langsam zu fallen."

Väter der Flugklamotte

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts gab es wagemutige Männer, die mit selbstkonstruierten Flügelanzügen versuchten, die Lüfte zu erobern. Seit der Erfindung des Heißluftballons war der Mensch zumindest in der Lage, in große Höhen aufzusteigen. Erste Absprünge mit primitiven Fallschirmen hatten gezeigt, dass er auch im gebremsten Fall lebend zur Erde zurückkehren konnte. Folgerichtig tüftelten Visionäre an tragbaren Flügeln, die diesen Fall zum Flug werden lassen sollten. Oft mit tödlichem Ausgang. Im Februar 1912 reiste der

österreichische Schneider Franz Reichelt nach Paris, um mit einem selbst entwickelten Flügelanzug aus Stoff vom Eiffelturm zu springen. Er schlug alle Bedenken in den Wind und stürzte sich schließlich vor den Augen der versammelten Presse aus 56 Metern Höhe hinab. Der Flug dauerte rund vier Sekunden, Geschwindigkeit beim Aufprall knapp 120 Kilometer pro Stunden, Einschlagtiefe im gefrorenen Boden 14 Zentimeter.

Trotz Reichelts tragischen Todes wurden die Flügelanzüge in den folgenden Jahrzehnten weiter entwickelt. Seine Nachfolger sprangen in wesentlich größerer Höhe aus Propellerflugzeugen und landeten kurz vor dem Boden mit dem Fallschirm. Der US Amerikaner Clem Sohn brachte es als "First Batman" zum Star diverser Flugshows. Er verdiente Zehntausende Dollars mit seinen Flügeln aus Baumwollstoff und Holzstreben bevor er 1937 auf der Pariser Air Show tödlich verunglückte. Sein Fallschirm hatte sich nicht geöffnet. Zwischen 1920 und 1970 starben schätzungsweise 70 "Vogelmänner".

Batmans Erben



Abbildung 8: Die Lufkammern der Flügel füllen sich beim Fall mit Luft

Auch heute noch ist Wingsuit Fliegen ein gefährlicher Sport. Doch die Flugeigenschaften der Anzüge haben sich enorm verbessert. Mittlerweile gibt es eine fundierte Ausbildung, die das Wingsuit-Fliegen sicherer macht. Mirko ist ein erfahrener Fallschirmspringer und Basejumper. Robert Pečnik könnte als einer der Väter des modernen Wingsuits bezeichnet werden. Er hat vor rund zehn Jahren mit einem Kollegen die ersten serientauglichen Flügelanzüge entwickelt. Testsprünge mit neuen Suits machen Robert und Mirko zunächst aus dem Flugzeug. Erst wenn sie die Anzüge sicher beherrschen, wagen sie sich an Türme, Brücken oder steile Berge heran.

Gleitwinkel 3:1 – Mehr Fliegen als Fallen



Abbildung 9: Über 2.000 Meter ist die Flugstrecke lang

Jeder Sprung wird per GPS dokumentiert. So lässt sich die exakte Flugroute rekonstruieren. Ein spezielles Computerprogramm errechnet die Beschleunigung und den Auftrieb, den die Piloten mit ihren Anzügen in der Luft erreicht haben. Die Daten zeigen: Die Vogelmänner haben schon einen **Gleitwinkel von drei zu eins. Das bedeutet drei Meter Vorwärtsflug bei**

einem Meter Höhenverlust. In den 47 Sekunden Flugzeit haben sie eine Strecke von 2.372 Metern zurück gelegt.

Runter kommen sie alle



Abbildung 10: Die Landung erfolgt mit Hilfe eines Fallschirms

Zur Landung brauchen die tollkühnen Männer allerdings weiterhin einen Fallschirm. Auch bei verbesserten Gleitwinkeln ist eine Landung nur mit dem Flügelanzug utopisch. Schmidt: "Wir liegen ja in dem Wingsuit drin wie auf einer Luftmatratze. Nur dass wir in dem Flügel sind. Wir sind selber der Flügel. Und das heißt, wir kommen mit der Brust und dem Kinn zuerst auf. Und das kann der Körper nicht gut finden. Es gibt sicherlich Leute, die glauben, man könnte auf einem steilen Berg im Schnee das Ding irgendwie absetzen. Aber die Frage ist, ob das Landen wäre."

