

Eine „herkömmliche“ Aufgabe ...

Der Anhalteweg eines Pkw setzt sich zusammen aus dem Bremsweg und der Strecke, die während der Reaktionszeit zurückgelegt wird. (Die Reaktionszeit ist die Zeit vom Erkennen der Gefahr bis zu Beginn des Bremsvorganges.) Der Anhalteweg in m kann grob mit dem Term $(0,1x)^2 + 0,3x$ bestimmt werden, wobei x die Geschwindigkeit in km/h ist, die das Fahrzeug beim Erkennen der Gefahr hatte. Bei welcher Geschwindigkeit ist der Anhalteweg bereits 50 m (100 m) lang?

... wird verändert

Geschwindigkeit in km/h	Reaktionsweg in m	Geschwindigkeit in km/h	Bremsweg in m	Geschwindigkeit in km/h	Anhalteweg in m
10	3	10	1	10	4
20	6	20	4	20	
30	9	30	9	30	18
40	12	40	16	40	
50	15	50		50	
65		65		65	
80		80		80	
100	30	100	100	100	130
130		130		130	
					200

Fülle die Tabelle weiter aus und suche geeignete Funktionsvorschriften. Finde möglichst viele Eigenschaften der Funktionen in der Tabelle.

Nach: Friedrich, Jahresheft 2003 Aufgaben: Lernen fördern, Selbständigkeit entwickeln

... und später am Ende der Unterrichtseinheit

Auf einer innerörtlichen Straße beträgt die Höchstgeschwindigkeit 50 km/h. Wie lange muss eine Ampel für die Kraftfahrzeuge Gelb zeigen, damit eine sichere Entscheidung zwischen Anhalten und Durchfahren möglich ist?

Wie verändert sich die Situation, wenn ein Fahrer die Höchstgeschwindigkeit deutlich überschreitet?

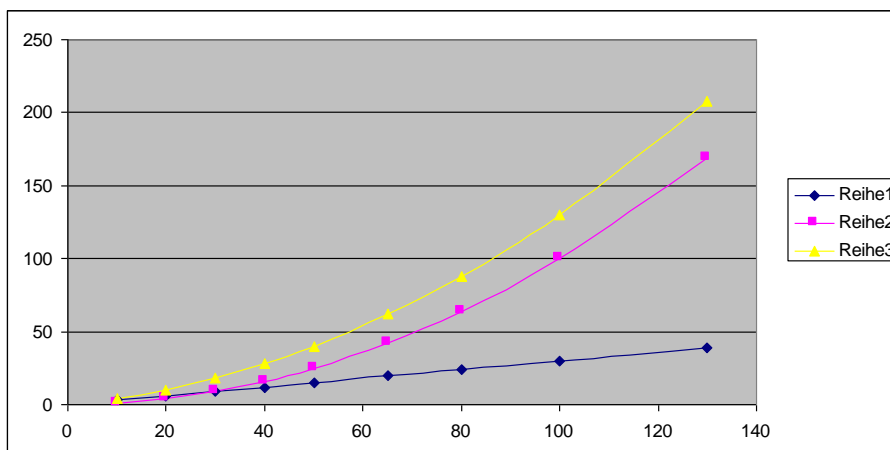
Lösungen

Geschwindigkeit in km/h	Reaktionsweg in m	Bremsweg in m	Anhalteweg in m
10	3	1	4
20	6	4	10
30	9	9	18
40	12	16	28
50	15	25	40
65	19,5	42,25	61,75
80	24	64	88
100	30	100	130
130	39	169	208

Hinweise:

Unmittelbar nach dem Erarbeiten der Funktionsvorschriften wurde die Tabelle mit der Tabellenkalkulation bearbeitet um die Graphen zeichnen zu lassen. Dabei wurden zugleich die Kenntnisse im Umgang mit der Tabellenkalkulation erweitert.

Geschwindigkeit in km/h	Reaktionsweg in m	Bremsweg in m	Anhalteweg in m
10	3	1	4
=A20+10	=A21/10*3	=(A21/10)^2	=B21+C21
=A21+10	=A22/10*3	=(A22/10)^2	=B22+C22
=A22+10	=A23/10*3	=(A23/10)^2	=B23+C23
=A23+10	=A24/10*3	=(A24/10)^2	=B24+C24
=A24+10	=A25/10*3	=(A25/10)^2	=B25+C25
=A25+10	=A26/10*3	=(A26/10)^2	=B26+C26
=A26+10	=A27/10*3	=(A27/10)^2	=B27+C27
=A27+10	=A28/10*3	=(A28/10)^2	=B28+C28



