

# VERSION A

Jan Müller, Hans Humenberger

## Bremsvorgänge und Restgeschwindigkeiten

Wenn man sich im täglichen Straßenverkehr zu Fuß, mit dem Fahrrad, Motorrad oder mit dem Auto bewegt, muss man sich mit Verkehrsregeln auskennen, um Konflikte zu vermeiden. Denn kennt man nicht die Bedeutung vieler Verkehrsschilder oder der „Rechts vor Links Regel“, so kann es leicht zu gefährlichen wenn nicht lebensgefährlichen Situationen kommen.

Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Regeln gibt es aber auch noch die Vernunft, die uns raten sollte, uns im Straßenverkehr den Umständen angepasst zu verhalten.

Eine hohe Geschwindigkeit ist gerade für junge Motorrad- und Autofahrer etwas sehr Verlockendes – auch ein Spiel mit dem Leben: So schön es sein kann sich Autorennen anzuschauen oder selber schnell zu fahren; es führt jede Woche, jeden Monat und jedes Jahr dazu, dass vor allem junge Menschen im Verkehr sterben müssen.

Die folgende Sequenz von Arbeitsblättern und Übungsaufgaben ist ab Klasse 11 einsetzbar. Auf reale Daten wird an einigen Stellen intensiv eingegangen (Beschreibende Statistik, Anpassen von Kurven an Datenpunkte).

Auf allen Arbeitsblättern wurde die Reaktionszeit der Autofahrer bzw. die sogenannte Schrecksekunde nicht berücksichtigt.

### Anmerkung

Die Arbeitsblätter sind im Rahmen des EU-Projektes „Developing Quality in Mathematics Education 2 (DQME 2)“ entstanden.

## A1 Die Bremszeit und der Bremsweg in Abhängigkeit von verschiedenen Geschwindigkeiten

**Aufgabe 1:** km/h und m/s sind zwei übliche Einheiten für Geschwindigkeiten.

- Welche Vor- bzw. Nachteile haben diese jeweils?
- Rechne die Geschwindigkeiten um!

km/h	30	50	70	80	100	130					
m/s							5	10	20	30	45

- Gib jeweils eine allgemeine Formel für die Umrechnung an.

**Aufgabe 2)** Die folgende Tabelle zeigt Daten EINES Bremsvorgangs.

Zeit $t$ [s] nach Bremsbeginn	0,5	1,3	1,8	2,2	2,5	2,9
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	15,3	12,3	9,4	7,2	4,0	1,6

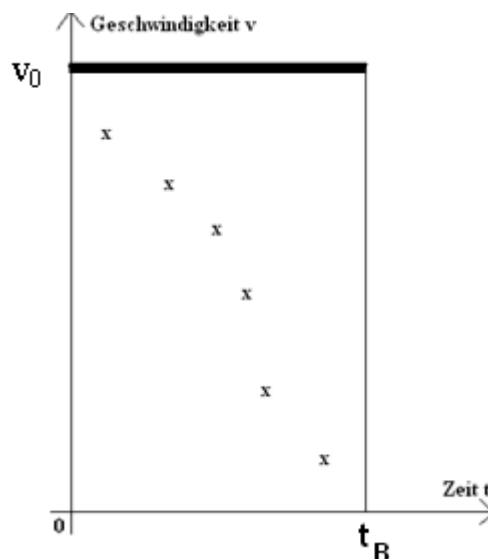
- Stelle die Daten graphisch dar.
- Berechne/Bestimme einen Wert  $b$ , der in etwa angibt, um wie viel sich in diesem Bremsvorgang die Geschwindigkeit pro Sekunde im Durchschnitt verringert. Wie nennt man diesen Wert technisch bzw. umgangssprachlich?
- Die folgende Tabelle zeigt die Daten VERSCHIEDENER Bremsvorgänge. Berechne mit dem Wert  $b$  aus Teil b) zu den verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten  $v_0$  jeweils die Bremszeit  $t_B$ .

$v_0$ [m/s]	10	15	18	22	28	35
$t_B$ [s]						

- Finde eine Formel, mit der zu vorgegebener Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und Bremsverzögerung  $b$  die Bremszeit  $t_B$  berechnet werden kann:  $t_B(b, v_0)$

**Aufgabe 3)** Wenn man weder bremst noch beschleunigt, wird die Geschwindigkeit konstant  $v_0$  bleiben (Abb.: dicke Linie). Wenn man bremst, wird die Geschwindigkeit mit der Zeit kleiner werden (Abb.: Datenkreuze).

- Wie kann man den zurückgelegten Weg berechnen, den ein Autofahrer  $t_B$  Sekunden lang mit  $v_0$  Meter pro Sekunde fährt?
- Wie könnte man den Weg, den ein Autofahrer bei einem Bremsvorgang zurücklegt („Bremsweg“), in etwa mit dem Weg vergleichen, den er in derselben Zeit ohne zu bremsen zurücklegen würde?
- Welchen Weg  $s_B$  hat der Autofahrer zu den Daten aus 2a) beim Bremsen zurückgelegt („Bremsweg“)?
- Wie kann man diesen Bremsweg  $s_B$  allgemein aus  $v_0$  und  $t_B$  bzw.  $b$  berechnen:  $s_B(b, v_0)$  ?



**Mögliche Lösungen zu A1:**

- 1a)** Km/h ist alltagsnäher und man kann sich die konkrete Geschwindigkeit besser vorstellen, m/s ist als Maßeinheit besser zum Rechnen geeignet, da sich Bremsvorgänge im Sekundenbereich und Meterbereich abspielen.

