

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 2

Anregungen für Unterricht und Lehre

ISBN 3 - 7896 - 0100 - 4

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1991

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.
Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.
Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage
www.solstice.de
werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Verkehrserziehung und Physikunterricht

1. Vorbemerkungen

Physikalische Zusammenhänge, insbesondere aus der Kinematik und Dynamik, angewandt auf das Verkehrsgeschehen sind in doppelter Weise für den Unterricht besonders interessant. Zum einen können wichtige physikalische Inhalte in motivierender Weise dem Schüler nahegebracht werden, zum anderen kann ein Beitrag zu verkehrsgerechtem Verhalten im Sinne einer Verkehrserziehung sozusagen nebenbei im Physikunterricht erzielt werden. Über diesen Aspekt der doppelten Nutzung wertvoller Unterrichtszeit hinaus kann die Behandlung der physikalischen Zusammenhänge im Unterricht oftmals die Begründung für viele, teilweise gesetzliche Regelungen liefern bzw. deren Hintergründe sichtbar werden lassen. Die Erfahrung zeigt, daß Gebote bzw. Verbote, die mit einer einleuchtenden Begründung versehen werden, eine sehr viel niedrigere Vergessensquote aufweisen und vor allem mit größerer Bereitwilligkeit akzeptiert werden.

Durch die deduktive Simulation der zugrundeliegenden physikalischen Zusammenhänge aus der Kinematik und Dynamik können mathematische Schwierigkeiten drastisch reduziert werden. [1]. Es sei jedoch daran erinnert, daß, um diesen Vorteil wirksam werden zu lassen, die wenigen Befehle im Programm, die die physikalischen Zusammenhänge betreffen, dem Schüler vertraut sein müssen. Durch eine weitgehend maßstabsgerechte Gestaltung des Programmablaufs auf dem Bildschirm erhält das Unterrichtsgeschehen eine über das rein Kognitive hinausgehende gewisse affektive Komponente. Auf diese Weise kann der Schüler, wenn auch nur im Modell, erleben, was es bedeutet, mit einem Auto auf Eis mit einer Bremsverzögerung von 1 m/s^2 von einer Geschwindigkeit von z.B. 50 km/h bis zum Stillstand abzubremsen. Dadurch kann er einen gefühlsmäßigen Eindruck dafür bekommen, was z.B. ein Bremsverzögerungswert von 1 m/s^2 bedeutet. In Bezug auf den Aspekt Verkehrssicherheit können den Schülern gefährliche Verkehrssituationen in der Realität nicht vorgeführt werden. Der sich anbietende Ausweg ist die Simulation auf dem Bildschirmcomputer.

Aus Platzgründen können hier nur zwei Simulationsprogramme aus einer Reihe von Anwendungsbeispielen der Kinematik und Dynamik auf Verkehrssituationen vorgestellt werden. [2-4]

2. Überholwege

Die physikalischen Fragestellungen, die im Gefolge von Überholvorgängen im Straßenverkehr auftauchen, eignen sich sowohl von Ihrem motivierenden Charakter her für eine Behandlung im Unterricht als auch in bezug auf die verkehrserzieherische Komponente. Will man jedoch die für die Verkehrspraxis wichtigen Faktoren, wie Reibung und Motorleistung, in die physikalischen Fragestellungen einbeziehen, so steigt der mathematische Aufwand. Gerade die deduktive Simulation jedoch ist in der Lage, die mathematischen Schwierigkeiten drastisch zu verringern. Durch die Computersimulation können auch die verkehrserzieherischen Aspekte in vollem Umfang entwickelt werden. So können z.B. die besonders gefährlichen Überholmanöver bei geringer Sichtweite und Gegenverkehr eindrucksvoll auf dem Bildschirm dargestellt werden.

Die folgenden Wahlmöglichkeiten bietet das Eingabemenue des Programmes an:

- Erläuterungen : Taste F1
- Ausgangsgeschwindigkeit km/h: z.B. 70
- Geschwindigkeitsbegrenzung km/h: z.B. 100
- Leistung kW: z.B. 35
- Fahrzeugmasse kg: z.B. 900
- Sichtweite m: z.B. 800

Mit diesen Eingaben (die Beispielwerte liegen dem Programm in Abb.1 zugrunde) läßt sich die Ausgangsgeschwindigkeit, d.h. die Geschwindigkeit der beiden beteiligten Fahrzeuge vor dem Überholvorgang, variieren. Ferner können die Geschwindigkeitsbegrenzung (die zulässige Höchstgeschwindigkeit bestimmt maßgeblich den Überholweg), die Leistung sowie die Masse des überholenden Fahrzeugs vorgegeben werden.

Die Sichtweite, die gewählt werden kann, ist auch gleichzeitig die Entfernung, aus der beim Beginn des Überholmanövers der Gegenverkehr, der mit der gewählten zulässigen Höchstgeschwindigkeit fährt, auftaucht.

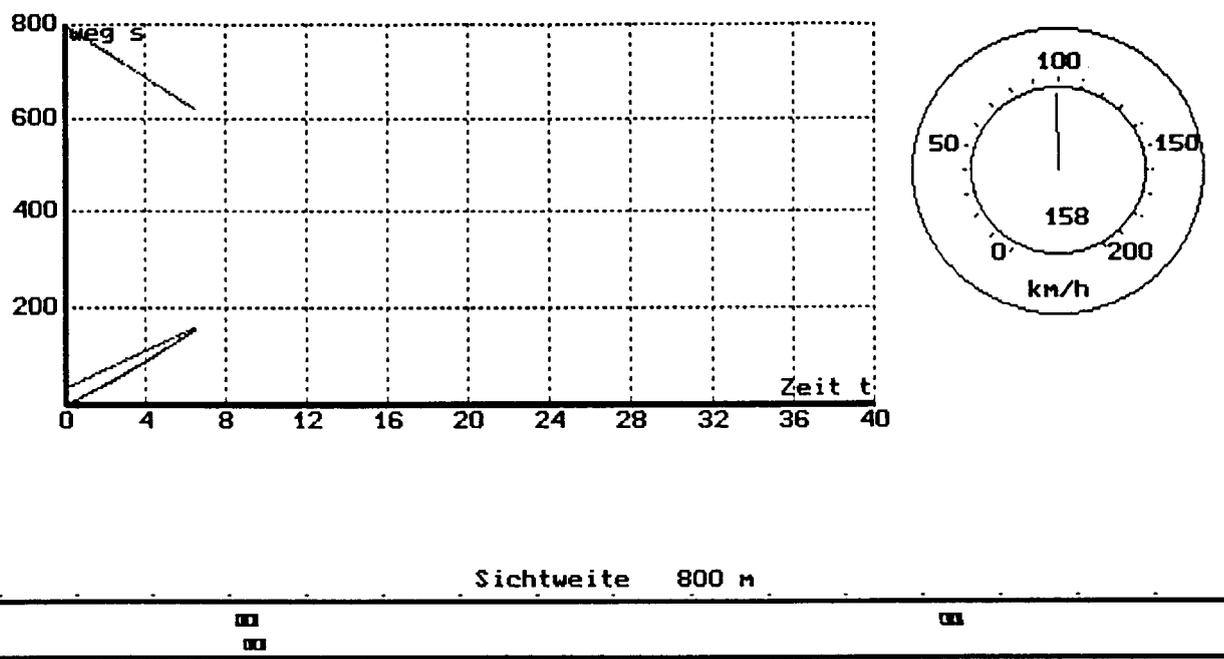


Abb.1: Überholvorgang. Die vom Ursprung ausgehende Kurve gehört zum überholenden Fahrzeug

Die Abbildung 1 zeigt eine Momentaufnahme des Programmablaufes. Am unteren Ende des Bildschirms erkennt man zwei Fahrzeuge aus der Vogelperspektive, die sich während des Überholvorganges gerade auf gleicher Höhe befinden. Das entgegenkommende Fahrzeug ist noch ca. 400m entfernt (Der Abstand zwischen zwei Begrenzungspfählen am Fahrbahnrand beträgt 50m). Die Geschwindigkeit des überholenden Autos, die am eingblendeten Tachometer abgelesen werden kann, hat sich von 70 km/h zu Beginn des Überholvorganges auf 100 km/h erhöht. Der dabei zurückgelegte Weg kann ebenfalls auf der Tachometerscheibe abgelesen werden. Die graphische Darstellung im oberen Teil des Bildschirms als Beschreibung mit höherem Abstraktionsniveau entwickelt sich zeitgleich zu den darunter trickfilmartig ablaufenden Vorgängen. Der Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen zum Zeitpunkt $t=0$ im Diagramm entspricht dem Sicherheitsabstand, der zur vorgewählten Geschwindigkeit gehört, mit der die beiden Autos ursprünglich hintereinander hergefahren sind. Das entgegen-

kommende Fahrzeug hinterläßt im Diagramm ebenfalls eine Spur (Geschwindigkeit = zulässige Höchstgeschwindigkeit). Nach Erreichen des Sicherheitsabstandes wird der Überholvorgang durch Wiedereinschneiden beendet. Der Überholweg und die Zeitdauer

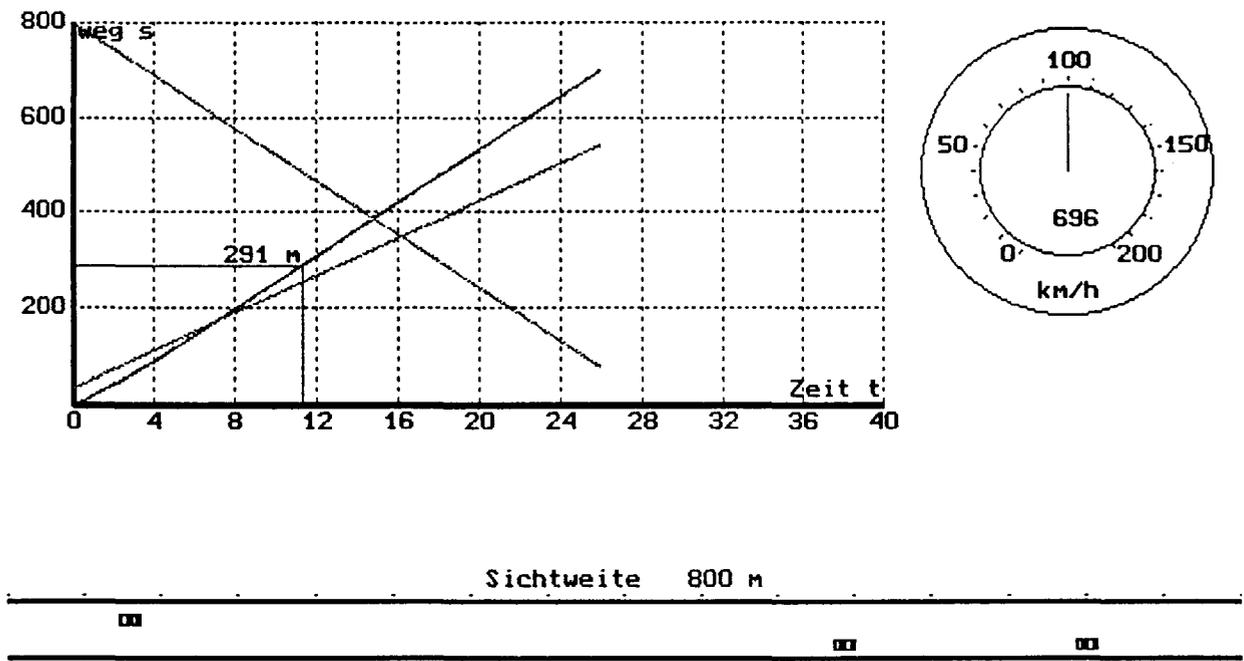


Abb.2: Kreuzungspunkte der beiden Fahrzeuge mit dem Gegenverkehr. Der Überholweg betrug 291 m

werden durch Striche markiert, außerdem wird der Zahlenwert des Überholweges (in unserem Beispiel 291m) numerisch in der Graphik angezeigt. Die weitere Entwicklung des Vorgangs auf dem Bildschirm (siehe. Abb. 2) läßt die Begegnung zwischen dem entgegenkommenden und dem überholenden Fahrzeug als Schnittpunkt im Diagramm deutlich werden.