Hintergrundinformationen für Lehrkräfte

Ist die „Fahrschulformel“ realistisch? 100 Meter Bremsweg bei einer Bremsung aus Tempo 100 km/h? Leser von Autozeitschriften wissen: Jeder Fahrzeughersteller würde mit diesem Fahrzeug beim Publikum und auch beim Kraftfahrtbundesamt durchfallen. Jedoch bremsen bei diesen Autotests geschulte Testfahrer unter idealen Bedingungen. Dann sind 40 Meter bereits ein schlechter Wert, zum Teil werden 35 Meter Bremsweg unterschritten. Andererseits sind bei Schneeglätte 200 Meter Bremsweg realistisch.

In der Realität gibt es nassen Blaubasalt, weiße Fahrbahnmarkierungen und vor allem ungeschulte, ängstliche Fahrer, die mit viel zu wenig Kraft auf das Bremspedal drücken. Befragungen ergeben, dass Ängste bestehen, das Bremspedal könne abbrechen, das Fahrzeug könne ins Schleudern geraten, die Reifen könnten platzen. Obwohl mittlerweile alle Fahrschüler die „Gefahrbremung“ üben müssen – einmal, aus 40 km/h – sind weniger als die Hälfte aller Fahrer imstande, im Notfall mit einem entschlossenen, kraftvollen und schnellen Bremsschlag die volle Bremskraft ihres Fahrzeuges auszunutzen und das ABS zu aktivieren. Das entsprechende Geräusch mitsamt dem pulsierenden Gefühl am Bremsfuß erleben sie allenfalls bei Glätte, wenn das Blockieren der Räder viel einfacher gelingt als bei griffiger Fahrbahn.

Zusammengefasst: Allen Lehrkräften, die diese Aufgabe im Mathematikunterricht einsetzen und damit zugleich einen Beitrag zur integrierten Verkehrserziehung im Rahmen der Präventionsarbeit leisten wollen, sei die Teilnahme an einem Fahrsicherheitstraining empfohlen, das die Verkehrswacht und der ADAC regelmäßig anbieten.

Die „Fahrschulformel“ ist ein vereinfachendes, in der Praxis brauchbares Modell, das für die Führerscheinprüfung beherrscht werden muss. Das Modell beschreibt einen mittleren Wert für Reaktions- und Anhaltewege und geht von einer Reaktionszeit von etwa einer Sekunde aus.

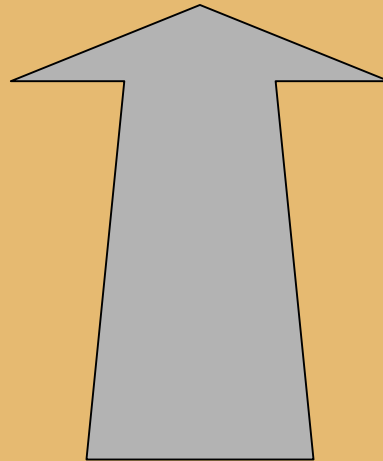
Bei griffigem Untergrund und einer echten Gefahrbremung kann man den so erhaltenen Wert für den Bremsweg noch halbieren.

Bei Schneeglätte muss man den so erhaltenen Wert für den Bremsweg verdoppeln

Bei einem Wasserfilm auf Eis muss man den so erhaltenen Wert für den Bremsweg vervierfachen.

Einen Einfluss auf die Reaktionszeit hat in erster Linie Abgelenktheit durch zahlreiche „Nebentätigkeiten“. Außerdem haben Ausgeruhtheit / Fitness, Lebensalter, Medikamenten- und Alkoholwirkung ebenfalls einen Einfluss auf die Reaktionszeit.

einer Skizze mit Fahrzeug un



Tipps für die Lösung des Problems hier herausziehen

oben: erste Tipps

weiter unten: weitergehende Tipps

Zum Einsatz der Tipps:

Schneiden Sie einen Briefumschlag für DIN A 4-Blätter oben auf und beschriften Sie ihn wie hier gezeigt.

Legen Sie den Umschlag im Klassenraum aus.

Bei großen Lerngruppen stellen Sie die Tipps drei- oder viermal bereit.

Wichtig: Zum Nutzen der Tipps muss man aufstehen, hingehen und nachschauen. Die Schülerinnen und Schüler können sich also bewusst und individuell entscheiden, ob und wann sie die Tipps nutzen wollen.