Deshalb ist dieser rasante Sport auch noch keine Massenbewegung geworden. Man benötigt neben einer gehörigen Portion Mut auch viel Erfahrung im Fallschirmspringen. Außerdem sind die meisten Absprungplätze in den Bergen nur mit dem Hubschrauber oder nach stundenlanger Wanderung zu erreichen. Ein hoher Aufwand für eine knappe Minute Flugzeit.

http://www.daserste.de/wwiewissen/beitrag_dyn~uid,63h9qwqrn66pctd5~cm.asp#moreinfo3

Aufgabe 1:



Welche physikalisch wichtigen Informationen enthält der Text?

Absprunghöhe: 2600m

Nach 150m kein freier Fall mehr, sondern Gleiten durch Wing-Suit

drei Meter Vorwärtsflug bei einem Meter Höhenverlust => Gleitverhältnis = 1:3

Ein Flug mit: $t=47s$, $s=2372$



Vergleiche die Ergebnisse in der Gruppe

Werte im Plenum vergleichen, damit alle SuS mit denselben Werten rechnen und gleiche Ergebnisse bekommen können.

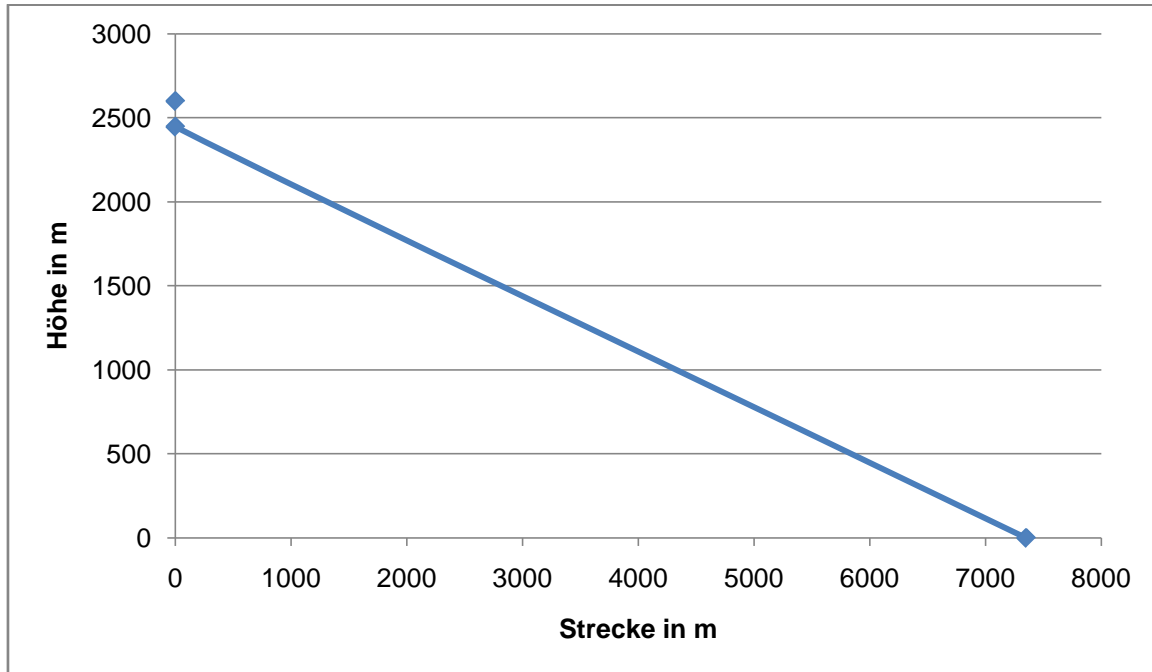
Aufgabe 2:



Zeichne einen Sprung mit dem Wingsuit anhand der Werte aus dem Text.

$$2600\text{m} - 150\text{m} = 2450\text{m} \text{ (Höhe)}$$

$$2450\text{m} \cdot 3 = 7350\text{m} \text{ (Strecke)}$$



Profi: Welcher Gleitwinkel (zwischen der Geraden und der x-Achse) hat der Wingsuit?

Vergleiche den Wert mit anderen Gleitzahlen/Gleitwinkeln (siehe Blatt „Gleitzahl und Gleitwinkel“)

- Geodreieck
- Rechnung: $\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{2450\text{m}}{7350\text{m}}\right) = 18,43^\circ$



Berechne den Weg, den die Männer zurücklegen

Strecke über Pythagoras:

$$s = \sqrt{(\text{Strecke})^2 + (\text{Höhe})^2} + 150\text{m} = \sqrt{2450^2 + 7350^2} + 150\text{m} = 7897,58\text{m}$$

Aufgabe 3:



Berechne die Geschwindigkeit und die Beschleunigung während des Flugs aus dem Beispiel. (Werte: $t=47s$, $s=2372m$)

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2372m}{47s} = 50,47 \frac{m}{s} = 181,69 \frac{km}{h}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{50,47m}{47s * s} = 1,07 \frac{m}{s^2}$$

Profi: Um welche Geschwindigkeit und Beschleunigung handelt es sich?

- Durchschnittsgeschwindigkeit & -beschleunigung

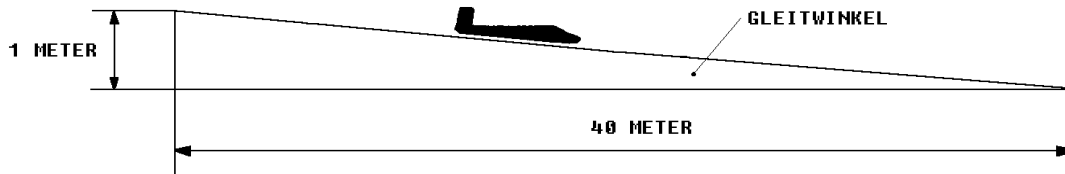


Vergleiche die Ergebnisse in der Gruppe und findet zusammen Beispiele für einen Vergleich der Geschwindigkeit.

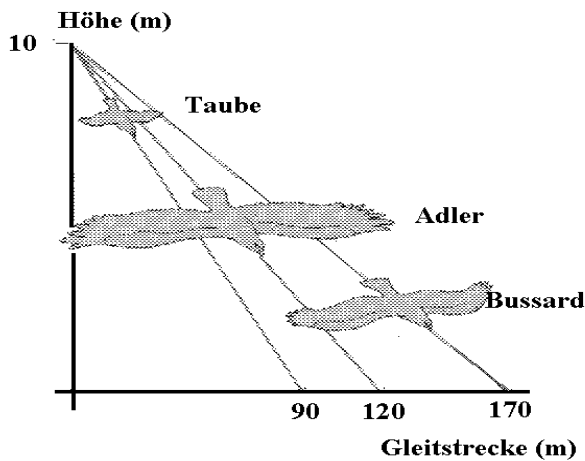
- Ein Auto auf der Autobahn
- Ein ICE

Gleitzahl und Gleitwinkel

Die Gleiteigenschaften eines Vogels oder Flugzeuges werden mit der Gleitzahl oder mit dem Gleitwinkel ausgedrückt. Die **Gleitzahl** gibt dabei an, wie viel mal ein Flugzeug (Vogel) in ruhiger Luft einen Höhenverlust in eine zurückzulegende Strecke umsetzen kann. Legt beispielsweise ein Flugzeug während einem Höhenverlust von einem Meter die Strecke von 40 Metern zurück, so hat dieses Flugzeug die Gleitzahl 40. Oft wird auch vom Gleitwinkel gesprochen. Damit bezeichnet man den Winkel zwischen der Flugbahn und der Horizontalen.



Die Gleitzahlen von verschiedenen Vögeln fallen höchst unterschiedlich aus. Gute Segler wie Bergdohlen erreichen Gleitzahlen um die 25, indes Sperlinge sich mit einer Gleitzahl um 8 begnügen müssen. Betrachtet man nur die Gleitzahl, so sind die von Menschen gefertigten Fluggeräte den Vögeln weit überlegen. Moderne Hochleistungssegler erreichen Gleitzahlen von 60. Selbst Grossraumjets weisen bei vollständigem Triebwerkausfall Gleitzahlen von über 10 auf.



Auftrag:

Man berechnet anhand des obenstehenden Gleitwegdiagramms die Gleitzahlen der drei dargestellten Vögel. Kann man auch mittels geometrischer Zeichnung die Gleitwinkel dieser Tiere ermitteln? Man soll einmal versuchen:

Gleitwegdiagramm:

Aufgabe

Man stellt für folgende Vögel und Luftfahrzeuge den Gleitweg grafisch dar! (In den Klammern sind die Gleitzahlen angegeben.)

Man benutzt für die Geraden verschiedene Farben.

- f) Helikopter mit Triebwerkausfall (2)
- g) Bussard (17)
- h) Gleitschirm (7)
- i) Hochleistungssegelflugzeug (60)
- j) Passagierflugzeug mit Triebwerkausfall (8)

GLEITWEG-DIAGRAMM