Bei ungenügender Sichtweite (z.B. Sichtbehinderung durch Bergkuppe, Kurve, Nebel usw.) kann diese Begegnung mit dem Gegenverkehr zu einem Unfall führen (Abb.3). Auch in diesem Fall kann man auf dem Bildschirm die weitere, dann allerdings nach dem erfolgten Zusammenstoß nur noch hypothetische, Entwicklung verfolgen (Abb.4).

Auf diese Weise läßt sich ablesen, wie groß der Überholweg ohne Gegenverkehr gewesen wäre.

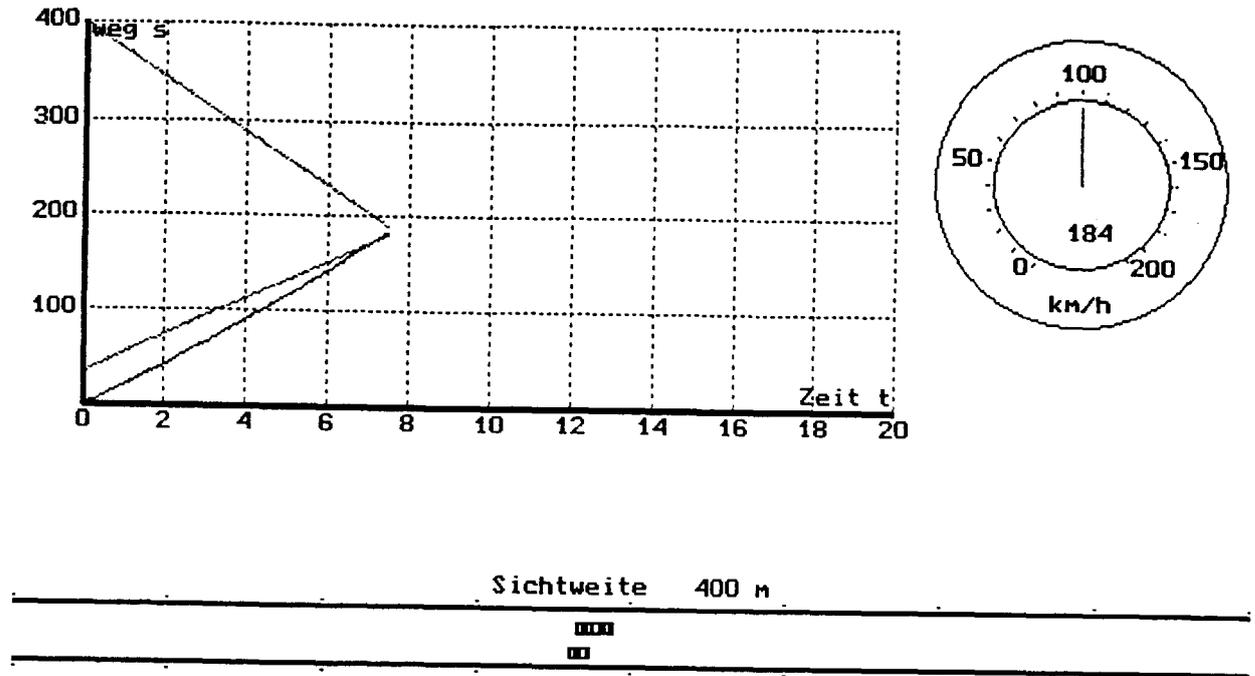
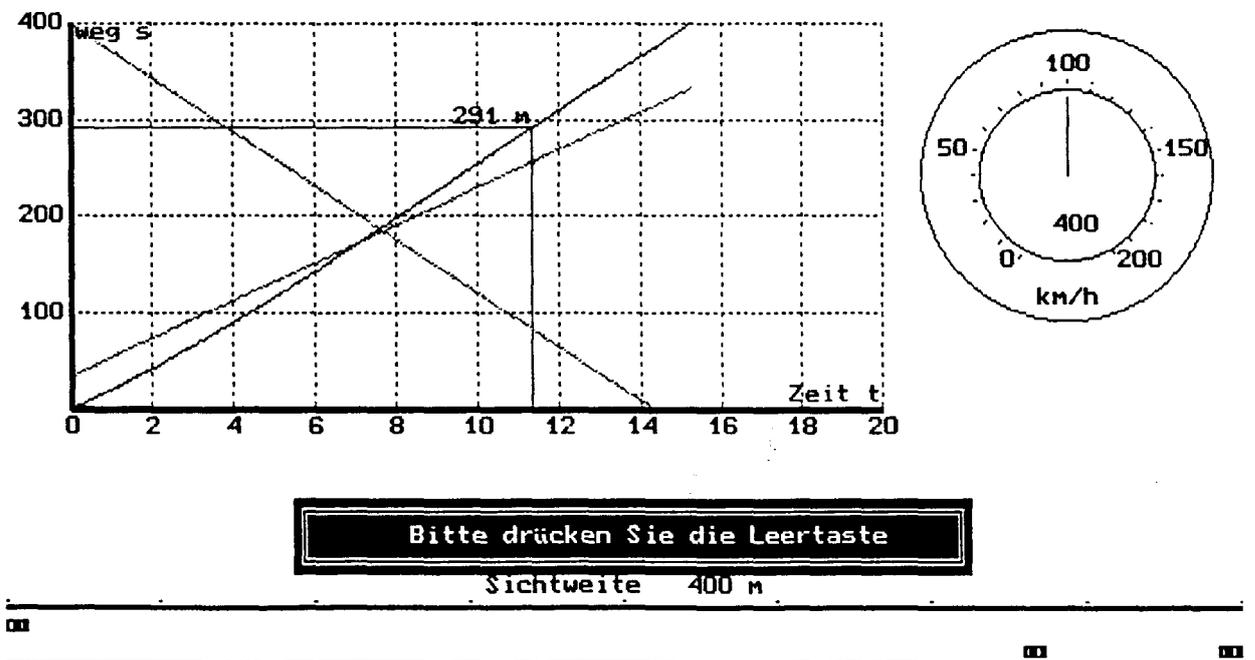


Abb.3: Kollision mit dem Gegenverkehr. (Bis auf die Sichtweite gleiche Parameter wie in Abb.1 u. 2)



Ihre Eingaben : Ausgangsgeschw.: 70 km/h / Höchstgeschw.: 100 km/h
 Leistung: 35 kw / Fahrzeugmasse: 900 kg / Sichtweite: 400 m
 Der überholweg betrug 291 m
 Bei Gegenverkehr hätte die Sichtweite nicht ausgereicht: Unfallgefahr!!!

Abb.4: Das Geschehen zu Abb.3, wie es hypothetisch ohne Zusammenstoß abgelaufen wäre.

Durch Simulationsfolgen kann man nun beispielsweise die Abhängigkeit des Überholweges von der Motorleistung des Fahrzeuges untersuchen. Die analytische Lösung dieses Problems unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Höchstgeschwindigkeit würde zu einer nicht ganz trivialen Differentialgleichung führen. Von Interesse sind aber auch die Abhängigkeit des Überholweges von der Ausgangsgeschwindigkeit der beiden Fahrzeuge. Für die Verkehrssicherheit ist dabei besonders wichtig, daß sich der Überholweg drastisch verlängert, wenn z.B. die Ausgangsgeschwindigkeit der Fahrzeuge von 60 km/h auf 80 km/h steigt.

```
repeat
  a:=(p/v1-v1*v1*r)/m;
  if a>6 then a:=6 ;
  v1:=v1+a*dt;
  if v1>vmax then v1:=vmax;
  x1:=x1+v1*dt;
  x2:=x2+v2*dt;
  x3:=x3-vmax*dt;
  t:=t+dt;
  setze_shapes;
  spurwechsel;
  tacho(550,100,40,v1*3.6,white,1);
  Diagramm_zeichnen;
until (x2*fafak>638) or (x1*fafak>638)
      or keypressed or (t>maxzeit);
```

Abb.5: Die physikalisch bedeutsamen Befehle im Programm: "Überholwege" (Turbo-Pascal)

In Abb.5 sind die wenigen Programmbefehle enthalten, die zum Verständnis des physikalischen Hintergrundes benötigt werden. Die physikalisch bedeutsamen Verknüpfungen sind eigentlich nur in den ersten 8 Zeilen der Schleife: "repeat... until" niedergelegt, denn die Befehle: "setze shapes" (zeichnen der stilisierten Fahrzeuge), "spurwechsel" (Abfrage ob der Sicherheitsabstand erreicht ist) und "tacho" (Zeichnen der Tachometerscheibe) betreffen nur den Aufruf von Unterprogrammen für die

Ausführung der zeichnerischen Darstellung.

Zeile 1: nach "repeat": Die Beschleunigung berechnet sich aus der für den Vortrieb netto zur Verfügung stehenden Kraft und der Masse. Die Kraft folgt als Differenz zwischen Antriebskraft (Leistung/Geschwindigkeit) und Reibungskraft (Annahme: proportional zu v^2 , Proportionalitätsfaktor: r). Der Reibungskoeffizient r wird dabei so bestimmt, daß bei einer Reihe von bestimmten Fahrzeugtypen bei der angegebenen Höchstgeschwindigkeit

- und der zugehörigen Leistung die Antriebskraft und die Reibungskraft den gleichen Betrag haben müssen. Durch Mittelwertbildung ergibt sich r .
- Zeile 2: Hier wird eine Begrenzung der Beschleunigung a für den Bereich niedriger Geschwindigkeiten vorgenommen (begrenzte Haftung der Reifen auf der Straße)
- Zeile 3: Zunahme der Geschwindigkeit v_1 des überholenden Fahrzeuges während eines Zeitelementes dt (d.h. während eines Durchlaufs durch die Schleife).
- Zeile 4: Begrenzung der Geschwindigkeit v_1 durch die gewählte zulässige Höchstgeschwindigkeit
- Zeilen 5-7: Die Zunahme (bzw. bei x_3 die Abnahme) der zurückgelegten, gerichteten Strecken x_1 , x_2 und x_3 während eines Zeitelements dt
- Zeile 8: Bei jedem Schleifendurchlauf erhöht sich die Zeit um dt .

Dem Schüler kann die Bedeutung dieser Programmbefehle besonders gut klar gemacht werden, wenn über die Fragestellung: "Was ändert sich beim Programmablauf auf dem Bildschirm, wenn einer dieser Befehle in bestimmter Weise abgeändert wird?" So kann z.B. durch eine Vergrößerung des Proportionalitätsfaktors r in Zeile 1 die erzielbare Beschleunigung vermindert werden (z.B. Erhöhung des Luftwiderstandes durch Dachgepäckträger). Man kann z.B. auch den Befehl in Zeile 4 eliminieren, dann beschleunigt das überholende Fahrzeug ohne Beachtung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Das Zeitelement dt ist so gewählt, daß die auf dem Bildschirm ablaufenden Bewegungen maßstäblich geschwindigkeitsgetreu ablaufen.

3. Aufprallgeschwindigkeit

Die folgende Fragestellung zur Kinematik im Straßenverkehr führt immer wieder zu ganz erstaunlichen Fehleinschätzungen. Angenommen, Sie überschreiten eine vorgeschriebene zulässige Höchstgeschwindigkeit im Straßenverkehr, also Sie fahren z.B. in einer verkehrsberuhigten Zone 50 km/h anstelle von 30 km/h, so verlängert sich zweifellos der Anhalteweg. Bei trockenem Straßenzustand (angenommene Bremsverzögerung: 7 m/s^2) ergibt sich für die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h ein Anhalteweg (das ist die Summe aus Reaktionsweg und Bremsweg) von 13,3 m. Angenommen, Sie fahren nun mit der überhöhten Geschwindigkeit von 50 km/h, und im Abstand von 13,3 m taucht ein Hindernis auf. Da Sie zu schnell fahren, reicht der

Abstand zum Anhalten nicht mehr aus. Schätzen sie nun bitte einmal für sich selbst, mit welcher Geschwindigkeit Sie auf das Hindernis aufprallen, und vergleichen Sie dann Ihr Ergebnis mit der anschaulichen Darstellung in Abb.6..

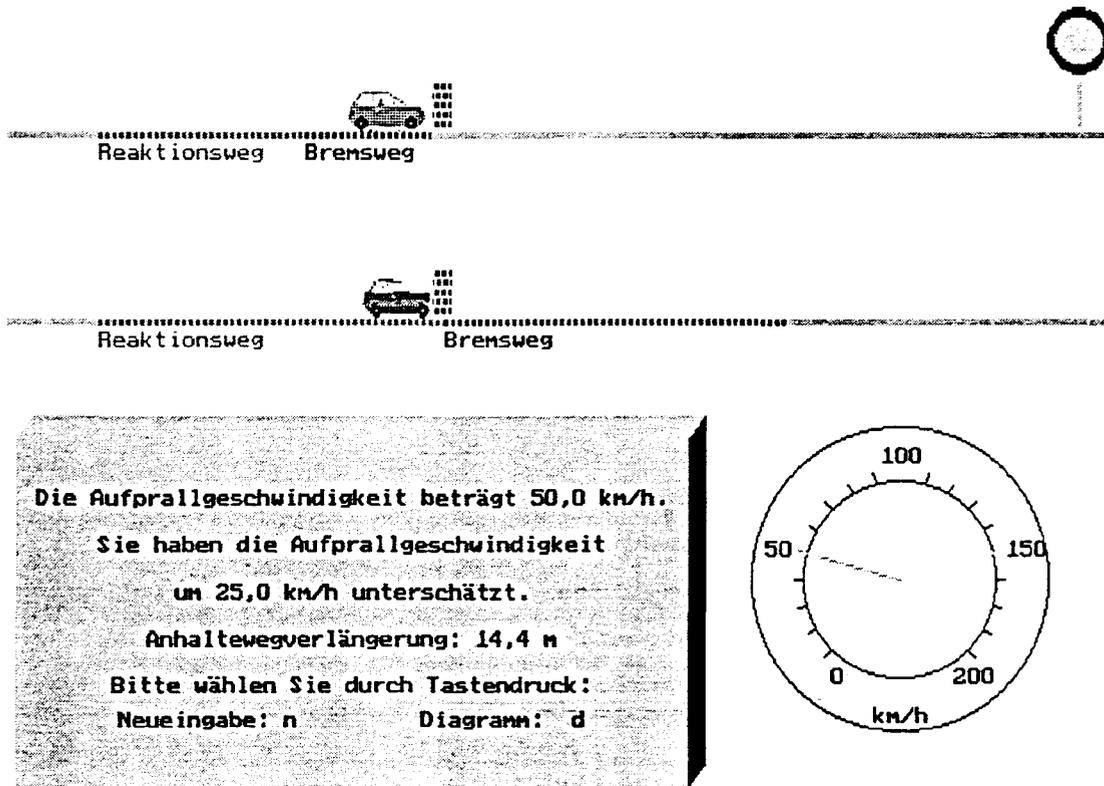


Abb.6: Zunächst erscheint das vorschriftsmäßig mit 30 km/h fahrende Fahrzeug. Anhalteweg (7 m/s², 1 s Reaktionsweg): 13,3 m. Das mit 50 km/h fahrende Fahrzeug prallt mit unverminderter Geschwindigkeit auf die Mauer.

In fast allen Fällen wird diese Aufprallgeschwindigkeit dramatisch unterschätzt. Der physikalische Hintergrund dafür, daß im obigen Beispiel das Fahrzeug mit der vollen Geschwindigkeit von 50 km/h auf das Hindernis prallt, läßt sich vom Bildschirm sehr anschaulich ablesen. Bei einer Reaktionszeit von 1 Sekunde (hier sind von der Reaktionszeit des Menschen über die Bremsansprechzeit bis hin zu weiteren Faktoren alle relevanten Zeiten zusammengefaßt; die Annahme von einer Sekunde entspricht der üblichen Rechtsprechung) ist der Reaktionsweg bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h bereits größer als der Abstand zum Hindernis, d.h. also bereits größer als der gesamte Anhalteweg bei 30 km/h. Daraus wird deutlich, daß in diesem Beispiel das Fahrzeug vor dem Einsetzen einer Bremswirkung auf das Hindernis mit der vollen Geschwindigkeit aufprallt.

Das Computerprogramm ist nun so gestaltet, daß zunächst Informationen über das Programm abgerufen werden können, danach kann man zwischen 3 verschiedenen Straßenzuständen wählen: trocken (7 m/s^2), naß (3 m/s^2) und Eis (1 m/s^2). Weiterhin kann man 2 verschiedene vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeiten anwählen: verkehrsberuhigte Zone: 30 km/h , normaler Stadtverkehr: 50 km/h , und schließlich kann eine völlig frei wählbare Höchstgeschwindigkeit vorgegeben werden. Wählt man z.B. die verkehrsberuhigte Zone, so wird im Eingabemenue nach der zu hohen, gefahrenen Geschwindigkeit (in unserem Beispiel aus Abb.6: 50 km/h) gefragt. Nach dieser Eingabe wird die Geschwindigkeitsüberschreitung angegeben, sowie der Anhalteweg für die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h und für den gewählten Straßenzustand, (in unserem Beispiel) trocken. Nach einem kurzen Erklärungssatz folgt die Aufforderung zur Schätzung der Aufprallgeschwindigkeit. Anschließend, (sh. Abb.6) wird auf dem Bildschirm ganz oben der Anhalteweg für ein vorschriftsmäßig fahrendes Fahrzeug dargestellt. Das Fahrzeug, von links kommend, kann rechtzeitig vor dem Hindernis in Form einer Mauer anhalten. Die Summe aus Reaktionsweg und Bremsweg, der sogenannte Anhalteweg, beträgt im gewählten Beispiel $13,3 \text{ m}$. Danach kommt von links das zu schnell fahrende Fahrzeug in unserem Beispiel mit 50 km/h , es prallt nach Durchlaufen des Reaktionsweges mit unverminderter Geschwindigkeit auf das Hindernis in Form einer Mauer auf. Der Bremsweg, der sich ohne Hindernis anschließen würde, wird farblich abgesetzt auf dem Bildschirm dargestellt. Im darunter befindlichen Textblock wird die Unterschätzung bzw. auch Überschätzung der Aufprallgeschwindigkeit mitgeteilt. Außerdem kann man die Anhaltewegverlängerung entnehmen. Das Programm kann über die Wahlmöglichkeiten "Neueingabe" oder "Diagramm" fortgesetzt werden. Auf dem eingeblendeten Tachometer läßt sich die jeweilige Geschwindigkeit des dargestellten Fahrzeuges abgelesen. Insbesondere hält die Tachometernadel den Wert der Aufprallgeschwindigkeit fest. Durch die Wahl: "Diagramm" gelangt man zu dem Bildschirmbild, das in Abb.7 dargestellt ist. Für die im vorangegangenen Programmablauf verwendeten Parameter (Reaktionszeit 1 Sekunde , trockene Fahrbahn, d.h. Bremsverzögerung: 7 m/s^2 , verkehrsberuhigte Zone, d.h. 30 km/h Höchstgeschwindigkeit) wird die Aufprallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Anfangsgeschwindigkeit graphisch dargestellt. Die im Beispiel gewählte zu hohe Geschwindigkeit (50 km/h) wird durch eine Linie hervorgehoben. Der Bereich der Kurve, in dem der Aufprall mit der vollen Geschwindigkeit erfolgt, wird hellrot markiert. In diesem Geschwindigkeitsbereich ist der Reaktionsweg größer oder gleich dem Abstand zum Hindernis.

Reaktionszeit: 1,0 sec Bremsverzögerung: 7,0 m/s²

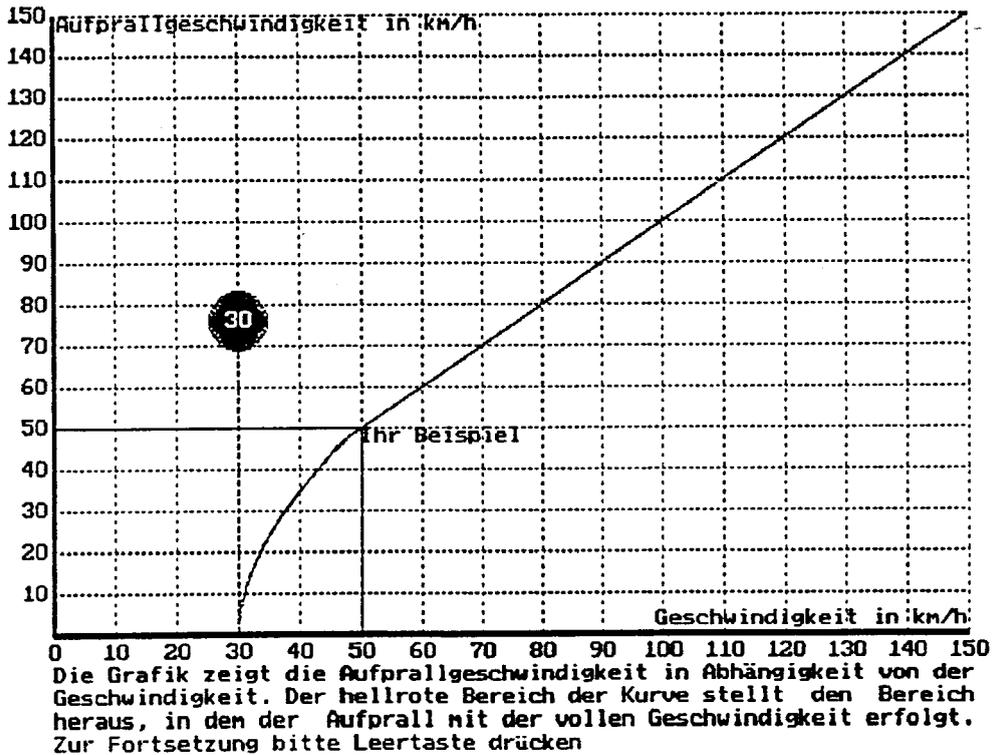


Abb.7: Diagramm zu dem Beispiel aus Abb.6

Ein zweites sehr häufig auftretendes Beispiel betrifft die Geschwindigkeitsüberschreitung im Stadtverkehr (zulässige Höchstgeschwindigkeit: 50 km/h). Für die Parameter wurden folgende Werte gewählt: Reaktionszeit 1 Sekunde, Straßenzustand: trocken, d.h. 7 m/s² als Bremsverzögerung, tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit: 80 km/h. Aus Abb.8 kann man entnehmen, daß für dieses Beispiel, die Aufprallgeschwindigkeit 73,6 km/h und die Anhaltewegverlängerung 29,8m beträgt. Das Diagramm in Abb.8 macht deutlich, daß ab einer Geschwindigkeit von 100 km/h das Fahrzeug ungebremst auf das Hindernis prallt, da dann der Abstand zum Hindernis kleiner oder gleich dem Reaktionsweg wird.

Den Zusammenhang zwischen gefahrener Geschwindigkeit, Reaktionsweg und Bremsweg wird in der Abb.9 in einer zusammenfassenden Darstellungsart nochmals gezeigt. Die gewählten Parameter: Bremsverzögerung: 7 m/s², Reaktionszeit: 1 Sekunde. Zusätzlich wird am rechten Rand der Graphik der Zusammenhang zwischen der gefahrenen Geschwindigkeit und der entsprechenden kinetischen Energie, dargestellt als Falltiefe des Fahrzeuges eindringlich vor Augen geführt. (Man beachte, daß die Or-

Reaktionszeit: 1,0 sec Bremsverzögerung: 7,0 m/s²

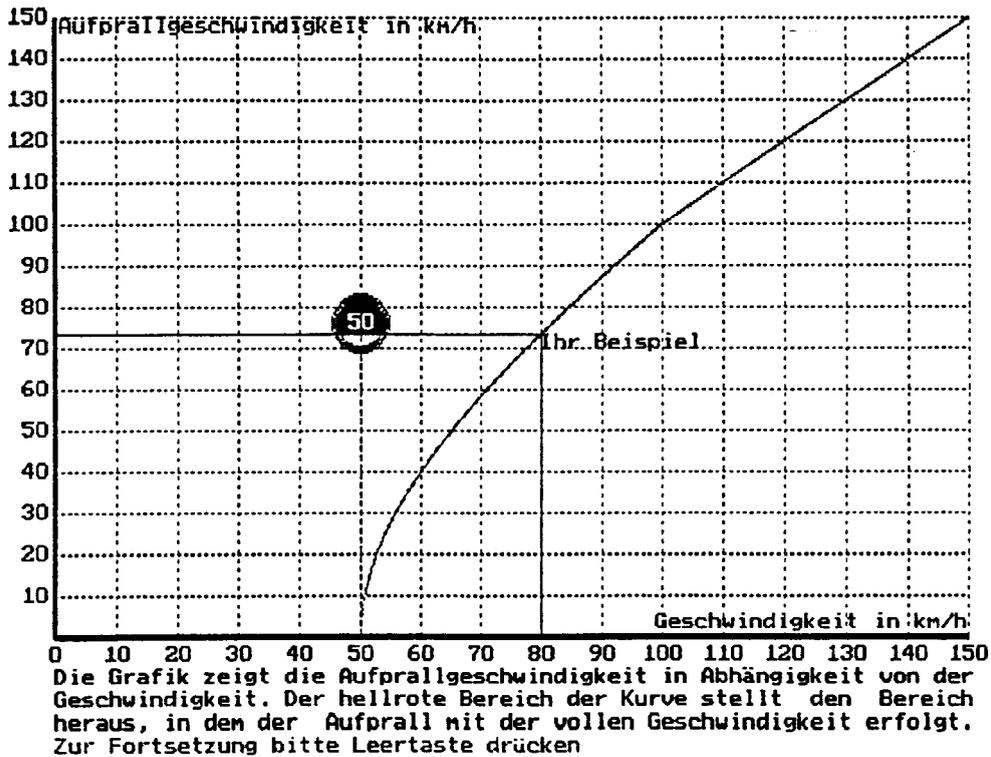


Abb.8: Diagramm zum Beispiel 80 km/h im Stadtverkehr. Ab 100 km/h erfolgt der Aufprall mit unverminderter Geschwindigkeit.

dinate für die Geschwindigkeit quadratisch skaliert ist.) Darüberhinaus wird ganz rechts noch der Zusammenhang zwischen dem Verletzungsrisiko eines angefahrenen Fußgängers und der Geschwindigkeit, mit der das Fahrzeug auf den Fußgänger aufprallt, dargestellt. Diese Graphik läßt die Gefahr, die schon mit relativ geringen Aufprallgeschwindigkeiten verbunden ist sehr deutlich werden. Daten: Niederer P.: Biochemische Probleme bei Fahrzeug-Fußgäberkollisionen, Physik in unserer Zeit, 14, (1983), S. 34-39, und anderen Quellen.

Ablesebeispiel: Wird ein Fußgänger bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h angefahren, so erleidet in ca. 35 % der Fälle der Angefahrene leichte, in ca. 55 % schwere und in ca. 10 % der Fälle tödliche Verletzungen.

Aus diesem Diagramm kann man auch (natürlich nur für die zu Grunde liegenden Parameter: 7 m/s² und 1 s Reaktionszeit) die Aufprallgeschwindigkeit entnehmen. Folgendes Beispiel: Angenommen, man fährt in einem Bereich, für den eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h vorgeschrieben ist, mit 100 km/h. Man verfolgt zunächst

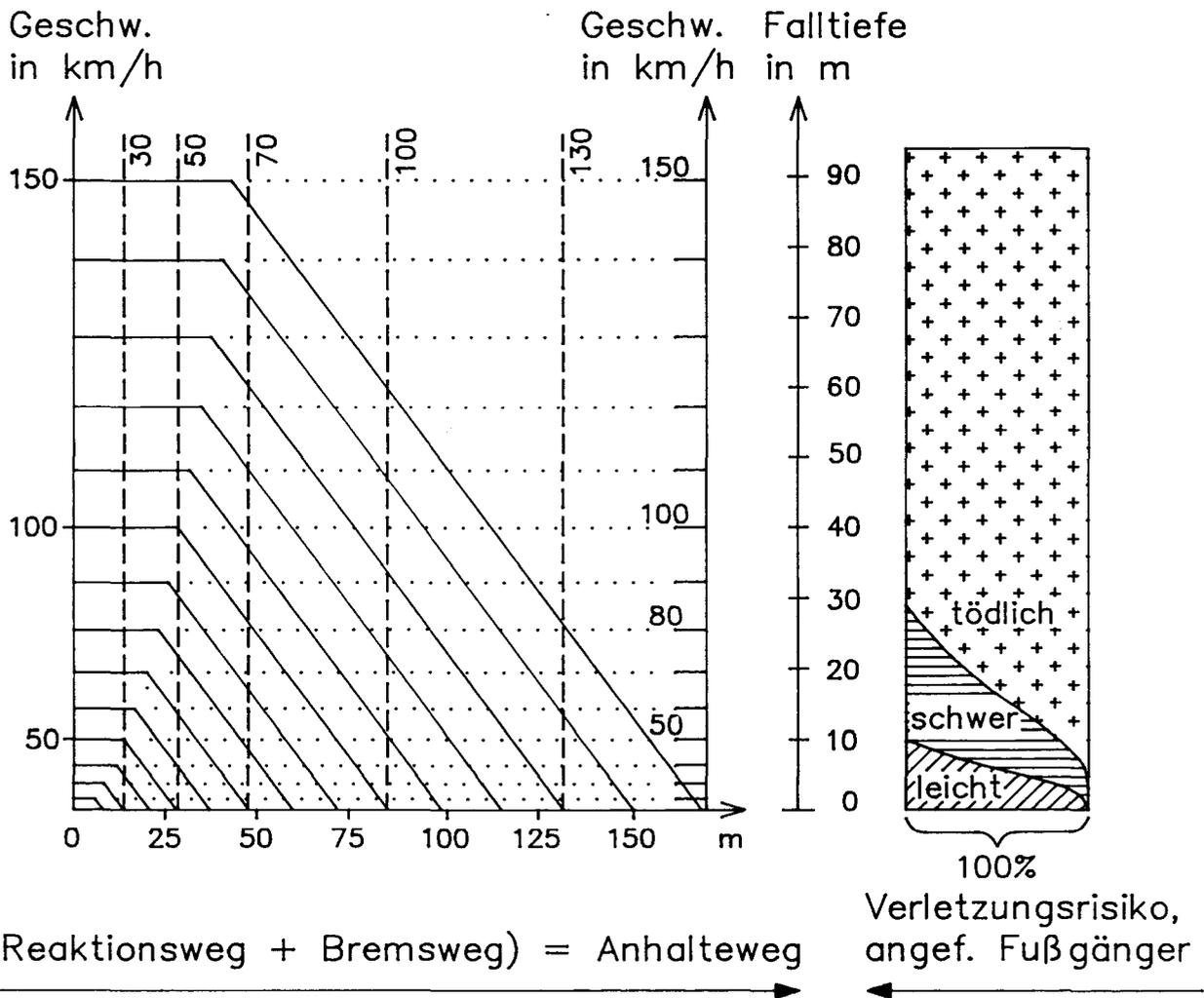


Abb.9: Aus diesem Diagramm mit den Parametern: Bremsbeschleunigung: 7 m/s^2 und Reaktionsweg: 1 s , können außer dem Reaktionsweg und dem Bremsweg auch die Aufprallgeschwindigkeit entnommen werden. (Lesebeispiel: sh. Text) Ganz rechts ist das Verkehrsrisiko für einen Fußgänger, der angefahren wird, dargestellt (Lesebeispiel: sh. Text). Die am oberen Rand im Straßenverkehr häufig vorkommenden Geschwindigkeiten markieren den dazugehörigen Anhalteweg.

im Diagramm vom Ordinatenwert 100 km/h ausgehend den Reaktionsweg als Gerade parallel zur Abszisse (während der Reaktionszeit von 1 s werden ca. 28 m zurückgelegt, ohne daß die Geschwindigkeit abnimmt).

Dort, wo nach 1 s die Bremswirkung einsetzt, knickt die Gerade ab und verläuft mit konstanter negativer Steigung (quadratische Skalierung der Ordinate!) bis zur Geschwindigkeit 0 . Wo diese Gerade die mit 70 gekennzeichnete gestrichelte Linie

(Anhalteweg, der zur Geschwindigkeit 70 km/h gehört) schneidet, hat das bremsende Fahrzeug gerade den Anhalteweg, der zur Geschwindigkeit von 70 km/h gehört, zurückgelegt. Dieser Schnittpunkt liegt bei einem Geschwindigkeitswert von ca. 80 km/h. Dies ist die Restgeschwindigkeit, die das Fahrzeug an dieser Stelle noch hat, bzw. die Aufprallgeschwindigkeit auf ein Hindernis an diesem Ort.

Das Diagramm enthält viele Informationen in einer für den Schüler relativ abstrakten Form. Hinzu kommt, daß die Ordinate für die Geschwindigkeit quadratisch skaliert ist. Dies könnte natürlich in einem Zwischenschnitt vermieden werden. Für den Bremsweg würden sich dann parabelförmige Abschnitte ergeben. Allerdings sollte der verkehrserzieherische Effekt einer quadratischen Skalierung (Zunahme der kinetischen Energie!) nicht übersehen werden.

```
repeat
  if t>rt then v:=v-a*dt;
  s:=s+v*dt;
  t:=t+dt;
  {.....}
  {.....}
until abbruch;
```

Abb.10: Die physikalisch bedeutsamen Befehle im Programm: "Aufprallgeschwindigkeit". (Turbo-Pascal)

In Abb.10 sind die wenigen Befehle enthalten, die den physikalischen Hintergrund für dieses Programm bilden. In der "repeat ... until" - Schleife wird dann, wenn $t > \text{Reaktionszeit} (= vt)$ die Geschwindigkeit durch Abbremsen um $a \cdot dt$ pro Zeitelement vermindert. In der nächsten Zeile wird der Weg s in jedem Zeitelement dt um $v \cdot dt$ erhöht. Bei jedem Schleifendurchlauf wird t um dt vergrößert. Die geschweiften Klammern betreffen lediglich den Aufruf von Unterprogrammen (z.B. Zeichnen der Autos).

Dieses Programm Aufprallgeschwindigkeit scheint in besonderer Weise geeignet, im Sinne einer Verkehrserziehung zu wirken. So wurde es z.B. in einem Polizeiversuch in Bielefeld erprobt. Verkehrssünder, die durch eine Radarmessung aufgefallen waren, konnten direkt vor Ort in einem entsprechend eingerichteten Polizeiwagen dieses Computerprogramm Aufprallgeschwindigkeit erleben. Sie gaben selbst an der Tastatur die für ihren Fall entsprechenden Werte ein und haben dabei die Aufprallgeschwindigkeit in der Regel dramatisch unterschätzt. Die Erfahrungen der Polizei vor Ort zeigten, daß auf diese Weise Einsicht erzeugt werden kann. Eine Untersuchung, in welcher Weise diese Einsicht auch zu einer Verhaltensänderung führt, steht noch aus.

Aus Platzgründen konnten hier nur zwei Programme kurz vorgestellt werden. Interessenten können die Programme kostenlos erhalten, wenn sie sich verpflichten, diese nicht kommerziell zu nutzen.

Literatur:

- [1] N. Treitz: Gesichtspunkte zu den didaktischen Funktionen der Simulation auf dem Bildschirmcomputer im Physikunterricht, LOG IN 3 (1982) 31
- [2] H. Harreis: Die Dilemmazone vor einer Verkehrsampel - Ein Beitrag zum Physikunterricht und zur Verkehrserziehung in: Zeitschrift für Verkehrserziehung, 38(1988), Heft 1, S.3
- [3] H. Harreis, H.M. Riede, H. Sieger, N. Treitz: Computersimulation von Überholvorgängen in: Praxis der Naturwissenschaften, Physik, 38 (1989), Heft 3, Seite. 12
- [4] H. Harreis, H.M. Riede, H. Sieger, N. Treitz: Computersimulationen im Straßenverkehr Teil I und Teil II in:Tagungsband, Deutsche Physikalische Gesellschaft, Gießen 1988