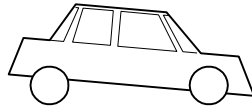
**Zum Ausdrucken dieser Seite mit den Tipps
diese Grafik anklicken und**

- mit der Entf.-Taste löschen oder
- ausschneiden und auf ein neues Blatt einfügen

Lösungen Gelbzeitdilemma

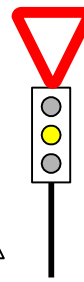
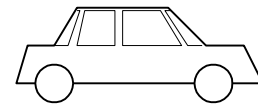
Die Ampel springt von Grün auf Gelb um. Bei großem Abstand zur Haltelinie wird man sich für Anhalten entscheiden, während man kurz vor der Haltelinie durchfährt.

großer Abstand zur Haltelinie: Anhalten



Die Ampel springt auf gelb um.

kurz vor der Haltelinie: Durchfahren



Wo liegt die Grenze zwischen Anhalten und Durchfahren? Wir berechnen die Entfernung von der Haltelinie. Nach der Fahrschulformel Anhalteweg = Reaktionsweg + Bremsweg sind zum

Anhalten aus Tempo 50 ca. 40 m erforderlich: $\frac{50}{10} \cdot 3 + \frac{50}{10} \cdot \frac{50}{10} = 15 + 25 = 40$.

Bei Tempo 50 km/h kann man laut Fahrschulformel vor der Ampel anhalten, wenn man 40 m oder weiter von der Ampel entfernt ist.

Wie lange muss die Ampel Gelb zeigen, damit man 40 m vor dem Rot durchfahren kann?

Einfache Lösung: Die Fahrschulformel gibt eine Näherungslösung für die Strecke, die man in einer Sekunde durchfährt, das sind bei Tempo 50 ca. 15 m. Rechnet man mit dem Dreisatz

von 15 m auf 40 m hoch, sind es $\frac{40}{15} \cdot 1 \text{ s} = 2,6 \text{ s}$.

Genauere Rechnung: Man rechnet von km/h in m/s um, indem man den Zahlenwert durch 3,6 teilt (oder näherungsweise mit 0,28 multipliziert) und die Einheiten umtauscht.

$\frac{50 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{50000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{50 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} = 13,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. $v = \frac{s}{t} \Rightarrow v \cdot t = s \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{40 \text{ m}}{13,8 \text{ m/s}} = 2,88 \text{ s}$.

Reagieren Fahrer/innen und Fahrzeuge nach der Fahrschulformel, muss bei 50 km/h Höchstgeschwindigkeit eine Ampel 2,88 s lang Gelb zeigen, damit eine sichere Entscheidung zwischen Anhalten und Durchfahren möglich ist.

Was verändert sich, wenn ein Fahrer die Höchstgeschwindigkeit deutlich überschreitet?

Rechnen wir mit 70 km/h = 19,4 m/s:

Wenn die Ampel umspringt, kann man 40 m vor der Haltelinie bei Tempo 50 sowohl durchfahren als auch anhalten:

50 km/h

In 2,88 Sekunden werden 40 m durchfahren
Reaktionsweg Bremsweg

50 km/h

15 m 25 m

40 m vor der Haltelinie kann man bei Tempo 70 zwar durchfahren, aber nicht anhalten:

70 km/h

In 2,88 Sekunden werden 56 m durchfahren

70 km/h

Reaktionsweg Bremsweg
21 m 49 m

Durchfahren geht bis 56 m ...

70 km/h

In 2,88 Sekunden werden 56 m durchfahren

70 km/h

Reaktionsweg Bremsweg
21 m 49 m

... und Anhalten ab 70 m vor der Haltelinie.

70 km/h

In 2,88 Sekunden werden 56 m durchfahren

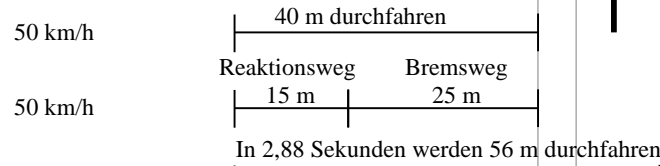
70 km/h

Reaktionsweg Bremsweg
21 m 49 m

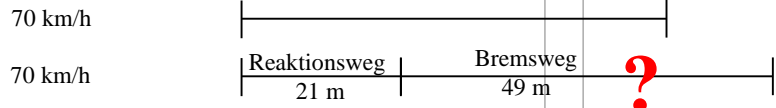


Das Gelbzeit-Dilemma:

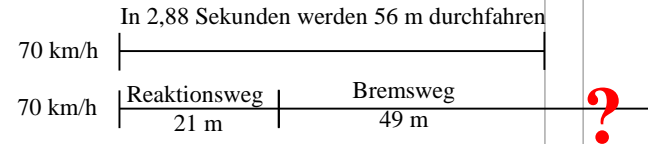
Bei Tempo 50 ist eine sichere Entscheidung zwischen Durchfahren und Anhalten möglich:



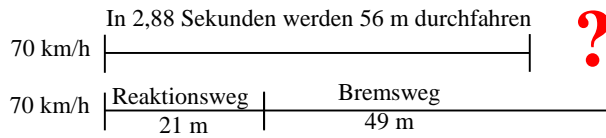
Bei Tempo 70 entsteht ein Problem:



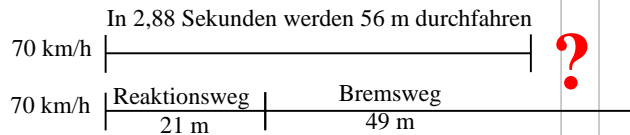
Durchfahren geht bis 56 m ...



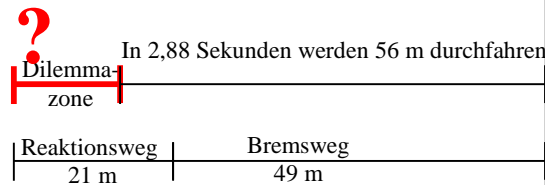
... und Anhalten ab 70 m vor der Haltelinie.



Und was ist dazwischen ?



Bei Tempo 70 entsteht eine 14 m lange Dilemma-Zone.



Beim Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit tritt vor Ampeln ein unlösbares Problem auf, das Gelbzeit-Dilemma: In der Dilemma-Zone ist das Fahrzeug zu weit von der Ampel entfernt, um noch bei Gelb durchfahren zu können. Andererseits ist es bereits zu nah an der Ampel um noch anhalten zu können. Befindet man sich beim Umspringen der Ampel in der Dilemma-Zone, hat man nur die Wahl zwischen Durchfahren bei Rot oder Hineinrutschen in die Kreuzung bei Rot.

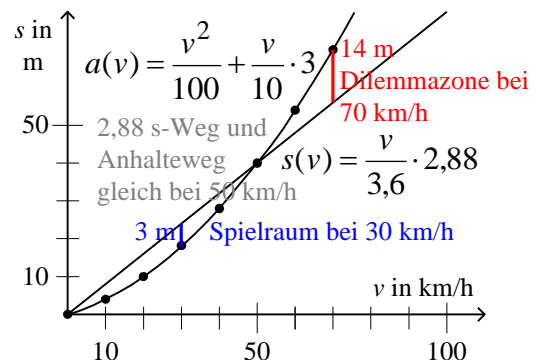
Ursache für das Gelbzeit-Dilemma ist der Unterschied zwischen quadratischem und linearem

Wachstum: Die Strecke $s(v) = \frac{v}{3,6} \cdot 2,88$, die innerhalb der Gelbzeit durchgefahren wird, wächst linear mit der Geschwindigkeit: Der Bremsweg wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit, also schneller als die Durchfahrstrecke. Der Anhalteweg ist $a(v) = \frac{v^2}{100} + \frac{v}{10} \cdot 3$.

Die Strecke $s(v) = \frac{v}{3,6} \cdot 2,88$, die innerhalb der Gelbzeit durchgefahren wird, wächst linear mit der Geschwindigkeit: Der Bremsweg wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit, also schneller als die Durchfahrstrecke. Der Anhalteweg ist $a(v) = \frac{v^2}{100} + \frac{v}{10} \cdot 3$.

Die Strecke $s(v) = \frac{v}{3,6} \cdot 2,88$, die innerhalb der Gelbzeit durchgefahren wird, wächst linear mit der Geschwindigkeit: Der Bremsweg wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit, also schneller als die Durchfahrstrecke. Der Anhalteweg ist $a(v) = \frac{v^2}{100} + \frac{v}{10} \cdot 3$.

In der Realität zeigen Ampeln 1,6 s bis 2 s Gelb. Es wird erwartet, dass Fahrer/innen ihre Fahrzeuge ggf. stärker bremsen als nach der Fahrschulformel. Bei griffigem Untergrund ist eine Halbierung des Bremswegs möglich und auch nötig. Bei Schnee und Eis ist heißt es dagegen langsamer fahren. Außerorts wird vor Ampeln das Tempo auf 70 begrenzt, und diese Ampeln zeigen länger Gelb.



Die in der Gelbzeit durchgefahrne Strecke wächst linear mit der Geschwindigkeit. Der Bremsweg wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit.