

Stationsarbeit zur Fahrsicherheit und Selbsteinschätzung von Situationen

– Betrachtung aus Kinematisch-physikalischer Sicht –

Zielgruppe:

Schülerinnen und Schüler der Klasse 11 im Gk oder Lk Physik

- Viele beginnen in der 11. Klasse mit 17 den Autoführerschein
- Lehrplaninhalt der 11. Klasse sieht Kinematik und Bewegungsabläufe im LB 1-3 vor

Lernziele:

Verwendung von physik. Lernzielen und Allgemein-didakt. Lernzielen zur Verkehrspsychologie

- I. Die SuS bewerten und reflektieren sich selbst zu ihrem Verhalten im Straßenverkehr und ihrer Situationseinschätzung zu gegebenen Umständen und überprüfen diese über einen physikalischen Zugang.
- II. Die SuS berechnen in Stationsarbeit anhand von bekannten und neuen Formeln (gegeben oder selbst hergeleitet) die Auswirkungen von Umständen in Fahrsituationen in Kraftfahrzeugen im Straßenverkehr.
- III. Die SuS interpretieren und diskutieren ihre Ergebnisse auf physikalischer und Fahrsicherheitsebene.

Lehrplanbezug:

Gymnasium 11. Klasse Gk LB1: „Mechanische Grundlagen“

Gymnasium 11. Klasse Lk LB1: „Erhaltungssätze und ihre Anwendung“, LB2: „Kräfte“, LB3: „Kinematik und Dynamik“

Vorwissen/Voraussetzungen:

- Alle relevante Inhalte und erreichte Lernziele aus dem LB1 (11. Klasse Gk) beziehungsweise aus den LB 1-3 (11. Klasse Lk)
- Dazu zählen:
 - Berechnung und Verhältnis von E_{kin} , E_{pot} , E_{therm}
 - Berechnung von Kräften, Richtung und Betrag, Addition von Kräften
 - Superpositionsprinzip
 - Zusammenhänge/Berechnung: Beschleunigung, Geschwindigkeit, Weg, Kraft, Energie, Arbeit, Impuls
 - Berechnung von radialen Größen
- Grundlegende Vorkenntnisse und Vorerfahrungen in Verkehrssicherheit, StVO, Bedienung von Fahrzeugen (Fahrrad, Moped, Motorrad, etc.)

Material: Stationsarbeit (mit Umgebungsbezug, Musterlösung und Beispielen)

Station 1: Reaktionszeit bei Gefahren

Aufgabe 1: Messe dich mit den Rennfahrern, indem du mit deinem Handy die Website ‚humanbenchmark.com‘ aufrufst. Wähle dabei den ‚Reaction Time‘-Test aus, nimm drei deiner eigenen Reaktionszeiten auf und bestimme daraus deine durchschnittliche Reaktionszeit in s. Addiere dazu die Durchschnittliche Verarbeitungszeit von circa 0,6s.

$$t_1 = \quad t_2 = \quad t_3 = \quad t_{\text{mittel}} =$$

Aufgabe 2: Im Folgenden liest du über verschiedene Fahrsituationen. Schätze dabei zuerst dich selbst ein, ob ein Ausweichen funktioniert und überprüfe dich im Anschluss selbst. Berechne dazu mit bekannten Formeln aus der Kinematik, ob eine Kollision durch Ausweichen mit deiner Reaktionszeit vermeidbar wäre.

Beispiel: Nach einer scharfen uneinsichtigen Linkskurve von Stollberg Richtung Tenne steht ein Fahrzeug der Straßenmeisterei 15m vor dir. Du selbst fährst mit 60 km/h die Straße hoch.

Nein, klappt nicht, da :

$$v = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \equiv 16,667 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad t_{\text{mittel}} = 0,9306\text{s}$$
$$s = v * t = 16,667 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,9306 \text{ s} = 15,51 \text{ m} > 15\text{m}$$

Situation 1: Nachts bei dichtem Nebel und circa 20 m Sichtweite kommt auf der Landstraße in Richtung Zwönitz (Tempolimit: 100 km/h) ein Pannenfahrzeug am Straßenrand in Sicht.

Situation 2: In der Spielstraße am Landratsamt Stollberg, in welcher du 5km/h über der Geschwindigkeitsbegrenzung fährst, rennt ein 5. Klässler während der Hofpause 5m vor dir auf die Straße, um einen Ball zu holen.

Situation 3: Außerorts auf der Pfaffenhainer Länge schärt 50m im Voraus im Gegenverkehr ein PKW mit 95km/h aus, um einen Traktor zu überholen. Du selbst fährst ihm mit 80 km/h entgegen.

Situation 4: Ein Fahrradfahrer wechselt auf der Chemnitzer Str. in Stollberg ohne Schulterblick 8m vor dir vom Fußweg auf die Straße. Er fährt mit 20 km/h in dieselbe Richtung wie du selbst.

Aufgabe 3: Untersuche mit deinem Partner die Auswirkungen verschiedener Ablenkungen im Straßenverkehr auf deine Reaktionszeit (aus ADAC: *Häufigste Ablenkungen von Autofahrern mit Unfallfolgen*). Nimm dazu dein Handy mit dem Reaktionstest in deine nicht-dominante Hand und vollziehe folgende, ablenkende Tätigkeiten. Dein Partner startet dabei zufällig den Test. Notiere die Reaktionszeiten zu den Tätigkeiten genauso wie in Aufgabe 1.

- a) Schreibe mit einem anderen Handy eine Whatsapp an deinen Partner. $t_{\text{mittel}} =$
- b) Suche einen Stift, der dir davor heruntergefallen ist. $t_{\text{mittel}} =$
- c) Stelle die Navigation zu dir nach Hause in Google Maps ein. $t_{\text{mittel}} =$
- d) Esse oder trinke etwas „während der Fahrt“. $t_{\text{mittel}} =$
- e) Richte den Gurt deines Kindes (Partner) auf dem Beifahrersitz $t_{\text{mittel}} =$

Aufgabe 4: Berechne eine der Situationen aus Aufgabe 2 mit positivem Ausgang erneut mit deiner höchsten Reaktionszeit aus Aufgabe 3. Verbleibt die Situation positiv ?

Lösung zu Station 1: Reaktionszeit bei Gefahren

Aufgabe 1: Messe dich mit den Rennfahrern, indem du mit deinem Handy die Website ‚humanbenchmark.com‘ aufrufst. Wähle dabei den ‚Reaction Time‘-Test aus, nimm drei deiner eigenen Reaktionszeiten auf und bestimme daraus deine durchschnittliche Reaktionszeit in ms. Addiere dazu die Durchschnittliche Verarbeitungszeit bei Gefahrensituationen von circa 600 ms.

$$t_1 = 323 \text{ ms}$$

$$t_2 = 342 \text{ ms}$$

$$t_3 = 327 \text{ ms}$$

$$t_m = 330,6 + 600 \text{ ms}$$

Aufgabe 2: Im Folgenden liest du über verschiedene Fahrtsituationen. Schätze dabei zuerst dich selbst ein, ob ein Ausweichen funktioniert und überprüfe dich im Anschluss selbst. Berechne dazu mit bekannten Formeln aus der Kinematik, ob eine Kollision durch Ausweichen mit deiner Reaktionszeit vermeidbar wäre.

Situation 1: Nachts bei dichtem Nebel und circa 20 m Sichtweite kommt auf der Landstraße in Richtung Zwönitz (Tempolimit: 100 km/h) ein Pannenfahrzeug am Straßenrand in Sicht.

Nein, klappt nicht, da :

$$v = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \equiv 27,778 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$s = v * t = 27,778 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,9306 \text{ s} = 25,77762\text{m} \gg 20\text{m}$$

Situation 2: Außerorts auf der Pfaffenhainer Länge schärt 50m im Voraus im Gegenverkehr ein PKW mit 95km/h aus, um einen Traktor zu überholen. Du selbst fährst ihm mit 80 km/h entgegen.

Klappt ganz knapp, da:

$$v_{Ges} = (95 + 80) \frac{\text{km}}{\text{h}} = 175 \frac{\text{km}}{\text{h}} \equiv 48,611 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$s = v * t = 48,611 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,9306 \text{ s} = 45,2375\text{m} < 50\text{m}$$

Situation 3: In der Spielstraße am Landratsamt Stollberg, in welcher du 5km/h über der Geschwindigkeitsbegrenzung fährst, rennt ein 5. Klässler während der Hofpause 5m vor dir auf die Straße, um einen Ball zu holen.

Nein klappt nicht, da:

$$v = (15 + 5) \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} \equiv 5,555 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$s = v * t = 5,555 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,9306 \text{ s} = 5,17\text{m} > 5\text{m}$$

Situation 4: Ein Fahrradfahrer wechselt auf der Chemnitzer Str. in Stollberg ohne Schulterblick 8m vor dir vom Fußweg auf die Straße. Er fährt mit 20 km/h in dieselbe Richtung wie du selbst.

Klappt ganz knapp, da:

$$v = (50 - 20) \frac{\text{km}}{\text{h}} = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} \equiv 8,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$s = v * t = 8,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,9306 \text{ s} = 7,75 \text{ m} < 8\text{m}$$

Aufgabe 3: Untersuche mit deinem Partner die Auswirkungen verschiedener Ablenkungen im Straßenverkehr auf deine Reaktionszeit (aus ADAC: Häufigste Ablenkungen von Autofahrern mit Unfallfolgen). Nimm dazu dein Handy mit dem Reaktionstest in deine nicht-dominante Hand und vollziehe folgende, ablenkende Tätigkeiten. Dein Partner startet dabei zufällig den Test. Notiere die Reaktionszeiten zu den Tätigkeiten genauso wie in Aufgabe 1.

- a) Schreibe mit einem anderen Handy eine Whatsapp an deinen Partner. tm = 434ms
- b) Suche einen Stift, der dir davor heruntergefallen ist. tm = 681 ms
- c) Stelle die Navigation zu dir nach Hause in Google Maps ein. tm = 538 ms

d) Esse oder trinke etwas „während der Fahrt“.

tm = 339 ms

e) Richte den Gurt deines Kindes (Partner) auf dem Beifahrersitz

tm = 630 ms

Aufgabe 4: Berechne eine der Situationen aus Aufgabe 2 mit positivem Ausgang erneut mit deiner höchsten Reaktionszeit aus Aufgabe 3. Verbleibt die Situation positiv ?

Nein klappt nicht, da: $v_{Ges} = (95 + 80) \frac{km}{h} = 175 \frac{km}{h} \equiv 48,611 \frac{m}{s}$

$$s = v * t = 48,611 \frac{m}{s} * (0,681 + 0,6)s = 62,3 m < 50m$$

Station 2: Bremswege auf verschiedenen Untergründen

Aufgabe 1: Schätze dich in den folgenden Fahrtsituationen selbst ein, indem du eine für dich maximal fahrbare Geschwindigkeit angibst.

Situation 1: Bei Schneefall im Erzgebirge fährst du die Umgehungsstraße aus Thalheim nach Stollberg hinein (Tempolimit: 70, Steigung: 5°). Die Straße ist weder geräumt noch gestreut und bedeckt mit festgefahretem Schnee. Vor dir im Tal, in 60 m Entfernung, befindet sich ein Stauende.

Situation 2: Auf der Bahnhofsstraße in Stollberg hat sich vor der Sporthalle eine 30m lange Eisschicht bis hin zur Fußgängerampel gebildet. Diese ist rot und Schüler überqueren die Ampel.

Situation 3: Ein Pannenfahrzeug steht am Berg (Steigung: 3,3°) in Niederwürschnitz auf Höhe Dönertreff auf deiner Fahrspur nach unten. Hinter dem PKW hat sich eine 50 m lange Ölspur gebildet. Das Fahrzeug ist wohl bei den Bahnschienen aufgesessen.

Situation 4: Auf der Pfaffenhainer Länge werden auf einer Fahrspur Bauarbeiten durchgeführt und etwas Sand und Rollsplit sind auf die andere Spur gerietet und haben sich über die gesamte Baustellenlänge von 40 m verteilt. Am Baustellenende fährt ein Kipper auf die freie Spur, ohne auf dich am Anfang der Baustelle zu achten.

Situation 5: Auf dem Marktplatz in Stollberg läuft 5 m vor dir ein Mann, glücklich und abgelenkt wegen seinem bei Bühlers erworbenen Schokoeis, auf die Straße.

Aufgabe 2: Nun sollen für die oben genannten Fahrbedingungen die Reibungskoeffizienten der Fahrbahn experimentell bestimmt werden. Dazu wird eine schiefe Ebene mit verschiedenen Auflagen wie Schnee, Eis, Sand, etc. belegt und der Versagenspunkt der Haftreibung gemessen. Folge dazu der Versuchsanleitung:

1. Der Versuchsaufbau ist bereits aufgebaut und die Unterlagenmaterialien liegen bereit
2. Bestreue die Fläche der schiefen Ebene mit dem jeweiligen Material zur Messung, lege darauf den Versuchskörper und neige die Ebene bis der Versuchskörper beginnt wegzurutschen
3. Lese den Neigungswinkel mittels des Winkelmaßes ab und berechne mit gegebener Formel den Reibungskoeffizienten.

Berechnung:

$$\mu_{Reib} = \tan \alpha$$

Untergrund	Schnee	Eis	Öl	Sand	Asphalt/Stein
Winkel					
Reibungszahl					

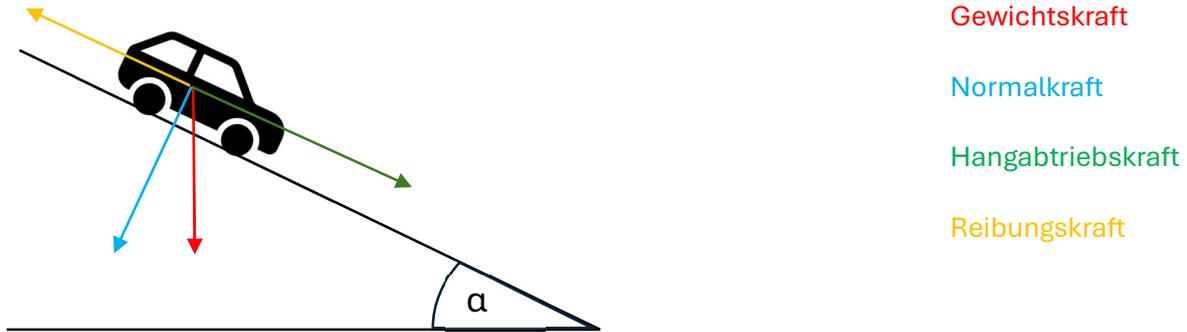
Aufgabe 3: Berechne nun mit dem ermittelten Reibungskoeffizienten die tatsächlichen Bremswege aus Aufgabe 1 (Reaktionszeit vernachlässigt) für ein 1,6 t schweres Auto und deine geschätzten Geschwindigkeiten. Versuche dazu selbst eine Formel aus der Kinematik herzuleiten.

Tipp: Solltest du Probleme haben nutze Stück für Stück die bereitgestellten Tipps und Hilfen.

Hilfestellungen zu Station 2:

Tipp 1: Versuche zu Beginn eine Kräftezerlegung der agierenden Kräfte zu skizzieren. Verwende dazu Reib-, Normal- und Gewichtskraft. Überlege danach, wie man daraus mittels $F(\text{Reib}) * s = E_{\text{Kin}}$ den Bremsweg berechnen kann.

Tipp 2: Betrachte die Skizze mit Kraftzerlegung. Schaue zur Verwendung der Kräfteformeln in das Tafelwerk Seite 109.



Tipp 3: Die Formel zur Berechnung des Bremsweges lautet nach Gleichsetzung von $F(\text{Reib}) * s = E_{\text{Kin}}$ wie folgt:

$$\mu * m * g * \cos \alpha * s = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Lösung zu Station 2: Bremswege auf verschiedenen Untergründen

Aufgabe 1: Schätze dich in den folgenden Fahrtsituationen selbst ein, indem du eine für dich maximal fahrbare Geschwindigkeit angibst.

Situation 1: Bei Schneefall im Erzgebirge fährst du die Umgehungsstraße aus Thalheim nach Stollberg hinein (Tempolimit: 70, Steigung: 5°). Die Straße ist weder geräumt noch gestreut und bedeckt mit festgefahretem Schnee. Vor dir im Tal, in 60 m Entfernung, befindet sich ein Stauende.

Situation 2: Auf der Bahnhofsstraße in Stollberg hat sich vor der Sporthalle eine 30m lange Eisschicht bis hin zur Fußgängerampel gebildet. Diese ist rot und Schüler überqueren die Ampel.

Situation 3: Ein Pannenfahrzeug steht am Berg (Steigung: 3,3°) in Niederwürschnitz auf Höhe Dönertreff auf deiner Fahrspur nach unten. Hinter dem PKW hat sich eine 50 m lange Ölspur gebildet. Das Fahrzeug ist wohl bei den Bahnschienen aufgesessen.

Situation 4: Auf der Pfaffenhainer Länge werden auf einer Fahrspur Bauarbeiten durchgeführt und etwas Sand und Rollsplit sind auf die andere Spur gerietet und haben sich über die gesamte Baustellenlänge von 40 m verteilt. Am Baustellenende fährt ein Kipper auf die freie Spur, ohne auf dich am Anfang der Baustelle zu achten.

Situation 5: Auf dem Marktplatz in Stollberg läuft 5 m vor dir ein Mann, glücklich und abgelenkt wegen seinem bei Bühlers erworbenen Schokoeis auf die Straße.

Aufgabe 2: Nun sollen für die oben genannten Fahrbedingungen die Reibungskoeffizienten der Fahrbahn experimentell bestimmt werden. Dazu wird eine schiefe Ebene mit verschiedenen Auflagen wie Schnee, Eis, Sand, etc. belegt und der Versagenspunkt der Haftreibung gemessen. Folge dazu der Versuchsanleitung:

1. Der Versuchsaufbau ist bereits aufgebaut und die Unterlagenmaterialien liegen bereit
2. Starte auf deinem Handy die Phyphox-App, wähle die Option ‚Neigung‘ → ‚Liegend‘ aus, starte die Messung und lege/klemme das Handy in die Halterung an der schiefen Ebene
3. Bestreue die Fläche der schiefen Ebene mit dem jeweiligen Material zur Messung, lege darauf den Versuchskörper und neige die Ebene bis der Versuchskörper beginnt wegzurutschen
4. Lese den Neigungswinkel mittels der Phyphox-App ab und berechne mit gegebener Formel den Reibungskoeffizienten

Berechnung (Literaturwert):

$$\mu_{Reib} = \tan \alpha$$

- Schnee $\mu_{Schne} = < 0,2$
- Eis $\mu_{Eis} = < 0,1$
- Öl $\mu_{Öl} = < 0,1$
- Sand $\mu_{Sand} = 0,7$
- Asphalt/Stein $\mu_{Asph} = 0,8-0,9$

Aufgabe 3: Berechne nun mit dem ermittelten Reibungskoeffizienten die tatsächlichen Bremswege aus Aufgabe 1 (Reaktionszeit vernachlässigt) für ein 1,6 t schweres Auto und deine geschätzten Geschwindigkeiten. Versuche dazu selbst eine Formel aus der Kinematik herzuleiten.

$$F_{Reib} = \mu * F_N = \mu * F_G * \cos \alpha = \mu * m * g * \cos \alpha$$

$$W_{Reib} = E_{Kin}$$

$$\mu * m * g * \cos \alpha * s = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$s = \frac{v^2}{2 * \mu * g * \cos \alpha}$$

Kollisionsfreie Geschwindigkeiten:

Situation 1: < 55 km/h

Situation 2: < 28 km/h

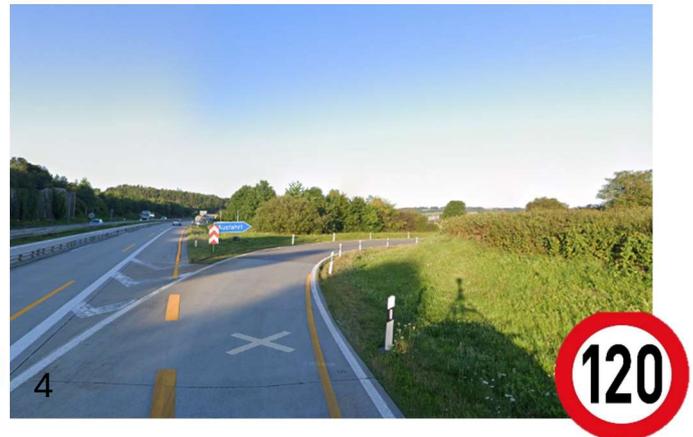
Situation 3: < 35 km/h

Situation 4: < 85 km/h

Situation 5: < 34 km/h

Station 3: Kurveneinfahrtsgeschwindigkeiten

Aufgabe 1: Schätze deine Kurveneinfahrtsgeschwindigkeit in Fahrsituationen anhand der unten stehenden Streetview Bilder der Region ein. Das Tempolimit ist jeweils am Rand vermerkt.



Aufgabe 2: Berechne nun mit den gegebenen Kurvenradien für jede Fahrsituation und deiner zuvor geschätzten Kurvengeschwindigkeit, ob du aus der Kurve getragen wirst oder durch sie hindurchfahren kannst. (Tipp: nutze dazu die Radialkraft und die Haftreibung der Reifen mit $\mu_{Asph} = 0,8$)

$$m_{Auto} = 1,6 t \quad r_1 = 28,5 m \quad r_2 = 38 m \quad r_3 = 38 m \quad r_4 = 53 m$$

Tipp: Solltest du Probleme haben nutze Stück für Stück die bereitgestellten Tipps und Hilfen.

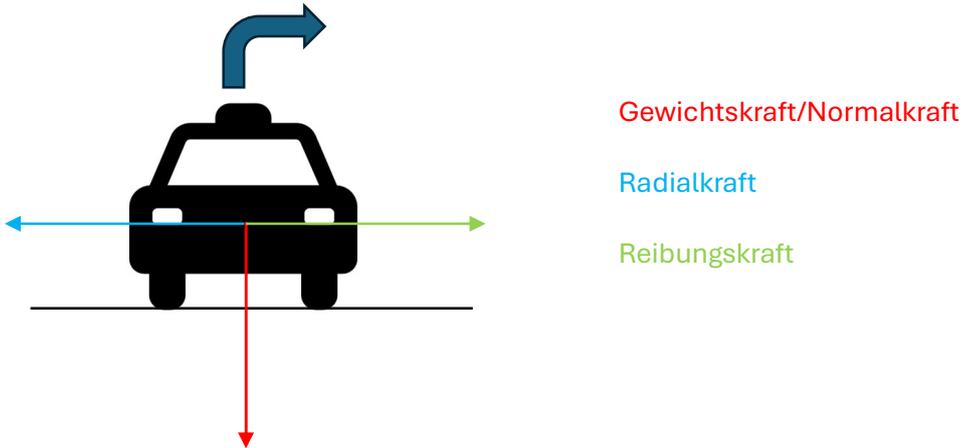
Aufgabe 3: Informiere dich kurz im Netz über die Vorgänge von Untersteuern und Übersteuern von Fahrzeugen in Kurven. Erkläre auf dessen Basis, welcher Teil des Fahrzeuges bei diesen Vorgängen anfängt mit Rutschen.

Aufgabe 4: Erläutere auf Basis deines, jetzt vielleicht neu erworbenen, Wissens, warum Rennfahrer auf Rennstrecken ihre Ideallinie so wählen, wie sie es tun. Erkläre auch, warum solch ein Fahrverhalten im öffentlichen Straßenverkehr zum Verhängnis werden könnte.

Hilfestellungen zu Station 3:

Tipp 1: Versuche zu Beginn eine Kräftezerlegung der agierenden Kräfte zu skizzieren. Verwende dazu Radial-, Normal- und Reibkraft. Überlege danach, wie man daraus mittels eines Kräftegleichgewichts berechnen kann, ob das Auto in der Kurve bleibt.

Tipp 2: Betrachte die Skizze mit Kraftzerlegung. Schau zur Verwendung der Kräfteformeln in das Tafelwerk Seite 109.

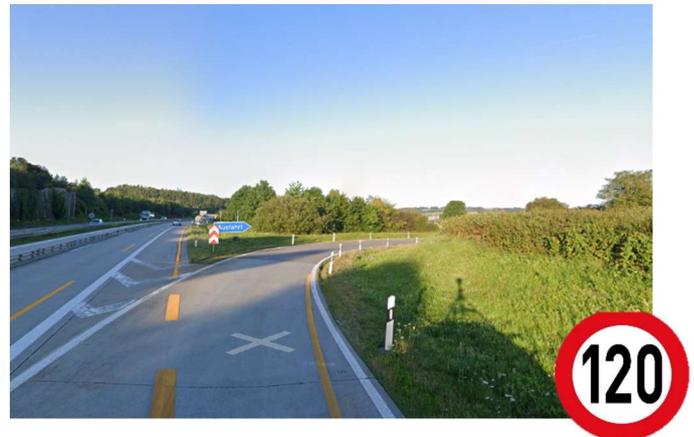


Tipp 3: Damit die Kurvenfahrt funktioniert muss mindestens gelten $F_{Radial} = F_{Reib}$ und somit:

$$\frac{m * v^2}{r} = \mu * m * g$$

Lösung zur Station 3: Kurveneinfahrtsgeschwindigkeiten

Aufgabe 1: Schätze deine Kurveneinfahrtsgeschwindigkeit in Fahrsituationen anhand der unten stehenden Streetview Bilder der Region ein. Das Tempolimit ist jeweils am Rand vermerkt.



Aufgabe 2: Berechne nun mit den gegebenen Kurvenradien für jede Fahrsituation und deiner zuvor geschätzten Kurvengeschwindigkeit, ob du aus der Kurve getragen wirst oder durch sie hindurchfahren kannst. (Tipp: nutze dazu die Radialkraft und die Haftreibung der Reifen mit $\mu_{Asph} = 0,8$)

$$m_{Auto} = 1,6 t$$

$$r_1 = 28,5 m$$

$$r_2 = 38 m$$

$$r_3 = 38 m$$

$$r_4 = 53 m$$

$$F_{Radial} < F_{Haft}$$

$$\frac{m * v^2}{r} < \mu * m * g$$

$$v_1 = < 54 \text{ km/h}$$

$$v_2 = v_3 = < 63 \text{ km/h}$$

$$v_4 = < 73 \text{ km/h}$$

Aufgabe 3: Informiere dich kurz im Netz über die Vorgänge von Untersteuern und Übersteuern von Fahrzeugen in Kurven. Erkläre auf dessen Basis, welcher Teil des Fahrzeuges bei diesen Vorgängen anfängt mit Rutschen.

- Untersteuern: Die Fahrzeugschnauze schiebt über die Vorderräder zum äußeren Kurvenrand
→ Vorderräder fangen mit Rutschen an
- Übersteuern: Das Heck drängt nach außen, der Lenkeinschlag ist geringer als es dem Kurvenradius entspräche
→ Hinterräder fangen mit Rutschen an

Aufgabe 4: Erläutere auf Basis deines, jetzt vielleicht neu erworbenen, Wissens, warum Rennfahrer auf Rennstrecken ihre Ideallinie so wählen, wie sie es tun. Erkläre auch, warum solch ein Fahrverhalten im öffentlichen Straßenverkehr zum Verhängnis werden könnte.

- Verringerung des Kurvenradius und somit höhere mögliche Kurvengeschwindigkeit
- Schneiden der Kurve kommt das Auto in den Gegenverkehr und kann bei Gegenverkehr zur Kollision führen

Station 4: Kurvenüberhöhung

Anders als bei Zweirädern im Straßenverkehr ist es Fahrzeugen mit vier oder mehr Rädern nicht möglich ihre Kurveneinfahrtsgeschwindigkeit durch Kurvenlehnen zu erhöhen oder somit auch eine Kurvenfahrt sicherer zu gestalten.

Eine Technik, welche jedoch im ÖPNV und bei Test- und Rennstrecken für PKWs Anwendung findet, ist die der Kurvenüberhöhung. Dabei wird die Radialkraft, welche bei Kurvenfahrten vorhanden ist, genutzt, um das Fahrzeug auf die Fahrfläche zu pressen.

Aufgabe 1: Schnalle im Selbstexperiment dein Handy mit der Phyphox-App in die Vorrichtung zum „Kurvenflug“. Starte die Messung von ‚Beschleunigung (mit g)‘ in ‚Multi‘ und drehe dich und die Vorrichtung mit deinem Handy um die eigene Achse. Versuche dabei möglichst konstante Winkelgeschwindigkeiten einzuhalten und notiere dir die Beschleunigung in der z-Achse. Mache dies 3-mal mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

Aufgabe 2: Skizziere ein zum Experiment passendes Kräfte diagramm und überlege dir, wie man daraus den Auslenkwinkel der Drehvorrichtung berechnen kann. Ist ein Winkel von genau 0° oder von 90° realistisch/möglich, wenn ja wann/wo ?

Aufgabe 3: Berechne mit der Formel zum Drehwinkel aus Aufgabe 2 die jeweiligen Winkel der zuvor gemessenen Beschleunigungen in der z-Achse aus Aufgabe 1.

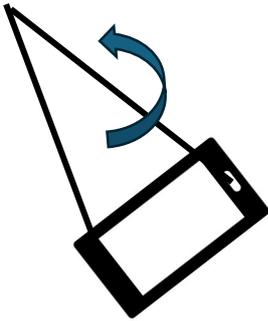
Beschleunigung $a(z)$			
Auslenkwinkel			

Lösung zu Station 4: Kurvenüberhöhung

Anders als bei Zweirädern im Straßenverkehr ist es Fahrzeugen mit vier oder mehr Rädern nicht möglich ihre Kurveneinfahrtsgeschwindigkeit durch Kurvenlehnen zu erhöhen oder somit auch eine Kurvenfahrt sicherer zu gestalten.

Eine Technik, welche jedoch im ÖPNV und bei Test- und Rennstrecken für PKWs Anwendung findet, ist die der Kurvenüberhöhung. Dabei wird die Radialkraft, welche bei Kurvenfahrten vorhanden ist, genutzt, um das Fahrzeug auf die Fahrfläche zu pressen.

Aufgabe 1: Schnalle im Selbstexperiment dein Handy mit der Phyphox-App in die Vorrichtung zum „Kurvenflug“. Starte die Messung von ‚Beschleunigung (mit g)‘ in ‚Multi‘ und drehe dich und die Vorrichtung mit deinem Handy um die eigene Achse. Versuche dabei möglichst konstante Winkelgeschwindigkeiten einzuhalten und notiere dir die Beschleunigung in der z-Achse. Mache dies 3-mal mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

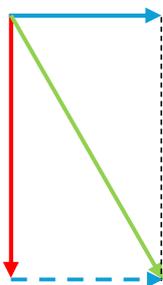


$$a_{z1} = 10,5 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{z2} = 11,1 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{z3} = 12,4 \frac{m}{s^2}$$

Aufgabe 2: Skizziere ein zum Experiment passendes Kräfte diagramm und überlege dir, wie man daraus den Auslenkwinkel der Drehvorrichtung berechnen kann. Ist ein Winkel von genau 0° oder von 90° realistisch/möglich, wenn ja wann/wo ?



Gewichtskraft

Radialkraft

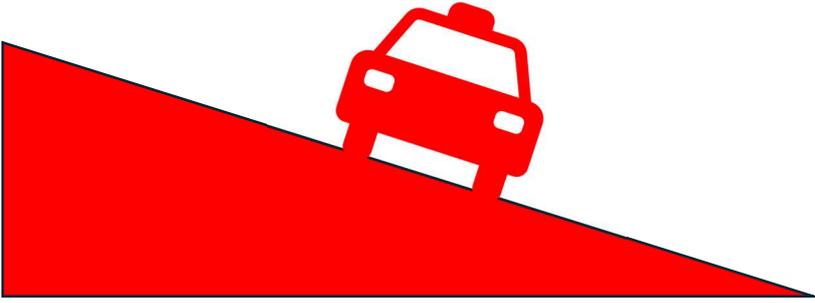
Resultierende Kraft

$$|\vec{F}_{res}| = \sqrt{\vec{F}_g^2 + \vec{F}_R^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{\vec{F}_g}{\vec{F}_{res}}$$

Ein Winkel von 0° bzw 90° ist möglich, wenn entweder die Radialkraft = 0 beträgt (also keine Drehung stattfindet) oder die Gewichtskraft = 0 beträgt (das handy also keine Masse besitzt oder sich in Schwerelosigkeit befindet).

Aufgabe 3: Überprüfe die Theorie, dass: bei Glatteis ($\mu_{Eis} = 0,1$) auf Straßen eine Kurvenüberhöhung theoretisch sinnvoll wäre. Stelle dazu ein Kräfte diagramm auf, wobei du Haftreibung und Hangabtriebskraft mit einbeziehst. Gibt es dabei Einschränkungen der Theorie ?

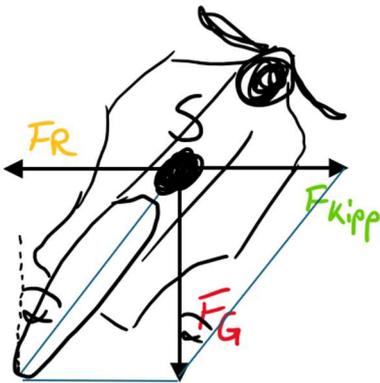


Station 5: Schräglage beim Motorrad

Aufgabe 1: Untersuche qualitativ die Auswirkungen der Veränderung von Masse, Winkelgeschwindigkeit, Schwerpunkt und Drehradius auf die Schräglage eines Motorradfahrers während der Kurvenfahrt. Formuliere Aussagen zur Proportionalität zwischen den Größen und dem Lagewinkel.

Benutze dazu den Versuchsaufbau mit Drehscheibe und Spielzeug-Motorrad. Fertige zusätzlich zu den Aussagen zur Proportionalität eine Skizze zum Versuchsaufbau an.

Aufgabe 2: Leite eine allgemeine Formel zur Berechnung der Motorradschräglage her, unter Beachtung von Flieh- und Neigungskräften. Beziehe dabei Faktoren wie Reifenbreite und Schwerpunkthöhe nicht mit ein.



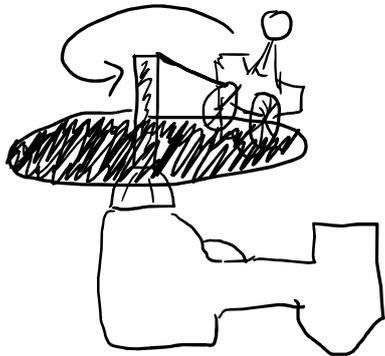
Aufgabe 3: Im September 2023 stellte der MotoGP-Fahrer Marc Marquez den Weltrekord in der Motorradschräglage im florentinischen Mugello in der Bucine-Kurve (Bild) auf. Dazu fuhr er 108 km/h und erreichte eine Schräglage von 66° vom Lot. Ermittle aus den gegebenen Werten den Kurvendurchmesser der Bucine-Kurve.



Lösung zu Station 5: Schräglage beim Motorrad

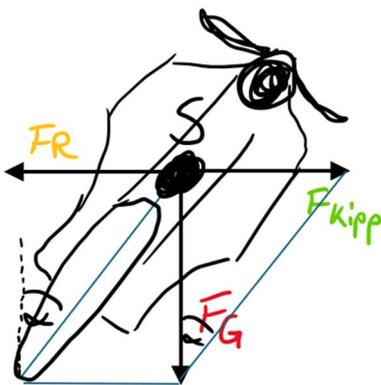
Aufgabe 1: Untersuche qualitativ die Auswirkungen der Veränderung von Masse, Winkelgeschwindigkeit, Schwerpunkt und Drehradius auf die Schräglage eines Motorradfahrers während der Kurvenfahrt. Formuliere Aussagen zur Proportionalität zwischen den Größen und dem Lagewinkel.

Benutze dazu den Versuchsaufbau mit Drehscheibe und Spielzeug-Motorrad.



- Masse hat keinen Einfluss auf die Schräglage des Motorrads
- Umso größer die Winkelgeschwindigkeit, desto größer der Neigungswinkel vom Lot weg
- Umso niedriger der Schwerpunkt, desto niedriger der Neigungswinkel vom Lot weg
- Umso größer der Drehradius, desto niedriger der Neigungswinkel

Aufgabe 2: Leite eine allgemeine Formel zur Berechnung der Motorradschräglage her, unter Beachtung von Flieh- und Neigungskräften. Beziehe dabei Faktoren wie Reifenbreite und Schwerpunkthöhe nicht mit ein. (Tipp: versuche eine erste Skizze mit Kräftepfeilen)



$$F_{Radial} = F_{Kipp}$$

$$\tan \alpha = \frac{F_{Kipp}}{F_G}$$

$$F_{Kipp} = F_G * \tan \alpha = m * g * \tan \alpha$$

$$F_{Radial} = m * \frac{v^2}{r}$$

$$m * g * \tan \alpha = m * \frac{v^2}{r}$$

$$\alpha = \arctan \frac{v^2}{r * g}$$

Aufgabe 3: Im September 2023 stellte der MotoGP-Fahrer Marc Marquez den Weltrekord in der Motorradschräglage im florentinischen Mugello in der Bucine-Kurve (Bild) auf. Dazu fuhr er 108 km/h und erreichte eine Schräglage von 66° vom Lot. Ermittle aus den gegebenen Werten den Kurvendurchmesser der Bucine-Kurve.

$$r = \frac{v^2}{\tan \alpha * g} = 40,85 \text{ m}$$

Ablauf:

Zeit / min	Lehreraktivität	Schüleraktivität	Material	Phase
20	Vorbereitung des Zimmers / der Experimente	Pause	Alle angegebenen Experimentiermaterialien	Vorbereitung
5	<p>Begrüßung der Klasse, Vorstellung meiner selbst, Erläutern des Grunds meiner Anwesenheit und der Sinn der heutigen Stunde, Aufteilung der SuS in insgesamt 5 Gruppen mit 2-3 Personen</p> <p>Motivation des Themas durch kurze Umfrage wer Führerschein zur Zeit macht und wer bereits einen besitzt</p>	<p>Begrüßung der Lehrkraft, Aufteilen in Gruppen und Wahl der ersten Station, Beantworten der Motivationsfragen</p>	/	Lehrervortrag
75	<p>Geben von Hilfestellung, Überprüfung der Arbeit von SuS, Ankündigen der Stationswechsel aller 15 min Intervalle</p>	<p>SuS bearbeiten die Stationen, Experimentieren mit Bedacht, Wenden ihr Wissen zu Kinematik und Dynamik an, Ziehen für sich selbst Schlussfolgerungen zum eigenen Fahrverhalten, überprüfen sich selbst anhand des Lösungsbildes</p>	<p>Stationsaufgaben, Handy, Experimentieraufbauten</p>	Gruppenarbeit
10	<p>Kurzes Auswertungsgespräch zu allgemeinen Erkenntnissen in den einzelnen Stationen (pro Station ca. 2 min)</p> <p>Motivation des Feedbacks zur Allgemeinen Einstellung zur Stationsarbeit</p>	<p>SuS reflektieren ihre berechneten Ergebnisse und ihre Einschätzungen zum Fahrverhalten für jede Station</p>	<p>Mitschriften der SuS</p>	Auswertung / Unterrichtsgespräch

Materialien zum Experimentieren:

Station 1:

Handy mit Internetzugang

Inhalte aus dem Federmäppchen

Station 2:

Aufbau zur schiefen Ebene (schiefe Ebene – Plastik, Holzkörper mit Gummioberfläche, Befestigungsmaterial)

Handy mit Phyphox

Gummibänder, kleines Brettchen (zur Sicherung der Handymessung)

Materialien zum Belegen/Bestreuen der Oberfläche (Sand, Eiswürfel, Reibe, Öl, kleine Steinplatte) → selbst mitgebracht

Station 3:

Keine

Station 4:

Handy mit Phyphox

Freihandaufbau für Radialkraft/Überschlag (Strick mit Holzbrett an einem Ende [bei Tag der offenen Tür gesehen])

Gummibänder zur Befestigung des Handys

Station 5:

Drehscheibe mit Motor

Band/Schnur

Massestücke Set

Spielzeug-Motorradfahrer → selbst mitgebracht

Reflexion und Verbesserungen:

- Einsatz in Leistungskurs präferabel: kleinere Gruppengröße, komplexere Aufgaben, schnellere Bearbeitungszeit im Vergleich zum Grundkurs (in 2Uh gut durchführbar)
- Als Abschluss des Lernbereichs sinnvoller als die Durchführung als Schuljahresabschluss: motiviertere Herangehensweise, aktuelleres Vorwissen
- Großes Lob der SuS galt: dem Ortsbezug einiger Aufgaben, den Interessanten, Intuitiven und aktivierenden Experimenten, den abwechselnden Stationsthemen mit durchgehendem Bezug auf das Allgemeinthema, Einbindung von Technik wie Handy, Internet und Sensorik
- Gestufte Hilfen wurden gern angenommen und trugen zum Fortschritt der Aufgaben bei
- Hinweise zur Durchführung:
 - Schultabletts bereitstellen
 - Bereitstellen von Aufwischmaterial und Wannen in Station 2
 - Vorbereitung von Eisplatten für Versuch 2 durch 3D-gedruckte Eisformen sinnvoll
 - Befestigung des (am besten alten) Handys bei Station 4 am Schwungbrett mittels Gummibänder oder Tesa
 - Für Vorbereitung der Stationen gut 2 Zeitstunden einplanen

Erreichen der Lernziele:

- Lernziel 1:
 - Bewerten: Erreicht, da zu jeder Station eine eigene Bewertung/Selbsteinschätzung zu Beginn oder in der Stationsaufgabe gestellt wurde
 - Reflektieren: bei vielen SuS beobachtet, durch Ortsbeispiele verstärkt, großteils erreicht jedoch zur genauen Nachprüfung weitere Auswertungsarbeit notwendig
 - Überprüfen durch Physik: in jeder Station thematisiert, nicht alle SuS haben alle Rechnungen (alleinständig) schaffen können, zufriedenstellend erreicht
- Lernziel 2:
 - Formelnutzung: musste teilweise über gestufte Hilfen oder Beispielrechnungen initiiert werden, im allgemeinen aber erfüllt
 - Formelherleitung: bereits durch betreuende Lehrkraft abgeschwächt, da zu prägnant vertreten, übrige Herleitungen einfach und schrittweise angeleitet, Großteil der SuS haben die Formeln erhalten
 - Berechnung: Explizite Berechnung musste meist motiviert werden, Überprüfung über beigelegte Musterlösung wurde zu oft genutzt → deutlichere Aufgabenstellung zur Berechnung der Werte über geplantes Muster
- Lernziel 3:
 - Interpretation: Ergebnisse wurden durchgängig mit eigener Einschätzung verglichen, Rückschlüsse auf eigenes Fahrverhalten war bei einigen SuS beobachtbar durch verbalen Austausch mit den Mitschüler:innen
 - Diskussion: Einfluss von Fehlerquellen wurden bei den zu erwartenden Stationen beobachtet, Ergebnisse wurden über Eigenerfahrung, Lehrkrafts-Impulse oder auch gestufte Hilfen kontrolliert, abgeglichen und diskutiert