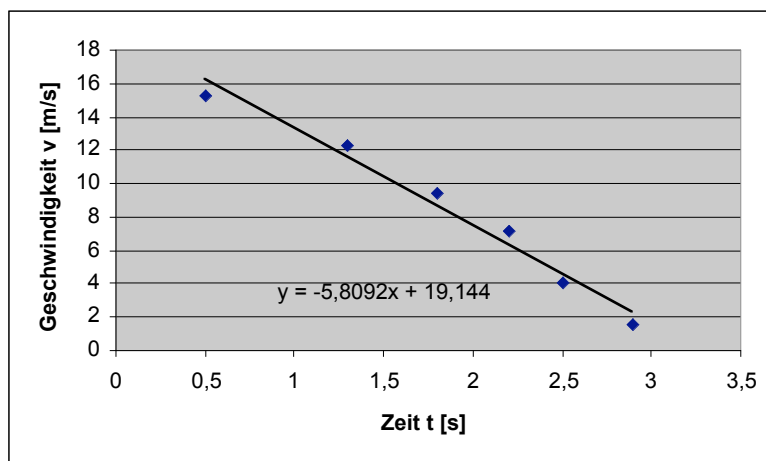
**b)**

km/h	30	50	70	80	100	130	18	36	72	108	162
m/s	≈8,3	≈13,9	≈19,4	≈22,2	≈27,8	≈36,1	5	10	20	30	45

- c)**  $v$  in m/s =  $\frac{v}{3,6}$  in km/h bzw.  $v$  in km/h =  $3,6 \cdot v$  in m/s

**2a/b)**

Lineare Regression liefert einen Korrelationskoeffizienten  $r \approx -0,99$ . Die Daten weisen also auf einen linearen Zusammenhang zwischen  $t$  und  $v$  hin. Die Trendgeradengleichung lautet  $v \approx -5,81t + 19,14$ . Demnach verringert sich die Geschwindigkeit pro Sekunde im Durchschnitt um den Betrag der Steigung der Geraden, also  $b \approx -6$ . Dieser Wert (-6) wird Verzögerung genannt oder auch negative Beschleunigung.



**c)**

$v_0$ [m/s]	10	15	18	22	28	35
$t_b$ [s]	≈1,7	2,5	3	≈3,7	≈4,7	≈5,8

- d)**  $t_B = \frac{v_0}{b}$ ; aufpassen auf die Einheiten: wenn  $t_B$  in Sekunden herauskommen soll, muss man m/s für  $v_0$  und m/s<sub>²</sub> für  $b$  verwenden.

- 3a)** Fährt man mit konstanter Geschwindigkeit  $v_0$  einen  $t_B$  langen Zeitraum, dann berechnet sich der dabei zurückgelegte Weg  $s$  aus dem Produkt „Geschwindigkeit mal Zeit“, kurz:  $v_0 \cdot t_B$ . Der dabei zurückgelegte Weg ist geometrisch gedeutet der Flächeninhalt des Rechtecks, das durch die Koordinatenachsen und durch die dicke Linie begrenzt ist.

- b)** Denkt man sich nun eine Gerade  $v(t) = -bt$  durch die Datenkreuze, dann ist der beim Bremsen zurückgelegte Weg gerade halb so groß wie der mit konstanter Geschwindigkeit. Der dabei zurückgelegte Weg ist geometrisch gedeutet der Flächeninhalt des Dreiecks, das durch die Koordinatenachsen und durch die Linie durch die Datenpunkte begrenzt ist.

- c)** Der Trendgeradengleichung  $v \approx -5,81t + 19,14$  kann man entnehmen, dass  $v_0 = 19,14$  m/s beträgt.

$t_B$  berechnet sich gemäß Aufgabe 2 aus  $\frac{19,14}{5,81} \approx 3,3$ . Der Bremsweg ist also

$$\frac{1}{2} \cdot 19,14 \frac{m}{s} \cdot 3,3s \approx 32m \text{ lang.}$$

- d)** Der während des Bremsens zurückgelegte Weg  $s_B$  („Bremsweg“) ist die Fläche des beschriebenen Dreiecks:

$$s_B = \frac{1}{2} v_0 t_B = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{b}$$

## A2) Übungsaufgaben

**Aufgabe 1:** Die folgende Tabelle zeigt Daten eines Bremsvorgangs.

Zeit $t$ [s]	0,3	1,1	1,9	2,4	2,7
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	21,7	15,2	10,2	5,3	1,4

Welchen Weg  $s_B$  hat der Autofahrer beim Bremsen in etwa zurückgelegt?

**Aufgabe 2:** Der Wert  $b$  für die Verzögerung eines Autos beim Bremsen betrage in etwa  $7 \frac{m}{s^2}$ .

a) Vervollständige die Tabelle.

b) Stelle die Daten graphisch dar.

c) Vergleiche die Werte. Folgere Aussagen, über die man sich als Fahranfänger bewusst sein sollte.

$v_0$ [km/h]	30	40	50	60	80	100
$s_B$ [m]						

**Aufgabe 3:** Angenommen ein Wagen wird vom Fahrer bei einer Geschwindigkeit  $v_0 = 70 \text{ km/h}$  plötzlich gebremst und benötigt die angegebenen Bremsweglängen.

a) Vervollständige die Tabelle.

b) Stelle die Daten graphisch dar.

c) Vergleiche die Werte. Laut StVZO (§ 41 (4): Bremsen und Unterlegkeile) müssen Kraftfahrzeuge pro Sekunde im Durchschnitt mindesten 5 m/s langsamer werden. Was würdest du als TÜV Beamter dazu sagen?

$s_B$ [m]	10	20	30	40	50	60
$b$ [m/s <sup>2</sup> ]						

**Aufgabe 4:** Angenommen man könnte den Verzögerungswert der Bremsen durch technische Maßnahmen verbessern. Bringt das etwas für die Bremsweglänge?

Verbesserung des Verzögerungswertes $b$ um	10%	20%	30%	40%	50%	100%
Verkürzung der Bremsweglänge $s_B$ auch in %						

a) Vervollständige die Tabelle.

b) Stelle die Daten graphisch dar.

c) Vergleiche die Werte. Folgere Aussagen, über die man sich als Ingenieur bewusst sein sollte.

**Aufgabe 5:** Begründe, ob man aus der Länge der Bremswegspur, die ein Pkw bei einem Autounfall hinterlässt, Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit ziehen kann, mit der der Unfall passiert ist. Wenn ja, gib z. B. eine Formel an, mit der sich die Geschwindigkeit rekonstruieren lässt. Wenn nein, nenne Gründe warum!

**Mögliche Lösungen zu A2:**

1)  $r \approx 0,99$ ,  $v \approx -8,1273t + 24,414$ . Die Zeit bis zum Stillstand des Autos beträgt

$$t_B = \frac{24,414 \text{ m/s}}{8,127 \text{ m/s}^2} \approx 3 \text{ s} \quad \frac{1}{2} \cdot 24,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \text{ s} \approx 37 \text{ m} \quad \text{lang.}$$

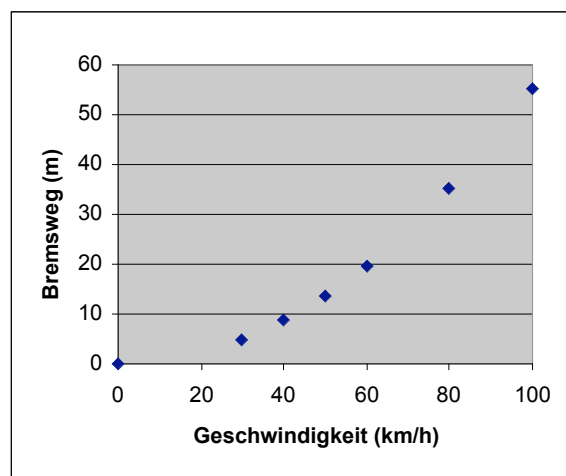
2) Die gesuchten Werte lassen sich kurz mit  $s_B = \frac{(13,6)^2}{14}$  berechnen.

$v_0$ [km/h]	30	40	50	60	80	100
$v_0$ [m/s]	$\approx 8,3$	$\approx 11,1$	$\approx 13,9$	$\approx 16,7$	$\approx 22,2$	$\approx 27,8$
$s_B$ [m]	$\approx 5,0$	$\approx 8,8$	$\approx 13,8$	$\approx 19,8$	$\approx 35,3$	$\approx 55,1$

In der letzten Zeile wurden Zwischenergebnisse (Zeile 2) mit voller TR-Genauigkeit zum Weiterrechnen genutzt.

Im Diagramm ist zusätzlich noch der Punkt (0/0) eingetragen, da klarerweise bei 0 km/h kein Bremsweg entstehen kann. Deutlich kann man (auch schon an den Daten) erkennen, dass die Bremsweglänge nicht proportional von der Geschwindigkeit abhängt.

Wenn man das Diagramm im Zusammenhang zu den Daten betrachtet, dann fällt sogar auf, dass sich der Bremsweg in etwa ver-4-facht, wenn man die Geschwindigkeit verdoppelt.

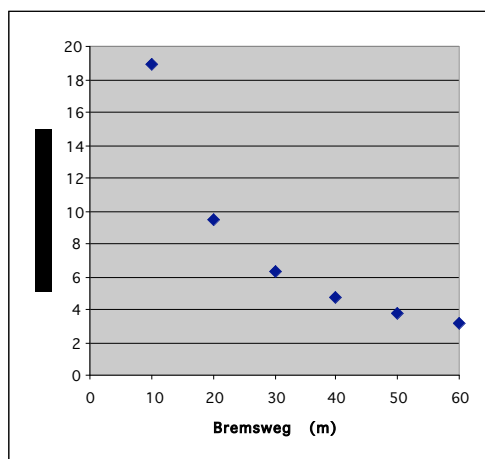


Das kann man auch gut an der Formel  $s_B = \frac{v_0^2}{2b}$  erkennen, da

$$s_B = \frac{(2) \cdot 4^{222}}{200b} \approx 4 \text{ —}$$

Fahranfänger sollten also z. B. bedenken, dass eine Erhöhung der Geschwindigkeit deutlich überproportional die Länge des Bremsweges erhöht.

3) Die gesuchten Werte für die Bremsverzögerung lassen sich kurz mit  $b = \frac{v_0^2}{2s}$  berechnen (Gleichungsumformung!).



$s$ [m]	10	20	30	40	50	60
$b$ [m/s²]	$\approx 18,9$	$\approx 9,5$	$\approx 6,3$	$\approx 4,7$	$\approx 3,8$	$\approx 3,2$

An der Darstellung der Datenpunkte erkennt man gut, dass mit einer Verkürzung der Bremsweglänge der Wert für die Verzögerung erheblich überproportional besser werden muss (man betrachtet hierbei die „x-Achse“ von rechts nach links).

Als TÜV-Beamter sollte man zur Kenntnis nehmen, dass zu einer Geschwindigkeit von 70 km/h Bremswege von in etwa 40 Metern und mehr nicht mehr StVZO zulässig sind!

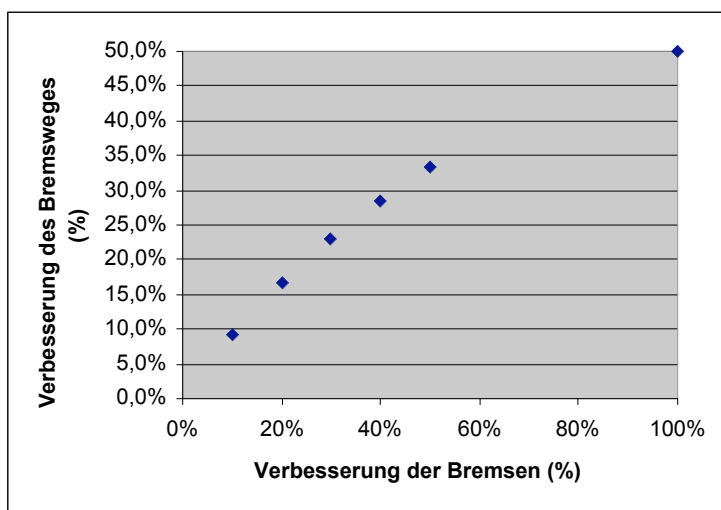
4) Die gesuchten Werte für die jeweilige Verbesserung der Bremsweglänge in % lassen sich berechnen, indem man die Bremsweglänge mit verbesserten Bremsen mit der Bremsweglänge mit alten Bremsen vergleicht. Vergleicht man die beiden Werte, indem man sie z. B. dividiert, so kann man aus dem Quotienten die Verbesserung in % ablesen. Bsp. für eine 10%ige Verbesserung:

$$\frac{s_{\text{verbessert}}}{s_{\text{alt}}} = \frac{\frac{v_0^2}{2 \cdot b}}{\frac{v_0^2}{2 \cdot b}} = \frac{21,1}{21,11,1} = 0,91$$

, d.h. eine Verbesserung des Bremsweges um 9%,

für 20% ergibt sich  $\frac{1}{1,2} \approx 0,83$ , also eine Verbesserung um 17%, usw.:

Verbesserung des Verzögerungswertes $b$ [m/s <sup>2</sup> ] um	10%	20%	30%	40%	50%	100%
Verbesserung der Bremsweglänge $s_B$ [m] um	≈9%	≈17%	≈23%	≈29%	≈33%	≈50%



An den Daten und ihrer Darstellung kann man gut erkennen, dass eine Verbesserung der Bremswirkung nicht in gleicher Weise (also im prozentualen Zuwachs) auch eine Verbesserung des Bremsweges nach sich zieht.

Verbessert man z. B. den Verzögerungswert um 20% von 6m/s<sup>2</sup> auf 7,2m/s<sup>2</sup>, so verringert sich der Bremsweg „nur“ um 17%. Andererseits lohnt sich natürlich jede Verbesserung, die Menschenleben retten kann!!!

5) Es kann sehr leicht eingesehen werden, dass in den meisten Fällen die Spurlänge des Bremsweges keinen Rückschluss auf die gefahrene Geschwindigkeit im Moment des Unfalls zulässt: In dem Moment, in dem z. B. zwei Fahrzeuge zusammenstoßen oder in dem Moment, in dem ein Fahrzeug auf ein feststehendes Hindernis stößt, hat das Fahrzeug keine Gelegenheit mehr seine eigene Bremsspur fortzusetzen. Die Bremsspur ist demnach unvollständig und erlaubt keine Rückschlüsse auf die gefahrene Geschwindigkeit. Aber auch im Fall eines Personenschadens, d.h. ein Fahrzeug erfasst z. B. einen Fußgänger und kann seinen Bremsweg (nahezu) ungebremst fortsetzen, so ist die Länge der Bremsspur nicht nur von der Verzögerung der Bremsen abhängig, sondern ebenso z. B. vom Straßenbelag, Nässe, Blättern auf der Fahrbahn, vom Reifenprofil, ... .

Lt. Aussage der Polizeidienststelle in Olpe wird in gravierenden Fällen (z. B. Unfall mit Todesfolge) zur Taxierung der Geschwindigkeit im Moment des Unfalls die Verformung der Karosserie von Experten untersucht und mit solchen verglichen, die in Testreihen entstanden sind.

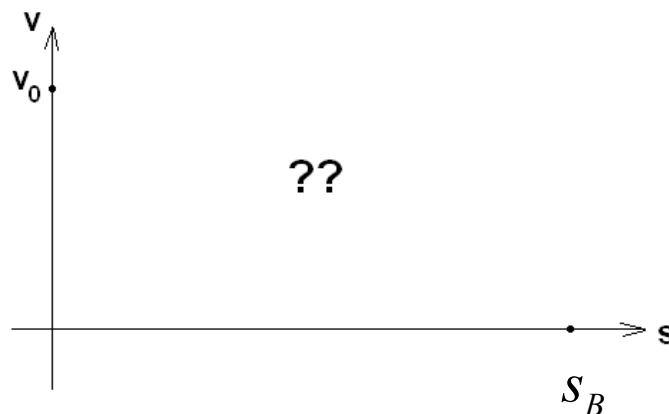
## B1) Die Geschwindigkeit beim Bremsen in Abhängigkeit des dabei zurückgelegten Weges

Angenommen du fährst in einem Auto mit einer in etwa konstanten Geschwindigkeit  $v_0$  und musst plötzlich vollbremsen. Dann wird sich deine Geschwindigkeit  $v$  im Verlauf der beim Bremsen zurückgelegten Strecke  $s$  klarerweise immer weiter verringern, bis du schließlich stehst.

### Aufgabe 1:

- a) Aber WIE glaubst du verringert sich die Geschwindigkeit  $v(s)$ ? Skizziere zunächst („Freihand“) den Graphen zu der Entwicklung der Geschwindigkeit, so wie du glaubst, dass sie verlaufen könnte, ohne zu rechnen.

Notiere stichpunktartig, warum du glaubst, dass die Geschwindigkeit sich so entwickelt, wie du sie gezeichnet hast.



- b) Die folgende Tabelle zeigt Daten eines solchen Bremsvorgangs:

Weg $s$ [m]	0	3,1	7,4	9,8	13,4	15,3	17,5	20
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	15	14,3	12,8	11,5	10,1	8,1	5,2	0

Trage die Daten sorgfältig in das Diagramm ein. Skaliere die Achsen hierfür sinnvoll/passend zu den Daten. Zeichne das Diagramm evtl. neu, damit es ordentlicher wird.

- c) Vergleiche deinen Graphen mit den Daten. Beschreibe stichwortartig, was dir dabei auffällt.

### Aufgabe 2:

Betrachte einen Bremsvorgang von der Geschwindigkeit  $v_0 \rightarrow$  stopp; was bedeutet dabei  $\frac{v_0^2}{2b}$ ? Was bedeutet  $\frac{v^2}{2b}$  bei einem Bremsvorgang  $v \rightarrow 0 \rightarrow$  stopp? Was

bedeutet die Differenz  $s = \frac{v_0^2}{2b} - \frac{v^2}{2b}$  —?

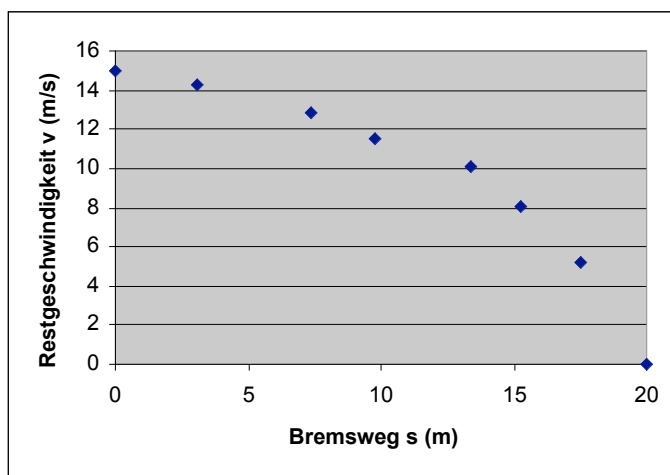
Wenn man diese Gleichung nach  $v$  auflöst, erhält man den Funktionsterm für die Geschwindigkeit  $v$  (Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$ ) in Abhängigkeit des zurückgelegten Weges  $s$ :  $v(s) = \dots$  — erkläre warum!

### Aufgabe 3:

- a) Wie muss man in der Formel aus 2c)  $v_0$  und  $b$  wählen, damit der Graph der Funktion  $v(s)$  genau durch die Punkte (0/15) und (20/0) verläuft?  
 b) Zeichne den Funktionsgraphen zu  $v(s)$  für diese Werte.

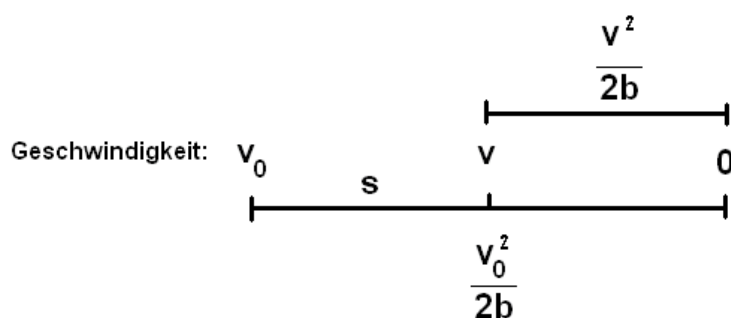
**Mögliche Lösungen zu B1:****1)**

Dargestellt sind hier nur die Daten. Interessant ist, dass die Geschwindigkeit  $v$  nicht gleichmäßig (linear) sinkt: Am Anfang nimmt die Geschwindigkeit sogar nur wenig ab, dann (ab in etwa 15 Metern) jedoch rapide!



**2)** Bedeutung von  $\frac{v_0^2}{2b}$ : Bremsweg bei Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$

Bedeutung von  $\frac{v^2}{2b}$ : Bremsweg bei Anfangsgeschwindigkeit  $v$



Bedeutung der Differenz  $s = \frac{v_0^2}{2b} - \frac{v^2}{2b}$ : benötigter Weg für die Geschwindigkeitsreduktion

$v \rightarrow$  . Auflösung nach  $v$  ergibt  $v = \sqrt{v_0^2 - 2bs}$ .

Mit dieser Formel/Funktion kann man die Restgeschwindigkeit  $v$  beim Bremsen eines Autos in Abhängigkeit des dabei zurückgelegten Weges  $s$  berechnen (wenn man  $v_0$  und  $b$  kennt).

**3a/b)** Den Daten entnimmt man, dass

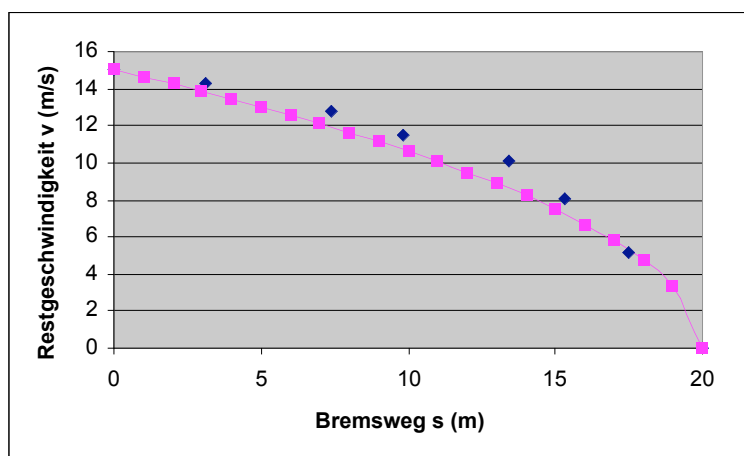
$v_0 = 15$  gelten muss. Hieraus folgt

$v(s) = \sqrt{225 - 2bs}$ . Damit ist gesichert, dass der Graph durch den Punkt (0/15) verläuft. Für (20/0) folgt der Ansatz

$0 = \sqrt{225 - 2b \cdot 20}$ . Auflösen dieser Gleichung nach  $b$  liefert  $b = 5,625$ . Also folgt

$v(s) = \sqrt{225 - 11,25 \cdot s}$ .

**Hinweis:** Mit Excel kann man anstelle der Trendgeraden zu den Daten auch andere Regressions-typen anklicken, um auf diese Weise eine Datenregression durchzuführen - bitte ausprobieren und eine sinnvolle Lösung finden!!!





## B2) Übungsaufgaben:

**Aufgabe 1:** Die folgende Tabelle zeigt Daten eines Bremsvorgangs.

Weg $s$ [m]	0	10	14	19	22
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	25	17,4	16,1	10,2	0

- a) Beschreibe (mindestens) 2 Möglichkeiten, wie man eine Funktion  $v(s)$  bestimmen kann. Erläutere Vor- und Nachteile deiner Möglichkeiten.  
 b) Bestimme eine Funktion  $v(s)$  und zeichne ihren Graphen.

**Aufgabe 2:** Angenommen ein Wagen wird vom Fahrer bei einer Geschwindigkeit  $v_0 = 100 \text{ km/h}$  plötzlich gebremst. Der Wert  $b$  für die Verzögerung des Autos beim Bremsen betrage in etwa  $7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

- a) Skizziere den Graphen zu der Entwicklung der Geschwindigkeit beim Bremsen, so wie du glaubst, dass sie verlaufen könnte. Trage in deine Zeichnung mindestens 3 Datenpunkte ein, von denen du glaubst, dass der Graph durch sie verläuft.  
 b) Vervollständige die Tabelle.

Weg $s$ [m]	0	10	20	30	40	50	
Geschwindigkeit $v$ [m/s]							0

- c) Stelle die Datenpunkte und die ganze Funktion  $v(s)$  graphisch dar.

**Aufgabe 3:** Angenommen, ein Wagen wird vom Fahrer bei einer Geschwindigkeit  $v_0 = 80 \text{ km/h}$  plötzlich gebremst. Der Wert  $b$  für die Verzögerung des Autos beim Bremsen betrage in etwa  $8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

- a) Wie viel % der Anfangsgeschwindigkeit ist nach 10%, 20%, ... des Bremsweges abgebaut? Vervollständige die Tabelle.

Zurückgelegter Bremsweg $s$ (Anteil)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Abgebaute Geschwindigkeit (Anteil)	0%										100%

- b) Stelle die Daten graphisch dar.  
 c) Reflektiere deine Ergebnisse: Worüber sollte man sich als Fahranfänger beim Autofahren diesbezüglich bewusst sein?

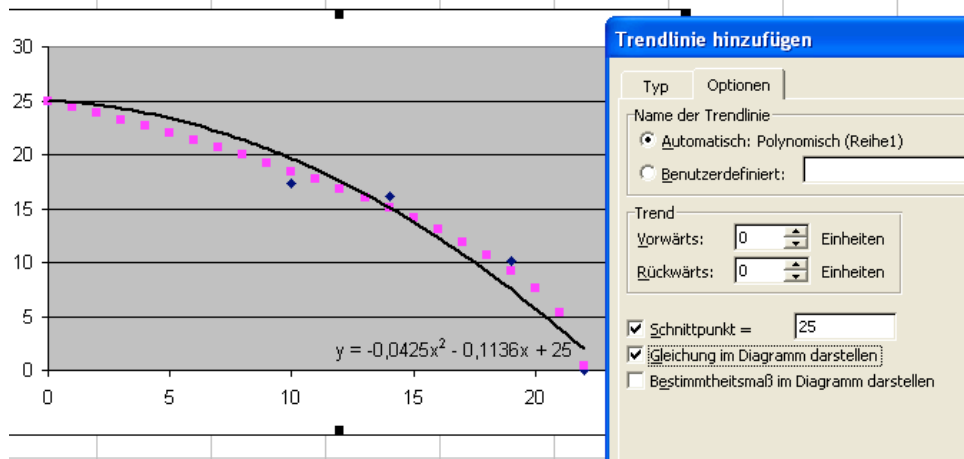
**Aufgabe 4:** Die folgende Tabelle zeigt Daten eines Bremsvorgangs.

Zeit $t$ [s]	0,4	1,9	2,3	3,2	3,9
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	29,7	16,4	13,2	5,3	1,4

Bestimme und zeichne  $v(s)$ . Wie lang ist der Bremsweg  $s_B$ ?

## Mögliche Lösungen zu B2)

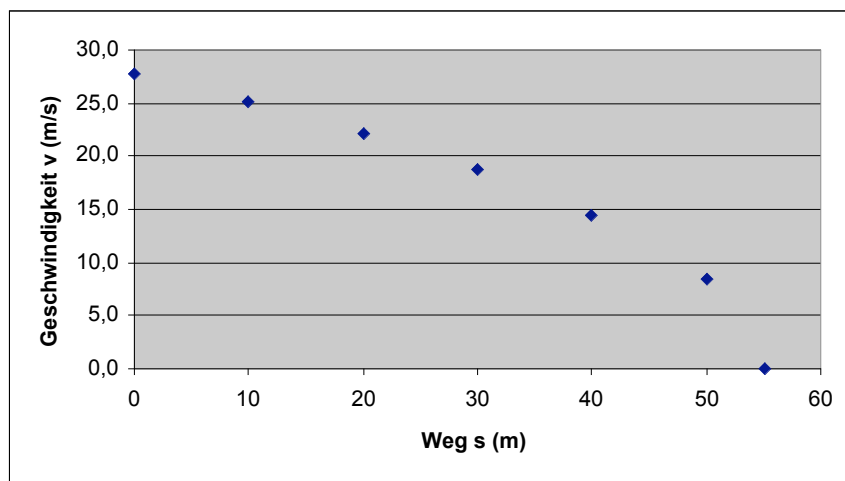
- 1a)** 1. Möglichkeit: Man wählt 2 Punkte wie in Aufgabe 3 auf Zettel B1 und führt das Verfahren analog durch. Vorteil: Schnelles Verfahren, Nachteil: Man berücksichtigt nur 2 Datenpunkte  
 2. Möglichkeit: Mit Excel kann man die Daten als Diagramm darstellen. Klickt man unter Diagramm → Typ: Z.B. „Polynomisch“ an, so erhält man als Regressionsfunktion die Gleichung  $v \approx -0,0425s^2 - 0,1136s + 25$ . Der Korrelationskoeffizient beträgt hierbei  $r \approx 0,98$  – also auch keine schlechte Wahl. Allerdings hat diese Darstellung den Nachteil, dass die Kurve definitiv nicht durch (22/0) verläuft. Der Graph der Funktion entspricht auch eher einer Wurzelfunktion nicht einer Parabel, es scheint also nicht der richtige Funktionstyp zu sein.



- b) Den Daten entnimmt man, dass  $v_0 = 25$  gelten muss. Hieraus folgt  $v(s) = \sqrt{625 - 2bs}$ . Damit ist gesichert, dass der Graph durch den Punkt (0/25) verläuft. Für (22/0) folgt der Ansatz  $0 = \sqrt{625 - 2b \cdot 22}$ . Auflösen dieser Gleichung nach  $b$  liefert  $b \approx 14,2$ . Also folgt  $v(s) = \sqrt{225 - 28,4s}$ .

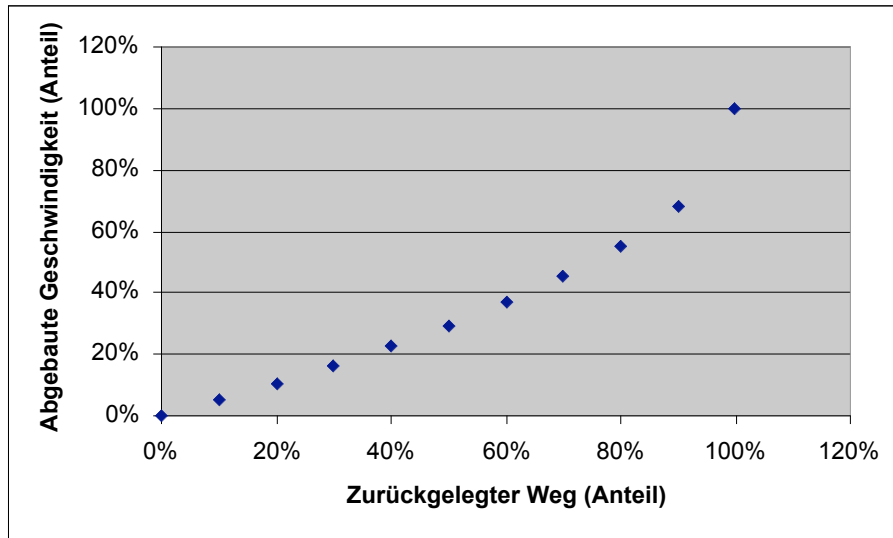
- 2)** 100km/h  $\approx 27,8$  m/s, daraus folgt die Funktion  $v(s) \approx \sqrt{771 - 14s}$

Weg $s$ [m]	0	10	20	30	40	50	55,2
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	27,8	25,1	22,2	18,7	14,5	8,4	0



3)  $v_0 = 80 \text{ km/h} \approx 22,2 \text{ m/s}$ , daraus folgt  $s_b \approx 31 \text{ m}$

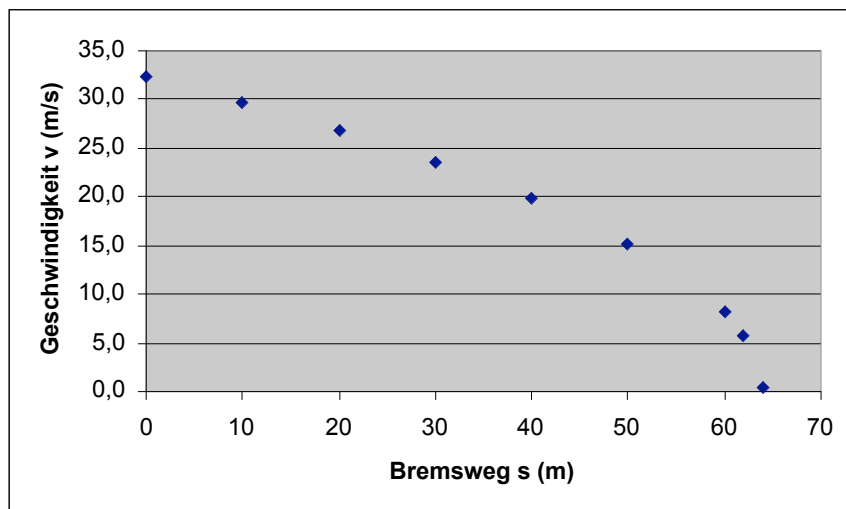
Zurückgelegter Bremsweg $s$ (Anteil)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Zurückgelegter Bremsweg $s$ (m)	0,0	3,1	6,2	9,3	12,3	15,4	18,5	21,6	24,7	27,8	31
$v(s)$ (m/s)	22,2	21,1	19,9	18,6	17,2	15,7	14,1	12,2	9,9	7,0	0
Abgebaute Geschwindigkeit (Anteil)	0%	5%	11%	16%	23%	29%	37%	45%	55%	68%	100%



Im Diagramm ist gut zu erkennen, dass nach mehr als 80% des zurückgelegten Bremsweges in etwa nur 50% der ursprünglichen Geschwindigkeit abgebaut sind. Der Abbau der restlichen 50% der Geschwindigkeit erfolgt also auf den letzten 6 Metern (von insgesamt 30!). Das unterstreicht noch einmal den Appell der Fahrschulen und Verkehrswachten des vorausschauenden Fahrens!!!!

4)

Die Trendgeradengleichung lautet  $v \approx -8,2193t + 32,433$  (mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r \approx 0,998!$ ). Demzufolge liegt eine Bremsverzögerung von  $b \approx 8,2 \text{ m/s}^2$  und eine Anfangsgeschwindigkeit von  $v_0 \approx 32,4 \text{ m/s}$  vor. Daraus folgt die Formel  $v(s) \approx \sqrt{1049,8 - 16,4s}$ .



Die Bremsweglänge berechnet sich mit  $s_{\text{st}} \approx \frac{32,4^2}{2 \cdot 8,2} \approx 64$ .

## Zwei typische Situationen im Straßenverkehr

### Situation 1:

Ein Auto fährt in einer Zone 30 Zone und wird von einem anderen Auto überholt. Als beide Autos in etwa auf gleicher Höhe sind, laufen Kinder ohne zu schauen auf die Straße. Das langsamere Auto kommt vor den Kindern gerade noch zum Stehen.

### Situation 2:

Ein Auto wird auf einer Landstraße von einem anderen Auto überholt. Als beide Autos in etwa auf gleicher Höhe sind, taucht im Gegenverkehr ein LKW auf.

### Aufgabe:

Wähle eine Situation aus und analysiere sie auf Grundlage deines Wissens. Das bedeutet:

- Finde Mitschüler(innen), die sich für die gleiche Situation entschieden haben. (Tipp: Macht eure Gruppe nicht zu groß! Zu dritt oder viert klappt die Zusammenarbeit erfahrungsgemäß gut.)
- Überlegt euch möglichst viele Fragestellungen, die zu eurer Situation relevant erscheinen (Brainstorming - gemeinsam sammeln).
- Entscheidet euch für mindestens eine eurer Fragestellungen und versucht sie zu analysieren. Erwartungen an die Analyse sind:
  - Die Fragestellung auf Grundlage einer konkreten Situation (z. B. zwei angenommener Geschwindigkeiten für die beiden Autos) analysieren.
  - Die Fragestellung zu verschiedenen Geschwindigkeiten EINER Autos analysieren.
  - Die verschiedenen Geschwindigkeiten zu einer Funktion verallgemeinern und deren Eigenschaften zu untersuchen, um Folgerungen für eure Sachverhalte/Fragestellungen zu treffen.
  - Eine ca. 10-20minütige Präsentation vorbereiten

### Hinweis:

Auf allen Arbeitsblättern wurde die Reaktionszeit der Autofahrer bzw. die sogenannte Schrecksekunde nicht berücksichtigt. Wenn ihr die Beachtung der Reaktionszeit für relevant haltet, dann solltet ihr dies auch in eure Analyse einbringen.