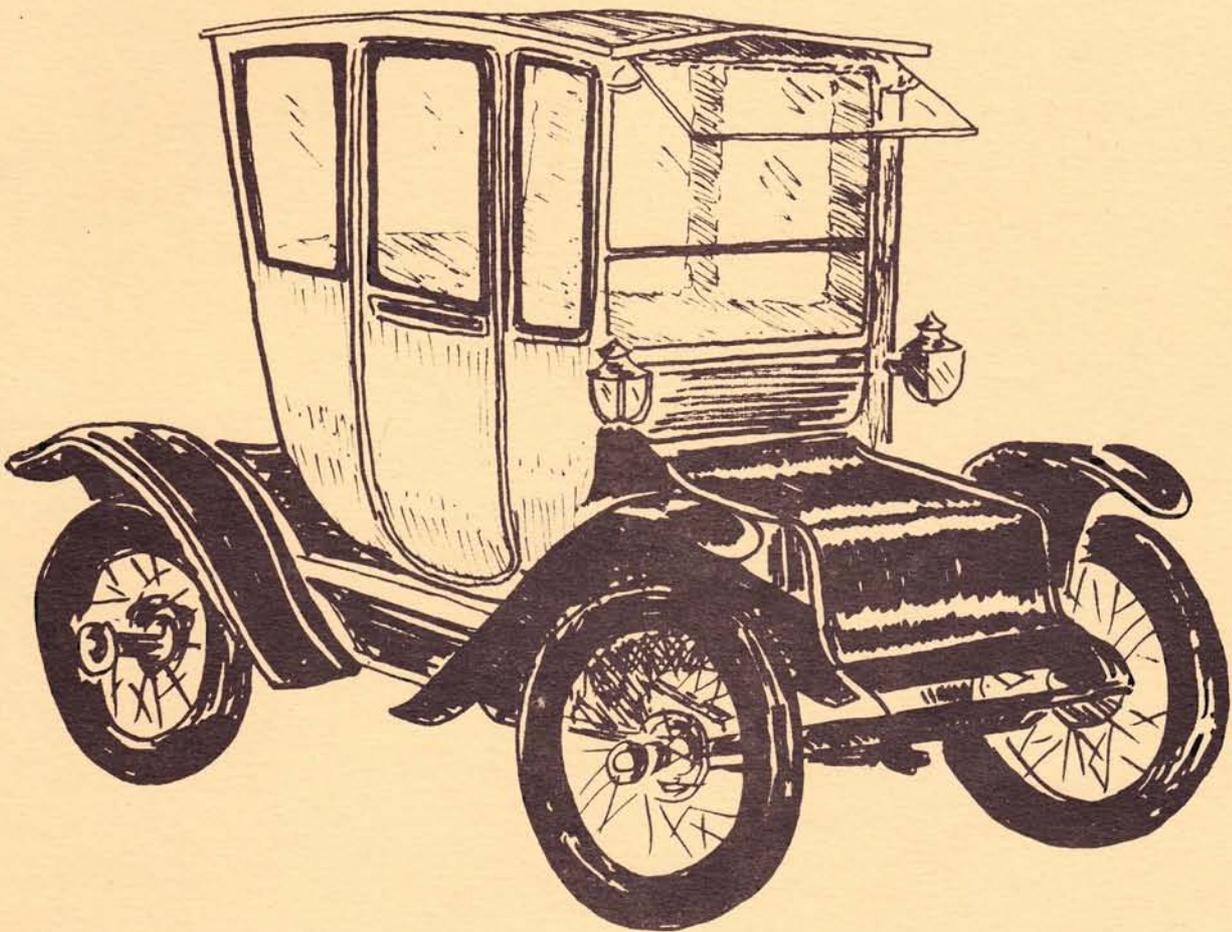


Soznat

Materialien für den Unterricht 17

MARTIN KOMPAST, INA WAGNER, KURT WANDALLER,
WOLFGANG ZIKMUNDA



**AUTO
SICHERHEIT, UMWELTBELASTUNG,
WIRTSCHAFTLICHKEIT**

Naturwissenschaften sozial

CIP - Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Auto: Sicherheit, Umweltbelastung, Wirtschaftlichkeit ; Materialien zu e. Unterrichtsreihe / Hrsg.: AG Naturwiss. Sozial, Gesamthochsch. Kassel. Martin Kompast ... Red.: A. Kremer. - 1. Aufl. - Marburg : Redaktionsgemeinschaft Soznat, 1985.

(Soznat ; Bd. 17)
ISBN 3-922850-29-4

NE: Kompast, Martin (Mitverf.); Gesamthochschule <Kassel> / Arbeitsgruppe Naturwissenschaften Sozial;
GT

1. Auflage 1985

(c) Redaktionsgemeinschaft Soznat

Postfach 2150, 3550 Marburg

Druck: Alpdruck Marburg

Alle Rechte vorbehalten - Kopien zu Unterrichtszwecken erlaubt

ISBN 3 - 922850 - 29 - 4

Martin Kompast, Ina Wagner, Kurt Wandaller, Wolfgang Zikmunda

A U T O

Sicherheit, Umweltbelastung, Wirtschaftlichkeit

Materialien zu einer Unterrichtsreihe

Marburg 1985

Redaktion: A. Kremer

HERAUSGEBER: AG NATURWISSENSCHAFTEN SOZIAL
c/o Lutz Stäudel,
Gesamthochschule Kassel,
FB 19, Heinrich-Plett-Str. 40
3500 Kassel

I N H A L T

I.	VORBEMERKUNG	S.	1
II.	DIE STRUKTUR DER MATERIALIEN	S.	3
III.	MATERIALIEN	S.	4
IV.	ERFAHRUNGSBERICHT	S.	61
V.	LITERATUR	S.	64

I. VORBEMERKUNG

Die Bedeutung des alltäglichen Natur- und Technikverständnisses von Schülern für das Erlernen naturwissenschaftlich-technischer Inhalte*

Der Gegensatz zwischen dem alltäglichen Natur- und Technikverständnis einerseits, das die Schüler sozusagen als fachliche Vorgabe in den Unterricht einbringen, und dem fachlich-wissenschaftlichen Natur- und Technikverständnis andererseits, an dem sich die Ziele und Inhalte der Lehrpläne orientieren, bestimmt das empirische Verhältnis der Schüler wie der Lehrer zum naturwissenschaftlichen Unterricht.

Das alltäglich Naturverständnis

Das von den Schülern in den naturwissenschaftlichen Unterricht mitgebrachte Natur- und Technikverständnis ist geprägt von einer Reihe qualitativer Fundamentalerfahrungen, die in ihrem phänomenologischen Gültigkeitsbereich Natur und Technik zweifellos zutreffend, aber in einer ganz anders gearteten Begrifflichkeit als die Natur- und Technikwissenschaft beschreiben.

So haben Kinder z.B. schon sehr früh einen qualitativen Geschwindigkeitsbegriff im Sinne von "Schnelligkeit", der jedoch eher so etwas wie die "Bewegungsintensität" eines Körpers in naher Verwandtschaft zum physikalischen Impulsbegriff erfaßt.

Der Beschleunigungsbegriff hat, sofern er mit dem Geschwindigkeitsbegriff nicht gleichgesetzt wird, für Schüler überwiegend den Charakter des "Mehrwerdens".

Auch eine Art Kraftbegriff ist bei den Schülern von vornherein vorhanden. Doch wird er überwiegend verdinglicht und nicht als Relation gesehen ("Kraft haben", "Kraft ausüben", "Kraft verbrauchen").

Das heißt, verbunden wird mit Kraft die Vorstellung als etwas, was man besitzt, unabhängig davon, ob sie "ausgeübt" wird oder nicht.

Ähnlich verhält es sich mit dem Wechselwirkungsprinzip (als Teil des mechanischen Kraftbegriffs). Das Verständnis der Schüler vom Wechselwirkungsprinzip ist durch die Verwendung der Kraft als Eigenschaft (und nicht als Reaktion) blockiert, weil zwischen einem aktiven, kraftausübenden Teil und einem passiven, reagierenden Teil unterschieden wird, der auf den Wechselwirkungspartner keine Kraft ausüben kann.

Ein Beispiel soll das verdeutlichen: Auf die Frage: "Wer die beschleunigende Kraft auf ein anfahrendes Auto ausübt", wird überwiegend die Idee, daß dies die Straße sei, verneint. "Die Straße liegt doch nur da!"

Mit dem Begriff Trägheit, der grundsätzlich als Zustandsbezeichnung konzeptualisiert ist, wird z.B. die Vorstellung des Beharrungsstrebens verbunden: Die Trägheit eines "faul ruhenden Körpers" muß man überwinden wie die eigene Unlust.

An diesen Beispielen wird zumindest zweierlei deutlich.

Zum einen ist das Natur- und Technikverständnis der Schüler offenbar nicht nur von der unmittelbaren Naturanschauung, sondern auch von den dazu gehörigen Handlungserfahrungen geprägt. Zum anderen entwickeln die Schüler damit zugleich ein gänzlich anderes Ursachenverständnis als die Physik (oder Technik). Nicht ein aus der distanzierten Beobachtung entwickeltes kognitives Modellkonstrukt, son-

* Ausführlicher siehe: Zur Empirie des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Soznat Heft 1/2, 1983.

dern der die Objektdistanz überwindende Handlungsaspekt des betrachteten Phänomens wird zu seiner Erklärung herangezogen.

Motivationskriterien

Wie nachhaltig die Realität des naturwissenschaftlichen Unterrichts von der Existenz eines vorunterrichtlichen Naturbildes auf Seiten der Schüler geprägt ist, kommt besonders in den empirisch festmachbaren Kriterien der fachlichen Schülermotivation zum Ausdruck. Für eine aktive Beteiligung der Schüler am Unterricht lassen sich im wesentlichen zwei Hauptkriterien erkennen.

Die Erfahrungsnähe und die Handlungsorientierung des Curriculums, beides zentrale Kategorien auch des alltäglichen Natur- und Technikverständnisses. Dabei reicht das Kriterium der Erfahrungsnähe von der bloßen Anschaulichkeit der Unterrichtsgegenstände über das Anknüpfen an den alltäglichen Umgang mit den Dingen bis hin zur Einbeziehung der politisch-sozialen Dimensionen von Naturwissenschaft und Technik in den Unterricht.

Besonders auffallend ist dabei das Interesse der Schüler an technischen Fragen ganz allgemein, das zugleich beide Hauptmotivationskriterien, die Alltags- und Handlungsorientierung vereint. Denn zu meist bieten die technischen Anwendungen der Naturwissenschaften allerlei Anlaß zu selbständigem Knobeln und Basteln in Schule und Freizeit.

Das Eingehen auf und das Umgehen mit dem Natur- und Technikverständnis, das Schüler in den Unterricht mitbringen, war unser Hauptanliegen bei der Behandlung des Themas "Auto" unter den Aspekten "Sicherheit", "Umweltbelastung", "Wirtschaftlichkeit", wobei Anschaulichkeit, Nützlichkeit und Gebrauchsfähigkeit des Natur- und Technikverständnisses in möglichst konkreten Erfahrungszusammenhängen gestellt werden sollten.

II. DIE STRUKTUR DER MATERIALIEN

Die Materialsammlung ist keine geschlossene Lehreinheit. Deshalb ist auch kein Ablaufschema für den Unterricht vorgegeben. Die einzelnen Themen "Bremsen", "Sicherheitsgurte", "Kurvenfahrt", "Wirtschaftlichkeit" und "Das Auto im Alltag" sind so angelegt, daß man sie - ohne an eine vorgegebene Abfolge gebunden zu sein - voneinander unabhängig behandeln kann.

Unser Ziel war es, alle Teile der Lehreinheit so zu gestalten, daß sie sich zur selbständigen Bearbeitung durch die Schüler (individuell oder in Gruppen) eignen.

Es werden dem Schüler keine bereits fertigen Antworten vorgegeben. Vielmehr sollte der Stoff anhand von Fragen erarbeitet werden, die dem Schüler im Gespräch oder anhand von Versuchen die Möglichkeit bieten o f f e n zu antworten und weitere Fragenaspekte zu verfolgen bzw. weitere Versuche durchzuführen.

Dementsprechend sind die Problemstellungen in den Materialien nicht bindend, sondern als Anregungen gedacht.

Selbstverständlich kann der Lehrer die Schülerarbeit dort, wo es ihm notwendig erscheint, durch eigene Fragestellungen, Erklärungen und detaillierte Anweisungen ersetzen bzw. ergänzen.

Zentrale physikalische Konzepte werden im Rahmen der Lehreinheit zum Teil ausführlicher entwickelt, als dies in den meisten Lehrbüchern üblich ist. Dieses Vorgehen begründet sich aus unserer Erfahrung, daß Schüler insbesondere im Anfangsunterricht in Physik erhebliche Schwierigkeiten mit der physikalischen Betrachtungsweise, d.h. mit physikalischen Begriffen, Modellen und Theorien haben. Sie können unseres Erachtens nur zu physikalischen Denkfiguren vorstoßen, sofern damit alltägliche Erfahrungen durchsichtiger und die spezifische Erklärungskraft des wissenschaftlich-technischen Fachparadigmas deutlich gemacht werden. Hierfür brauchen die Schüler Zeit und die Möglichkeit mit diesen Konzepten selbständig und anhand anschaulicher Gegebenheiten umzugehen.

III. MATERIALIEN

A	<u>BREMSEN</u>	S. 5
1.	Warum bremsen?	S. 5
2.	Ungewöhnliche Bremsmethoden	S. 6
3.	Das Auto bekommt Reibung eingebaut	S. 7
4.	Versuche zur Reibung	S. 9
5.	An der Haftreibungsgrenze	S. 11
6.	Bremsen, physikalisch gesehen	S. 15
B	<u>SICHERHEITSGURTE</u>	S. 23
1.	Schade um das Auto	S. 23
2.	Bremsen und bremsen ist zweierlei	S. 25
3.	Die bösen Folgen eines Aufpralls-ein Rechenbeispiel	S. 26
4.	Anschnallen? - Nichts für mich!	S. 28
5.	Der Sicherheitsgurt - ein Energieverteiler	S. 29
6.	Auswertung eines Crash-Tests	S. 30
C	<u>KURVENFAHRT</u>	S. 33
1.	Riskante Kurven	S. 33
2.	Bauart von Kurven als Sicherheitsfaktor	S. 35
3.	Fahrbahn und Reifen als Sicherheitsfaktoren	S. 37
4.	Richtungsänderung erfordert Kraft	S. 39
5.	Verteidiger Dr.Schneider weiß keinen Rat	S. 42
D	<u>WIRTSCHAFTLICHKEIT</u>	S. 44
1.	Motorisierung geht weiter aufwärts	S. 44
2.	Verkehrswege und Verkehrsmittelnutzung	S. 45
3.	Belastungen durch den Verkehr	S. 46
4.	Beim Stickoxid nur ein geringes Einsparungspotential	S. 48
5.	Energieverbrauch des Autoverkehrs	S. 50
6.	Energiesparen beim Auto	S. 51
E	<u>DAS AUTO IM ALLTAG</u>	S. 57

B R E M S E N

1. WARUM BREMSEN?

Ein Auto fährt auf einer waagrechten geraden Straße (hinter ihm ist niemand, vor ihm ist niemand).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Auto ohne Schaden zum Stillstand zu bringen.

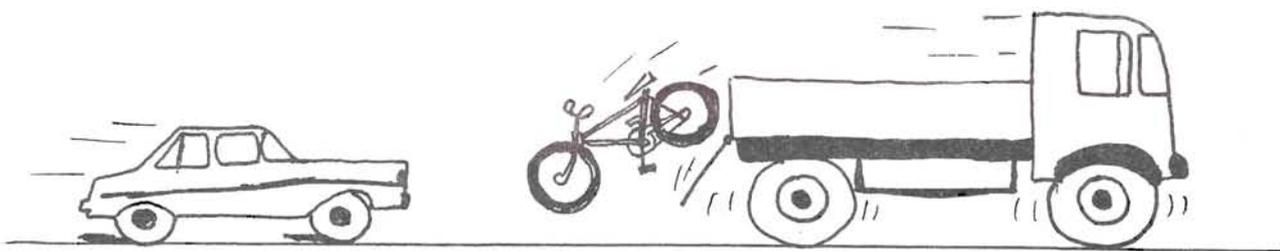
Was macht der Fahrer?

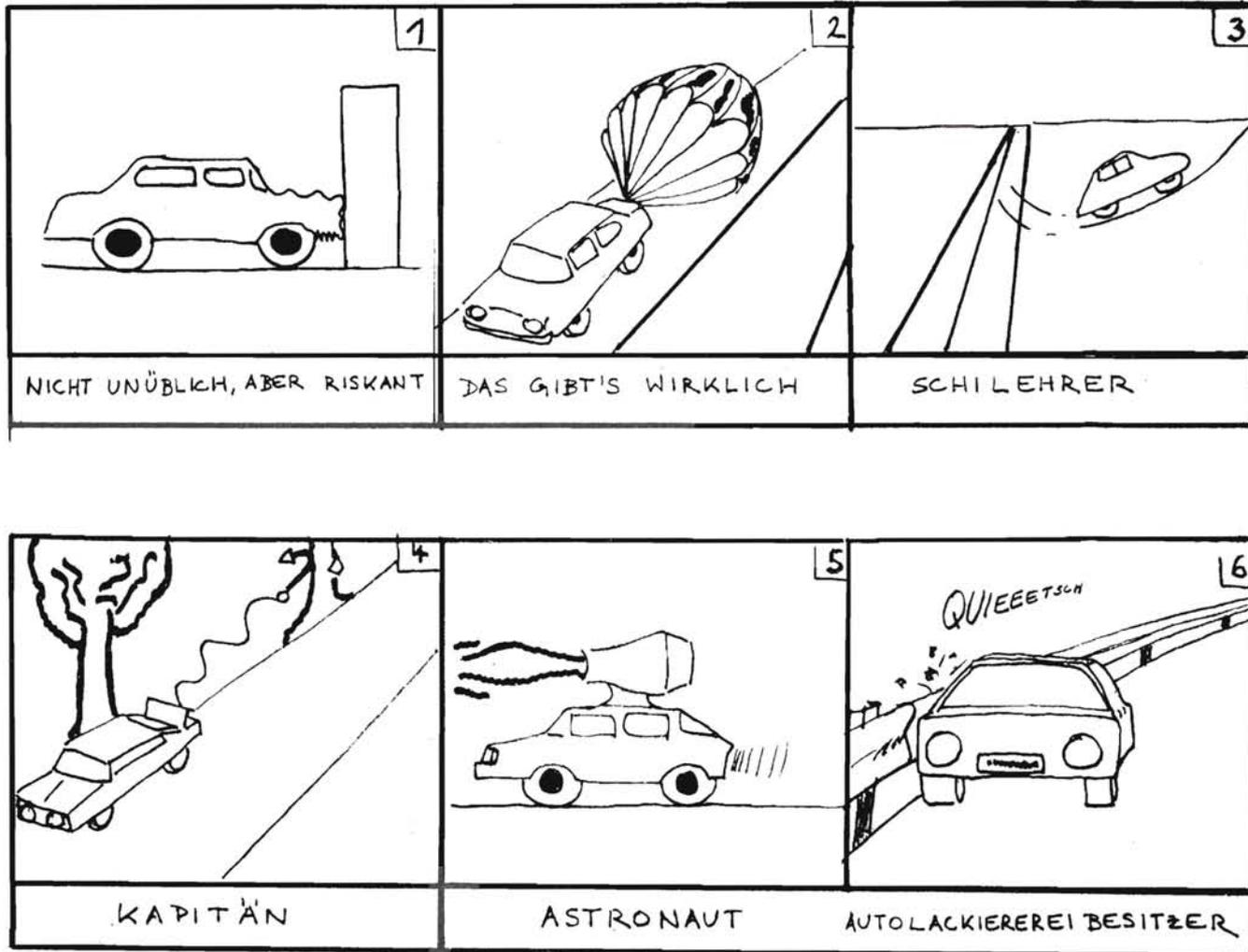
- a) Er tritt mit geringem Fußdruck auf Bremspedal.
- b) Er nimmt den Fuß vom Gaspedal, ohne auf das Bremspedal zu treten.
- c) Er schaltet auf Leerlauf ohne zu bremsen.
- d) Er tritt mit voller Kraft auf das Bremspedal.

Wie verhält sich das Auto in den genannten Fällen?

Kannst du dir beim Autofahren Situationen vorstellen, in denen es ausreicht, vom Gas wegzugehen?

Kennst du Situationen, in denen unbedingt gebremst werden muß?



2. UNGEWÖHNLICHE BREMSMETHODEN

Welche Widerstände werden hier benutzt, um das Auto abzubremsen?
 Eine der sechs Bremsmethoden kommt der üblichen ziemlich nahe.
 Welche ist das?

3. DAS AUTO BEKOMMT REIBUNG EINGEBAUT

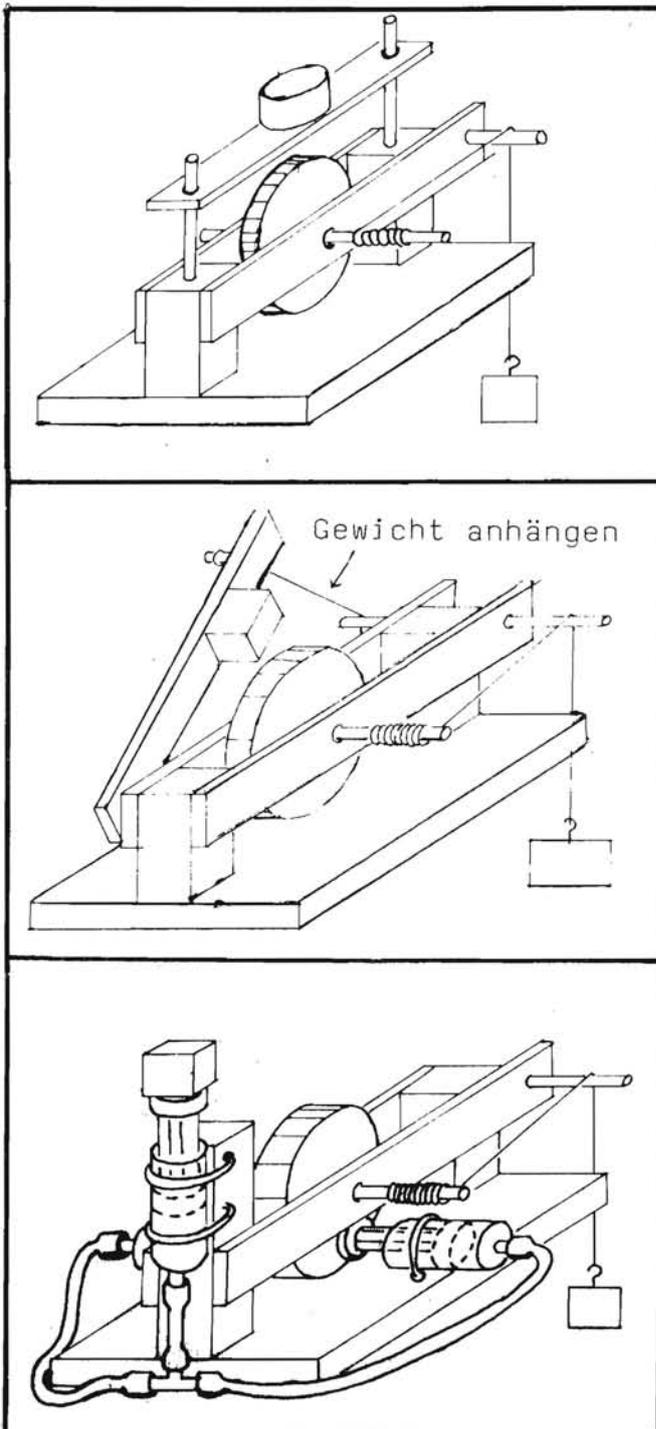
Wie wird die Bremse ein- und ausgeschaltet?

Wie kann ihre Wirkung reguliert werden?

Wie bremst ein Autofahrer vier Räder gleichzeitig?

Siehe dir hierzu die folgenden Zeichnungen/Modelle an.

MODELLE VON BREMSANLAGEN



Wie funktionieren die Modelle?
 Welche Unterschiede gibt es?
 Warum die Hydraulik für das Auto?

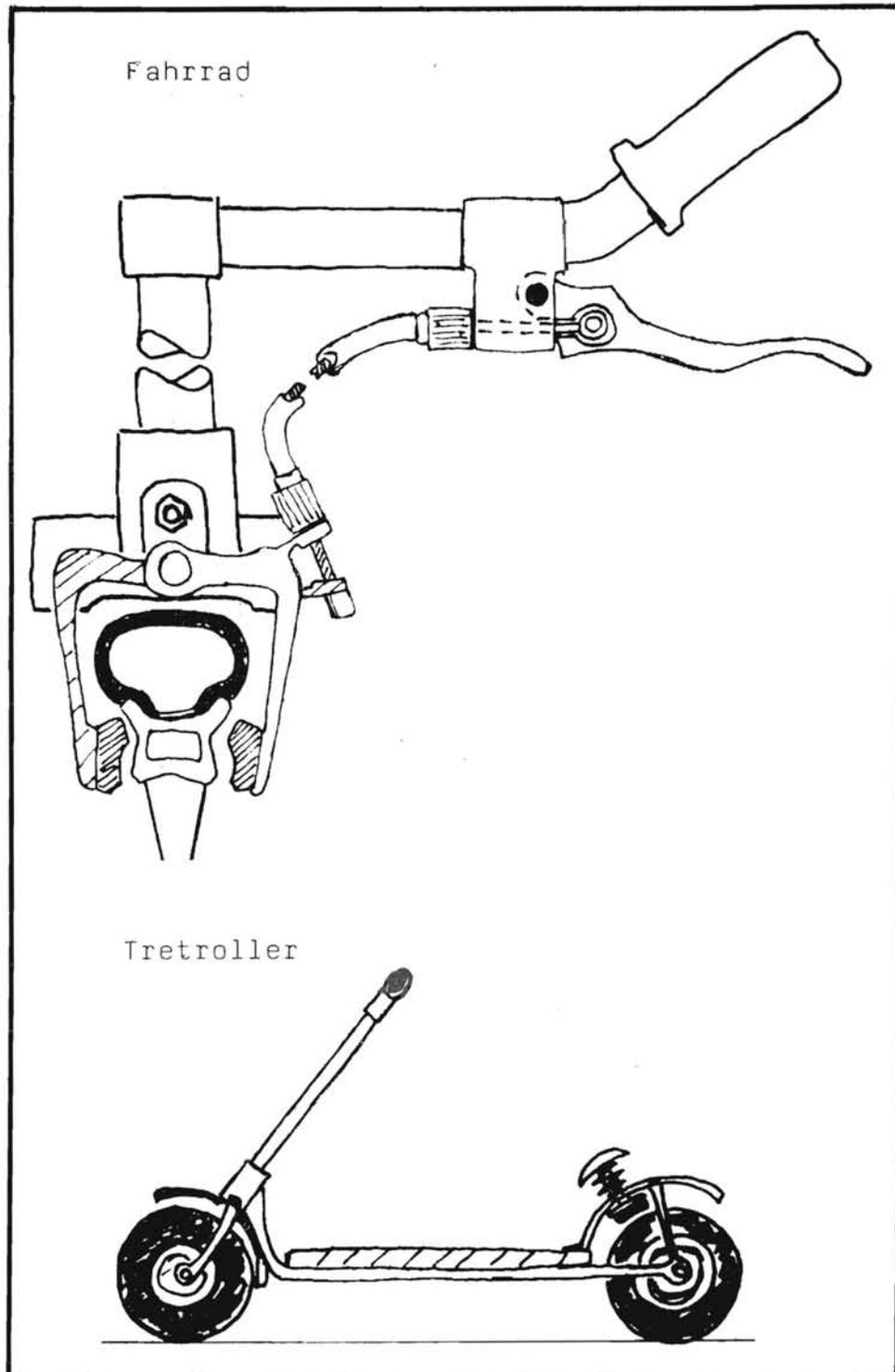
Nenne die kritischen Teile der Bremsanlage.

Welche Begleiterscheinung tritt beim Bremsen auf?
Berühre z.B. nach längerer Benutzung der Rücktrittbremse das Rücktrittgehäuse an deinem Fahrrad.

Vergleich: Tretroller und Fahrradbremse

Worin bestehen Unterschiede?

Welche Vorteile hat die Felgenbremse am Fahrrad?



4. VERSUCHE ZUR REIBUNG

1. Rollschuhe und Skateboards

Welche Kraft ist nötig, um ein Kind auf Rollschuhen (Skateboard) in Bewegung zu setzen?

Welche Kraft benötigt man, um eine konstante Geschwindigkeit aufrecht zu erhalten?

Wie könntest du diese Kraft messen?

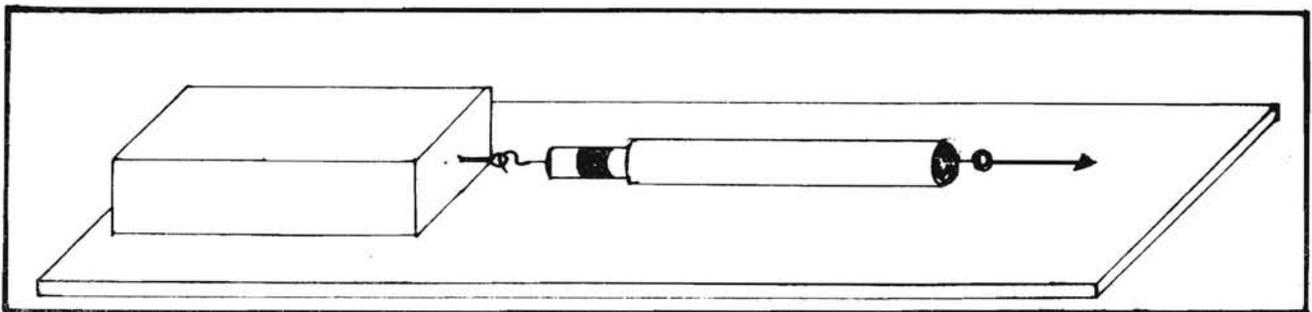
Spielt es eine Rolle, wie schwer das Kind ist?

Wie könnte man den Widerstand verringern?

Wie könnte man möglichst ungünstige Bedingungen herstellen?

2. Eine "Durchuntersuchung" der Reibung

Du benötigst zwei gleichschwere Holzklötze. Ein Holzklötz davon ist mit verschiedenen rauhen Seitenflächen versehen. Des weiteren brauchst du verschieden raue Unterlagen und einen Kraftmesser.



Ziehe einen Klötz mit Hilfe des Kraftmessers über die Unterlage und lies die Zugkraft ab.

Wovon könnte die Größe des Widerstandes abhängen?

Wie könnte man den Widerstand verringern?

a) Die Reibung und die Auflagefläche

Bei gleicher Unterlage verwende nur gleichraue Flächen des Holzklötzes. Lese zuerst die Kraft ab, um den Klötz in Bewegung zu setzen, und dann die Kraft, um ihn in gleichmäßiger Bewegung zu halten.

Nimm jedesmal den Mittelwert von drei Messungen.

b) Die Reibung und das Gewicht

Ziehe einen Holzklötz mit dem Kraftmesser über die Unterlage und wiederhole den Versuch, indem du zwei Holzklötze ziehst.

(Alle anderen Bedingungen (Größe und Rauigkeit der Auflagefläche, Unterlage) müssen beidemale gleich bleiben!)

Nimm jedesmal den Mittelwert von drei Messungen.

c) Die Reibung und das Material

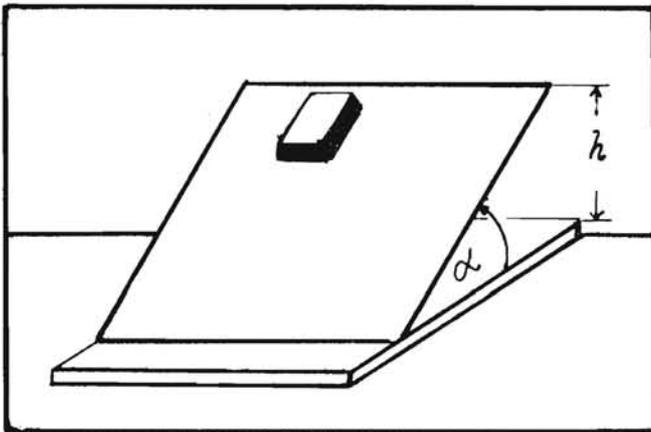
Untersuche, wie sich die Reibungskraft ändert, wenn verschiedene Materialien aufeinander gleiten (Holz auf beschichteter Platte, Holz auf Schmirgelpapier, Schmirgelpapier auf beschichteter Platte, Schmirgelpapier auf Schmirgelpapier). Gewicht und Größe der Auflagefläche bleiben stets gleich.

3. Der Anfangswiderstand

Hast du bemerkt: Es ist eine größere Kraft nötig, um den Holzklötz in Bewegung zu setzen als ihn in Bewegung zu halten.

Versuch zur Haftreibung:

Du brauchst dazu: Mehrere Gegenstände aus verschiedenen Materialien (sie sollen eine ebene Fläche haben, z.B. mit Schmirgelpapier beklebter Holzquader) und verschiedene Unterlagen.



Stelle den Gegenstand auf die Platte; neige diese vorsichtig, bis der Gegenstand zu gleiten beginnt.

Miß den Neigungswinkel α oder die Höhe h .

Was hat die Neigung der Platte mit dem Widerstand zu tun?

4. Zusammenfassung

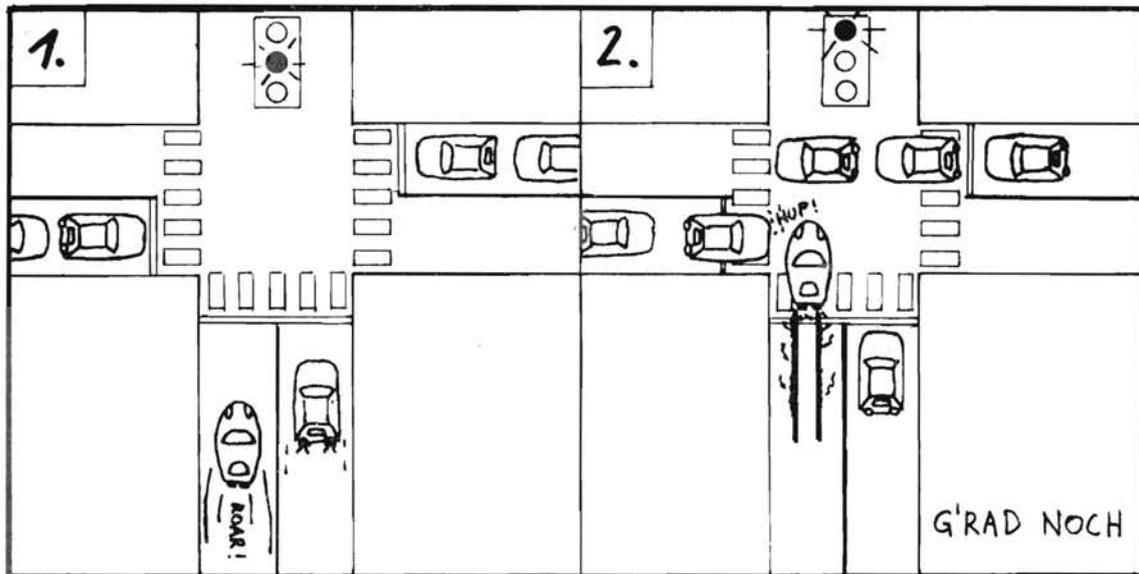
Die Kraft, mit der die Unterlage den Körper zurückhält, nennt man in der Physik Reibungskraft oder einfach Reibung.

Man kann drei Arten von Reibung unterscheiden:

- a) Widerstand, der beim Start überwunden werden muß:
HAFTREIBUNG.
- b) Widerstand, der überwunden werden muß, um den Körper in gleitender Bewegung zu halten:
GLEITREIBUNG.
- c) Widerstand, der überwunden werden muß, um den Körper im Rollen zu halten:
ROLLREIBUNG.

Die Reibung ist umso größer, je größer das Gewicht und je rauher die berührenden Flächen sind.

Die Größe der Berührungsflächen spielt nur eine geringe Rolle.

5. AN DER HAFTREIBUNGSGRENZE1. Bremsspuren

Wodurch entstehen Bremsspuren?

Unter welchen Bedingungen gerät das Auto beim Bremsen ins Rutschen?

Bremse:

Straße:

Was ist gefährlich bei gleitenden Bremsungen?

Wie vermeidet man sie?

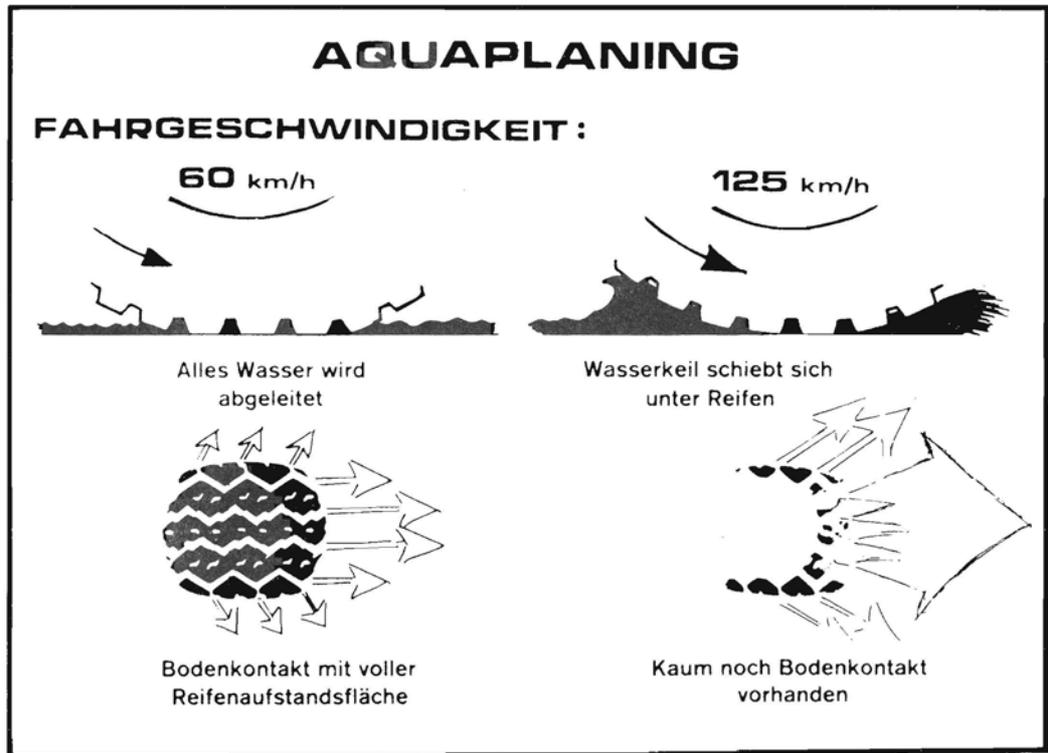
2. Wetter- und Straßenzustand

Beurteile verschiedene Fahrbahnoberflächen und Wetterbedingungen.

Vergleiche miteinander:

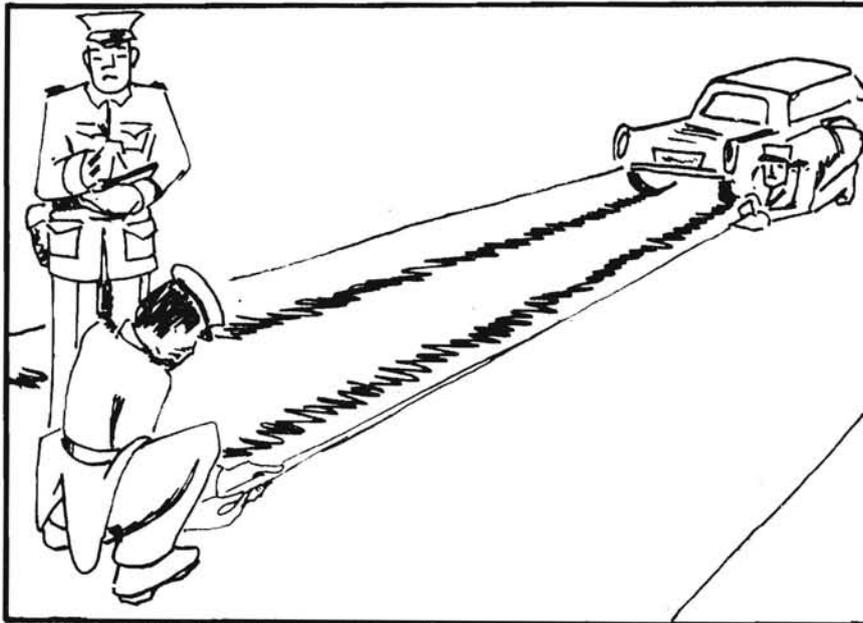
Fahrbahn/Witterung	gutes/schlechtes Bremsen	günstigste Reifenart

Beispiel: AQUAPLANING



Aus: Reifenauswahlkriterien des Fahrzeugherstellers. Schriftenreihe der Adam Opel AG Nr. 21, 1979.

3. Es hat gekracht!



Warum mißt die Polizei die Länge der Bremsspuren?

Der Kfz-Sachverständige benutzt zur Ermittlung der gefahrenen Geschwindigkeit eine Tabelle, die ungefähr so aussieht.

Fahrgeschw. in km/h	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bremsweg in Meter auf trock. Asphalt	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Bremsweg in Meter auf Eis	8	32	72	128	200	288	392	512	648	800

Prüfe für den Bremsweg auf der Asphaltstraße:

Wenn die Geschwindigkeit zweimal/dreimal/viermal... so groß wird (z.B. 20 km/h → 40 km/h, 20 km/h → 60 km/h, 20 km/h → 80 km/h), wird der Bremsweg wieviel mal größer?

Überprüfe dasselbe für den Bremsweg auf Eis.

Welcher Zusammenhang besteht zwischen Verdopplung, Verdreifachung,.. und Anwachsen des Bremsweges?

Beim Bremsen wird die Geschwindigkeit geändert. Ein anderer Vorgang, bei dem sich die Geschwindigkeit ändert, ist das Beschleunigen. Worin liegt der Unterschied zwischen Bremsen und Beschleunigen?

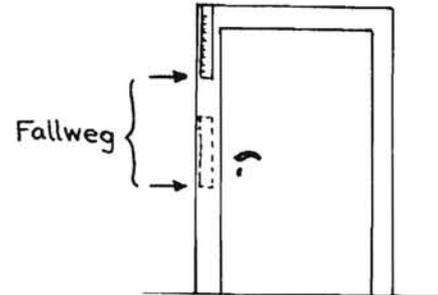
4. Anhalteweg = Reaktionsweg + Bremsweg

Was ist der Reaktionsweg?

Jeder kennt den Begriff "Schrecksekunde": Zwischen dem Erkennen einer Gefahr und der Reaktion darauf liegt eine gewisse Zeit. Nicht jeder braucht eine ganze Sekunde; aber für das Autofahren ist dieser Richtwert geeignet.

Prüfe deine eigene Reaktionszeit durch folgendes Experiment:

Du läßt ein Lineal (Länge ca. 30 cm) von der Oberkante eines Türrahmens fallen. Versuche das Lineal abzustoppen. Die Lage des Linealansfangs wird am Türrahmen markiert. Aus der Kurve kannst du entnehmen, welche Zeit ein Körper für einen bestimmten Fallweg benötigt.



Fallweg	Reaktionszeit	Graph

Fahrschulen verwenden folgende Tabelle.

Anhalteweg und Geschwindigkeit

Nach "Faustformeln" errechnet sich der Reaktionsweg = 1/10 der Fahrgeschwindigkeit (km/h) mal 3; der Bremsweg = 1/10 der Fahrgeschwindigkeit (km/h) zum Quadrat (entspricht der gesetzlichen Mindestverzögerung).

Fahrgeschw. in km/h	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Reaktionsweg in Meter	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Bremsweg in Meter	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Anhalteweg in Meter	4	10	18	28	40	54	70	88	108	130

Hier wird die Reaktionszeit 1 Sekunde angenommen.

Überprüfe durch Rechnung einen der Näherungswerte der Tabelle.

6. BREMSEN, PHYSIKALISCH GESEHEN1. Was ändert sich eigentlich beim Bremsen?

Wie werden Geschwindigkeiten gemessen?

Wie gibt man die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs an?

Wie groß ist die Änderung?

Die Beschleunigung eines Autos:

Als Maß für die Beschleunigung nimmt man die Zeit, die ein Auto braucht, um eine bestimmte Endgeschwindigkeit zu erreichen.

Beispiele:

Die Zeit um von 0 km/h auf 100 km/h zu beschleunigen beträgt bei

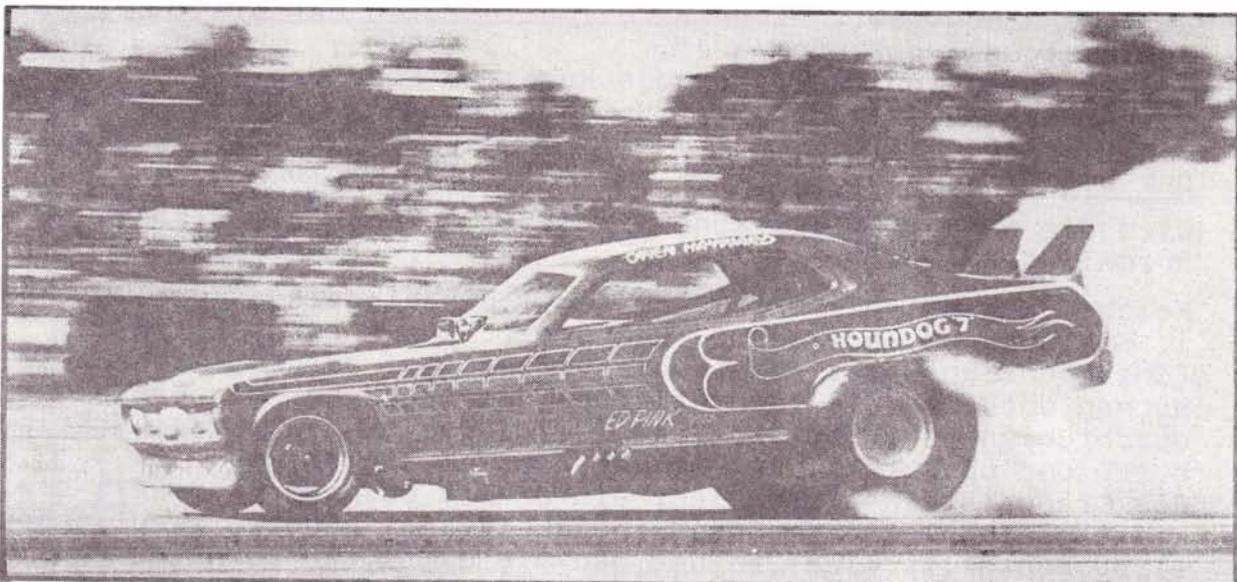
Auto A: 15,0 sec.

Auto B: 13,0 sec.

Auto C: 10,5 sec.

Auto D: 8,5 sec.

Welches ist das Auto mit der größten, welches mit der geringsten Beschleunigung?



In der Physik ist nicht die benötigte Zeit interessant, sondern die Größe der Geschwindigkeitsänderung.

Wie groß sind die Geschwindigkeitsänderungen bei den vier Autos?

2. Wie verhält sich ein beschleunigtes Auto?

Hierzu führen wir einen Versuch "Auf der Kugelbahn" durch.

Material: Kugelbahn von ca. 2 m Länge (Brett mit Vorhangschiene oder zwei parallel verlaufende Rundstäbe oder mit einer eingeschnittenen Rinne); Kugel; Taktgeber (Metronom).



Die Geschwindigkeit

Welchen Weg hat die Kugel nach 1, 2, ... Sekunden zurückgelegt?

Stell den Taktgeber auf Sekunden ein.

Versuche mit Kreide zu markieren, wo sich die Kugel am Ende jeder Sekunde befindet.

Führe den Versuch für verschiedene Neigungen der Bahn durch ($h=1,2,3$ cm).

Wenn du die Kugel auf der 2 m langen Kugelbahn, die an einem Ende um 2 cm erhöht ist, hinunterrollen lässt, so hat die Kugel eine Beschleunigung von 10 cm/sec^2 .

Welche Geschwindigkeit hat die Kugel am Ende der 1. Sekunde, am Ende der 2. Sekunde, ... usw.?

Der Weg

Wird die beschleunigte Kugel in jeder Sekunde die gleiche Strecke durchlaufen?

Welchen Weg hat die mit 10 cm/sec^2 beschleunigte Kugel am Ende der 1. Sekunde, am Ende der 2. Sekunde, ... usw. zurückgelegt?

(Ihr könnt entweder sofort diese Frage auf der Kugelbahn untersuchen und dann die theoretischen Überlegungen, als Erklärung dazu, durchführen oder ihr arbeitet zuerst die theoretischen Überlegungen durch und überprüft dann im Versuch, ob sie stimmen).

Die Frage ist insofern nicht einfach zu beantworten, weil die Kugel keine gleichbleibende Geschwindigkeit hat, sondern immer schneller wird. Man hilft sich, in dem man die mittlere Geschwindigkeit in der 1. Sekunde verwendet, um den Weg zu berechnen, den die Kugel in der 1. Sekunde zurücklegt. Diese mittlere Geschwindigkeit (\bar{v}) kannst du errechnen, weil du Anfangs- und Endgeschwindigkeit kennst. Du kannst so tun, als ob sich die Kugel die ganze 1. Sekunde lang mit dieser Geschwindigkeit bewegt hätte und den Weg berechnen.

(In Wirklichkeit ist die Kugel am Anfang langsamer und am Ende schneller, das gleicht sich aber gerade aus).

Den zurückgelegten Weg der Kugel nach der 2. Sekunde kannst du nach der gleichen Methode berechnen: Zuerst die Geschwindigkeit nach 2 Sekunden, dann die mittlere Geschwindigkeit für die ersten 2 Sekunden und damit den in den ersten 2 Sekunden zurückgelegten Weg berechnen.

3. Die Kraft

Welche Kraft wird benötigt, um einen Körper zu beschleunigen?

Wie groß muß die Kraft sein?

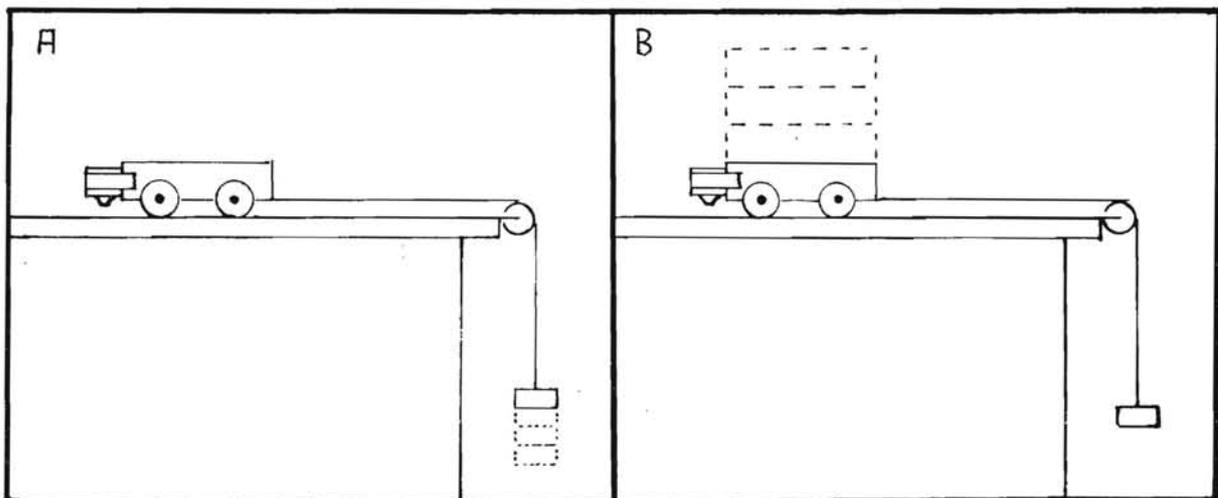
Hierzu führen wir einen Versuch durch.

Versuch: "Kraft - Masse - Beschleunigung"

Material: Mehrere Holzklötze, ein Holzklötz mit Rädern als Wagen; Gewichte; Rolle; Schnur; Taktgeber (Metronom); "Tropfer" als Beschleunigungsmesser.



TROPFER: Verschluß einer Plastikflasche.
Streichholz (oder Nagel) als
Stöpsel.
Flüssigkeitsgemisch:
Glyzerin : Wasser = 9 : 1.



Stell den Taktgeber auf Sekunden ein.

Markiere mit Kreide, wo sich der Wagen nach 1, 2, ... Sekunden befindet. Automatisch geht das, wenn du einen "Tropfer" verwendest. Für eine grobe Bestimmung der Beschleunigung kannst du einen Beschleunigungsmesser auf den Wagen befestigen.

Beschleunigung und Kraft:

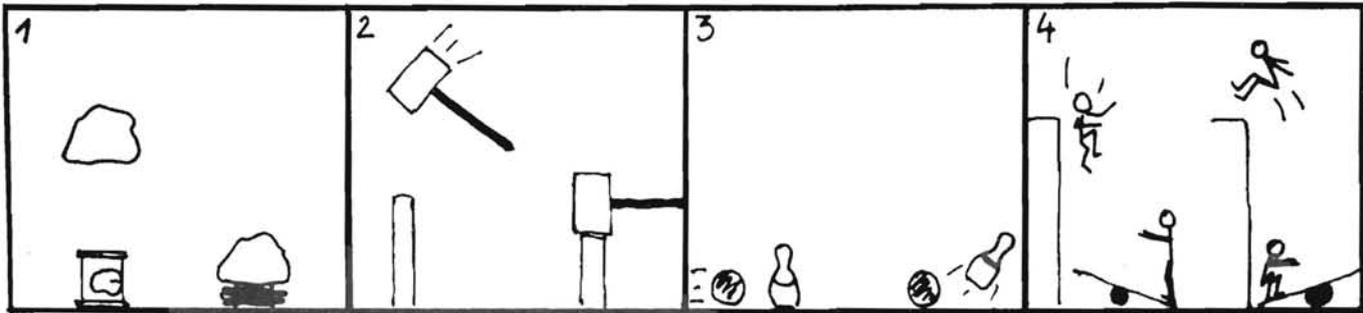
Ändere das Gewicht, das den Wagen zieht.

Beschleunigung und Masse:

Ändere die Masse, indem du weitere Klötze auflegst.

4. Ein bewegter Körper ist ein Energiespeicher

Was kann ein bewegter Körper anrichten?



Versuche die einzelnen Darstellungen zu erklären.

In der Physik sagt man:

Ein bewegter Körper kann Arbeit verrichten oder kurz er besitzt Bewegungsenergie.

Was versteht man im Alltag unter "Arbeit", was versteht man in der Physik unter "Arbeit"?

Was geschieht mit dem bewegten Körper, wenn er Arbeit verrichten muß?

(Schau dir hierzu die Bilder noch einmal an).

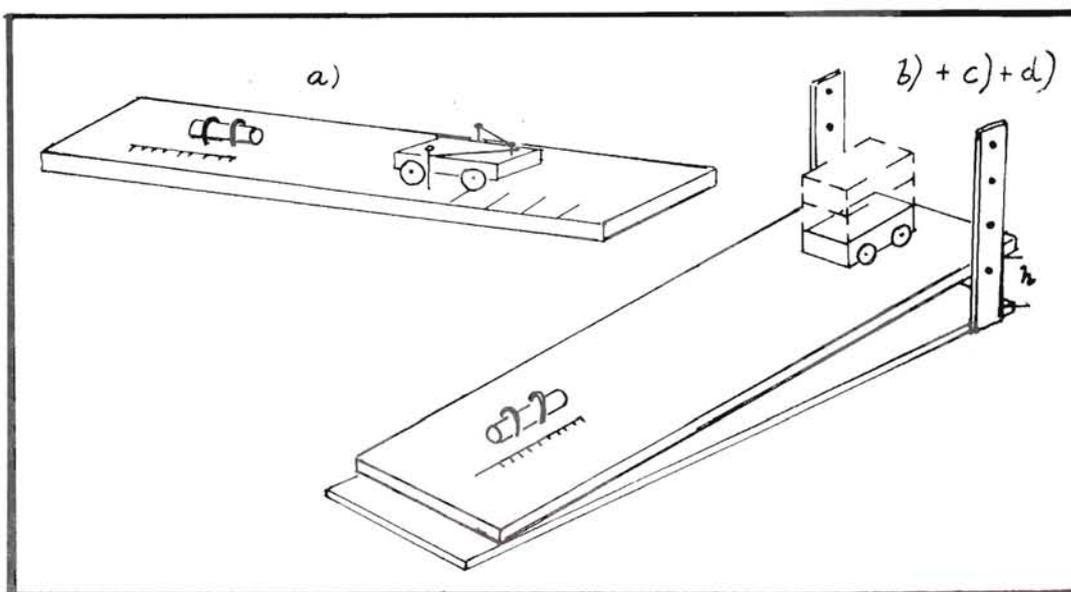
5. Wieviel Bewegungsenergie steckt in einem bewegten Körper?

Hast du eine Vermutung, wovon die Bewegungsenergie abhängen wird?

Will man die Frage genauer beantworten, muß man den Körper zwingen seine Bewegungsenergie abzugeben und untersuchen, wieviel Arbeit er dabei verrichten kann.

Hierzu führen wir einen Versuch durch.

Material: Mehrere gleichgroße Holzklötze, ein Holzklötz mit Rädern als Wagen; Schiefe Ebene; einen runden Holzstab; U-Haken; Nägel; Gummiband.



Der Wagen gibt seine Bewegungsenergie ab, indem er den Stab gegen die Reibungskraft der U-Haken verschiebt. Die Größe der Verschiebung ist ein Maß für die verrichtete Arbeit und dadurch auch für die Bewegungsenergie.

a) Bewegungsenergie und Geschwindigkeit

Schieß den Wagen mit einem Katapult gegen den Stab. Je mehr du das Gummiband dehnt, desto größer wird die Geschwindigkeit (doppelte Dehnung entspricht doppelter Geschwindigkeit).

b) Bewegungsenergie und Masse

Laß den Wagen die schiefe Ebene hinunter gegen den Stab rollen. Ändere die Masse, indem du weitere Klötze auflegst.

c) Bewegungsenergie und Beschleunigungsarbeit

Laß den Wagen auf der schiefen Ebene aus verschiedenen Entfernungen gegen den Stab hinunterrollen. Dadurch ändert sich der Weg, auf dem der Wagen beschleunigt wird und damit die Arbeit der Schwerkraft.

d) Bewegungsenergie und Hubarbeit

Wenn du den Wagen aus größerer Höhe herabrollen läßt, mußt du ihn vorher höher heben. Die Höhe ist ein Maß für deine Arbeit.

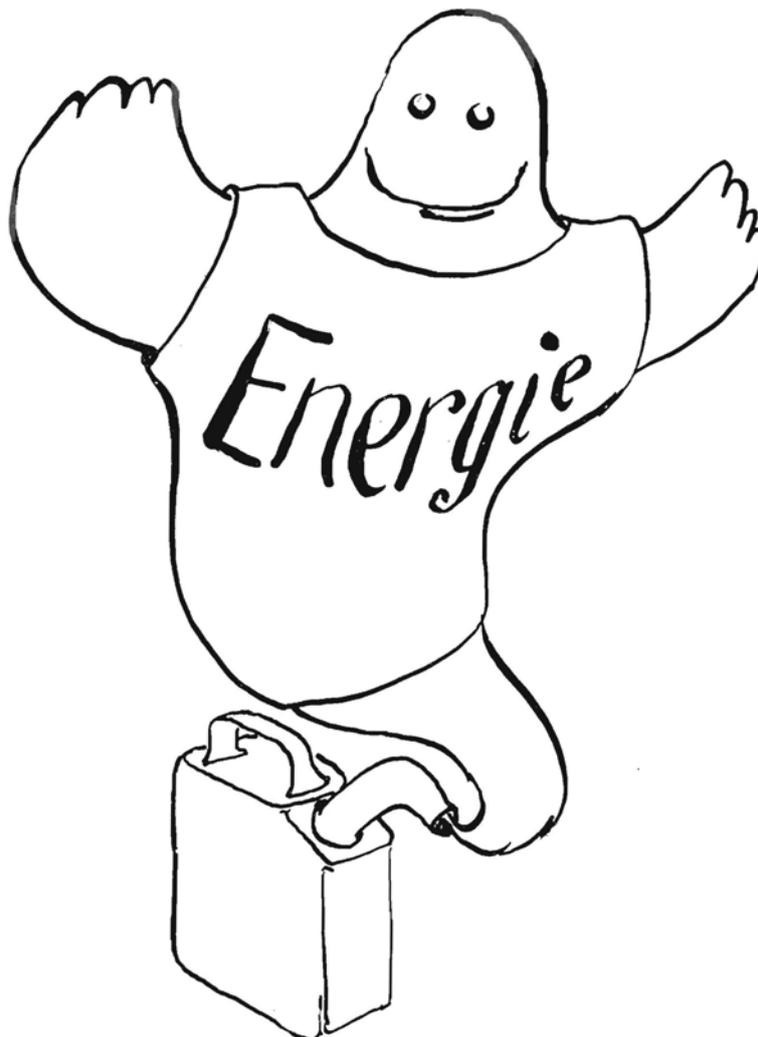
Ändere die Höhe der schiefen Ebene und laß den Wagen gegen den Stab rollen.

Bewegungsenergie von Fahrzeugen

Wie groß ist die Bewegungsenergie

- eines Radfahrers,
 - eines Personenkraftwagens,
 - eines Lastkraftwagens,
- der sich mit Höchstgeschwindigkeit bewegt?

Welche Angaben brauchst du dazu?



6. Wie kommt ein Körper zur Energie?

Du weißt nun, daß ein Körper seine Bewegungsenergie abgibt, indem er Arbeit verrichtet.

Das geht umgekehrt genauso:

Ein Körper gewinnt Bewegungsenergie, indem an ihm Arbeit verrichtet wird.

Wieso Arbeit? Es ist doch nur eine Kraft nötig, um den Körper in Bewegung zu setzen. Wo wird da gearbeitet? Kannst du das erklären?

Die physikalische Erklärung

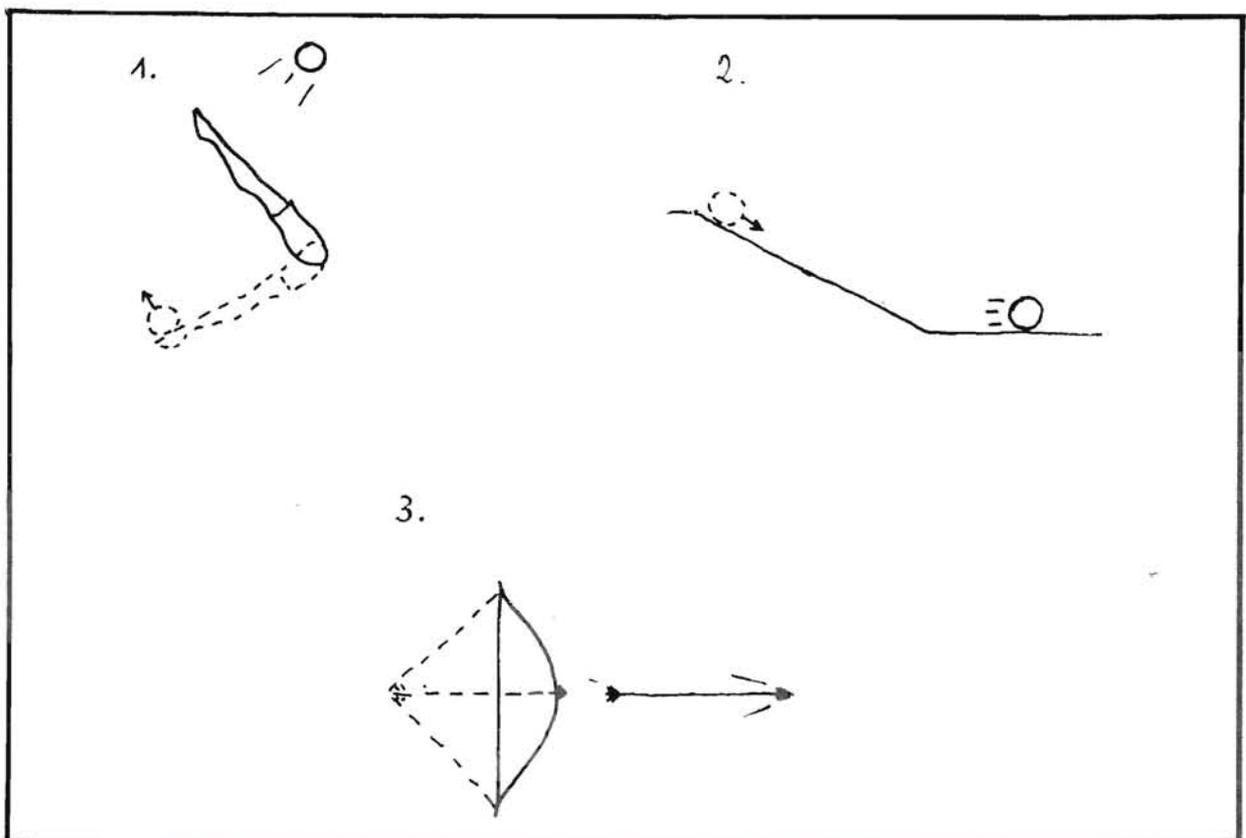
Wirkt eine Kraft auf einen Körper, dann beschleunigt sie ihn. Seine Geschwindigkeit wird immer größer und er gewinnt immer mehr Bewegungsenergie.

Während die Kraft den Körper beschleunigt, legt er einen Weg zurück. Es wird automatisch Arbeit verrichtet, denn die Kraft wirkt entlang eines Weges. Je länger die Kraft einwirkt, desto größer wird die erreichte Endgeschwindigkeit und damit die gewonnene Bewegungsenergie.

Automatisch wird auch der während des Beschleunigens zurückgelegte Weg länger und damit die verrichtete Arbeit.

Man kann sagen, daß der Körper Bewegungsenergie gewinnt, weil an ihm Arbeit (Beschleunigungsarbeit) verrichtet wird.

Kannst du auf den Bildern die Kraft angeben, die auf den Körper wirkt und den Weg einzeichnen, den der Körper zurücklegt, während die Kraft ihn beschleunigt?



7. Keine Arbeit ohne Energie

Wieviel Arbeit müssen wir selbst verrichten?
Schau dir die 3 Bilder (S. 21) noch einmal an:

An der Kugel auf der schiefen Ebene arbeitet die Schwerkraft;
an dem Pfeil arbeitet der Bogen.
Wir selbst müssen uns also gar nicht anstrengen?

Wo kommt unsere Arbeit her?

BILD 1: Der geworfene Stein

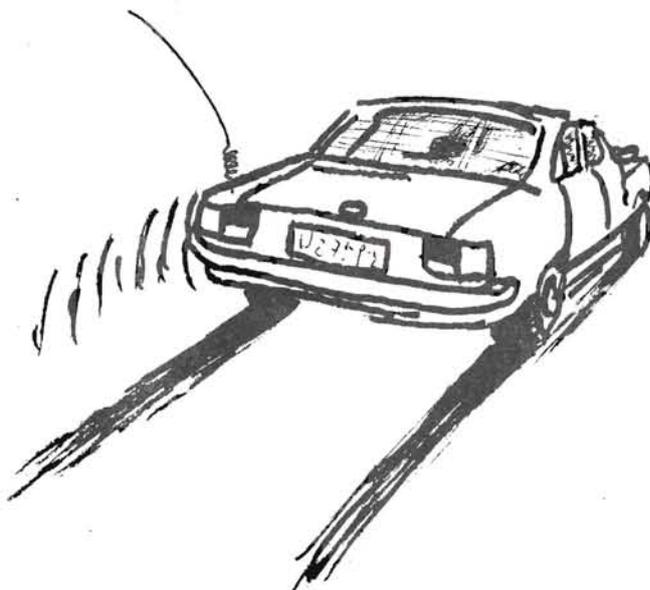
Der Stein kann arbeiten, weil wir gearbeitet haben, um ihn in Bewegung zu setzen. Er hat durch uns Bewegungs-Energie bekommen.

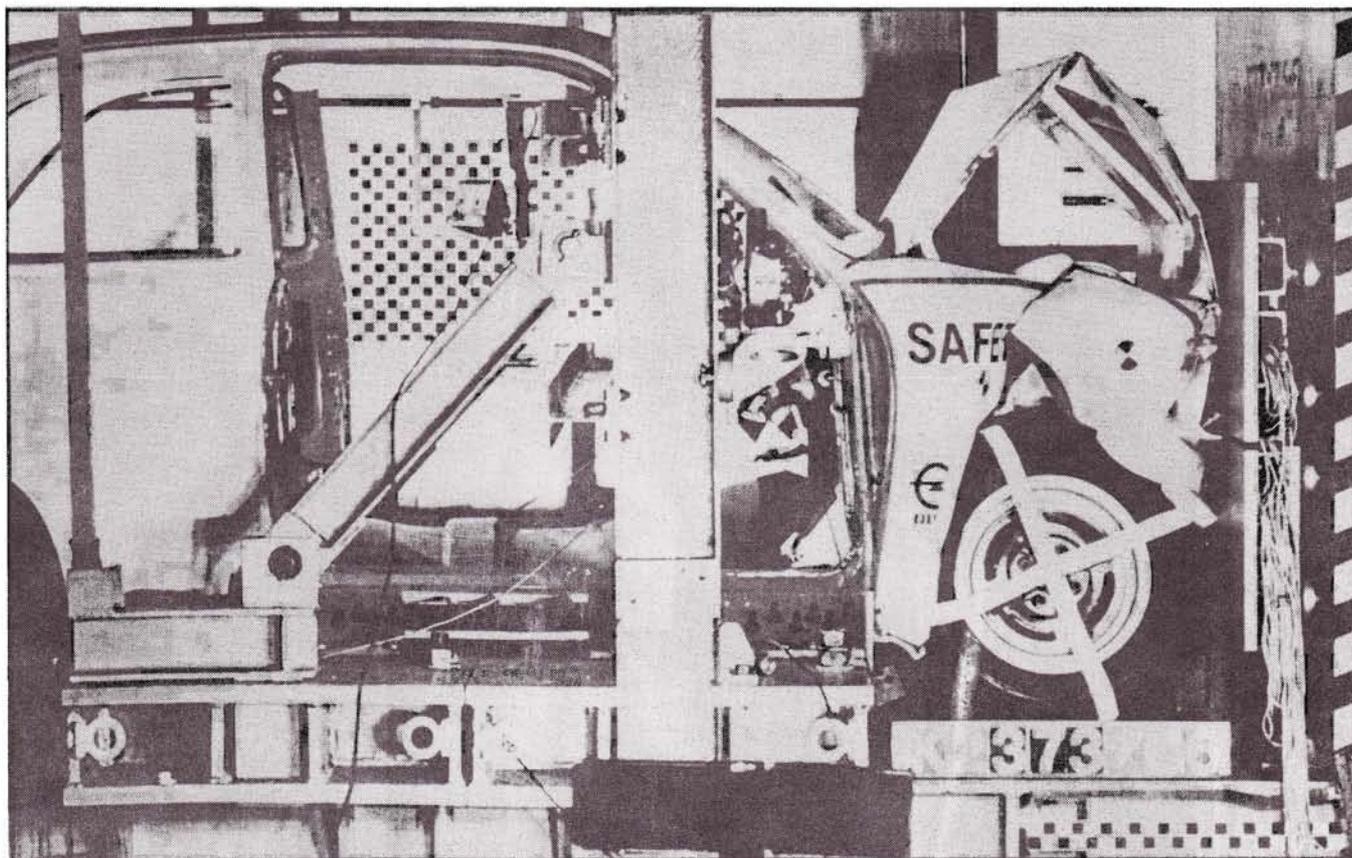
BILD 2: Die rollende Kugel

Die Schwerkraft kann arbeiten, weil wir gearbeitet haben, um die Kugel hochzuheben. Die Kugel hat durch uns Lage-Energie bekommen. Die Kugel kann arbeiten, weil die Schwerkraft gearbeitet hat, um sie in Bewegung zu setzen. Sie bekommt durch die Schwerkraft Bewegungs-Energie (Lage-Energie wird in Bewegungsenergie umgewandelt).

BILD 3: Pfeil und Bogen

Der Bogen kann arbeiten, weil wir gearbeitet haben, um ihn zu spannen. Er hat durch uns elastische Energie bekommen. Der Pfeil kann arbeiten, weil der Bogen gearbeitet hat, um ihn in Bewegung zu setzen. Er hat durch den Bogen Bewegungsenergie bekommen (Elastische Energie wird in Bewegungsenergie umgewandelt).



SICHERHEITSGURTE1. SCHADE UM DAS AUTO

Aus: Adam Opel AG: Das sichere Auto. 1979.

Was geschieht hier, zu welchem Zweck?

Bevor ein Autotyp in Serie produziert wird, zertrümmern Autohersteller bis zu 20 Stück dieses Typs bei Aufprallversuchen. "Crash-Tests" nennt man diese Versuche. Das Auto fährt mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h - 80 km/h gegen eine feste Mauer. Sogar Passagiere sitzen im Auto: Puppen, man nennt sie "Dummies". Manchmal sind die Dummies nicht angegurtet. Dann sausen sie mit dem Kopf durch die Windschutzscheibe. Manchmal sind sie mit Sicherheitsgurten am Sitz festgeschnallt. Immer ist der "Unfall" gut beleuchtet! Innerhalb weniger zehntel Sekunden werden viele Fotos gemacht. Sie sollen ein genaues Bild der Vorgänge während des Unfalls ermöglichen.

Außerdem enthalten die Puppen in ihrem Innern verschiedene Meßfühler, die an Meßgeräte angeschlossen sind. Eine solche Puppe kostet zwischen 16.000 bis 20.000 DM. Dazu kommen etwa 16.000 DM für die Meßgeräte.

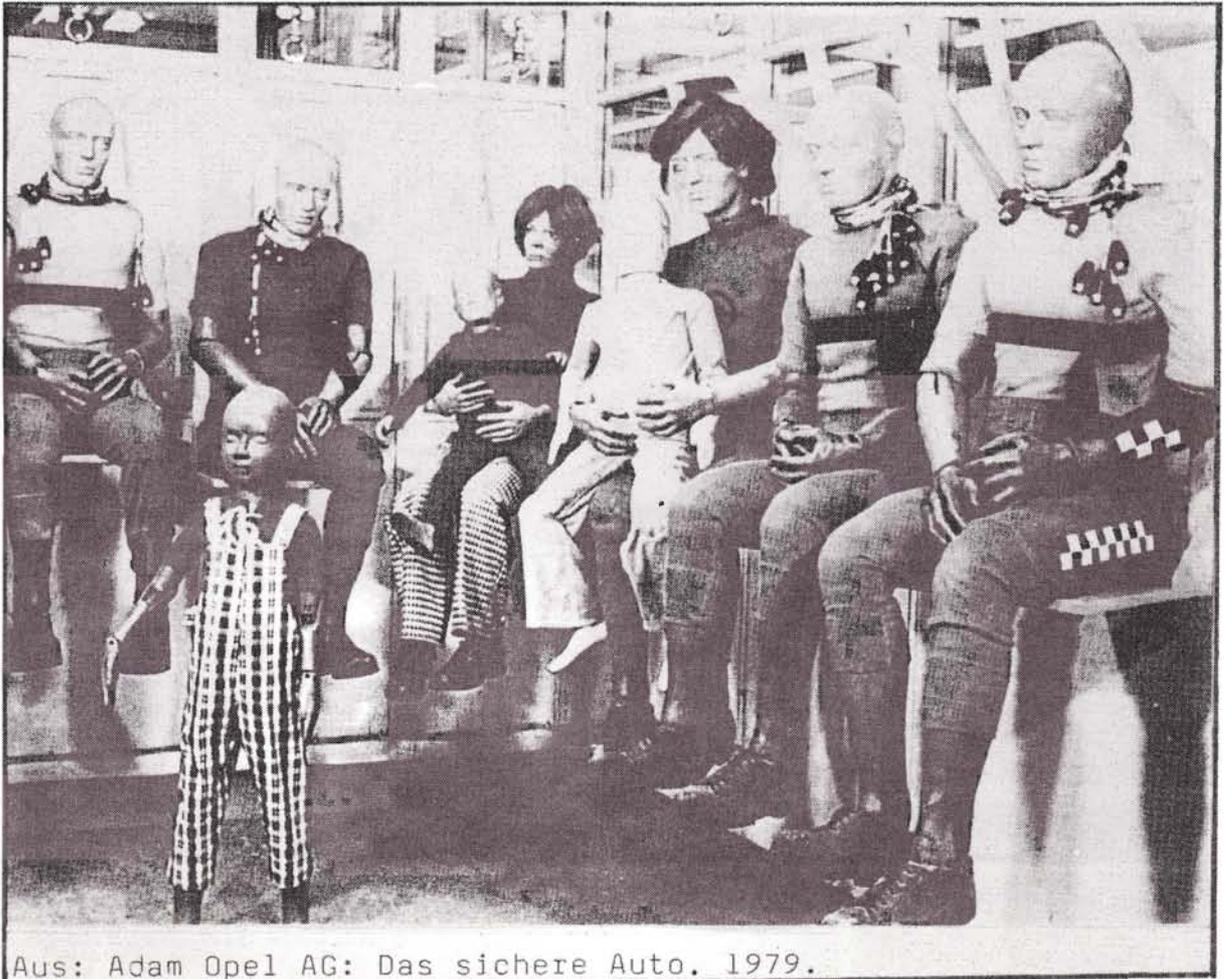
Lohnt es sich, so viel Geld auszugeben?

Wer bezahlt diese Kosten?

Stell dir vor, du müßtest jemanden überzeugen, daß es sinnvoll ist, beträchtliche Summen für die Untersuchung der Sicherheit von Autos auszugeben.

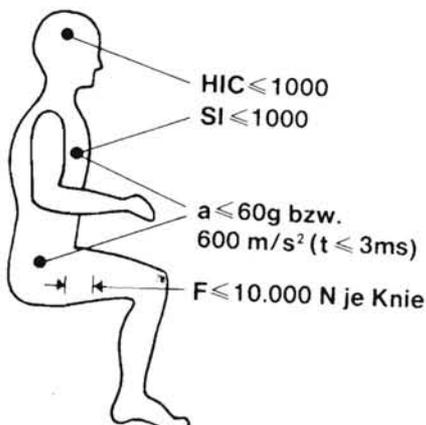
Welche Argumente würdest du vorbringen?

Die Meßpuppen (Dummies) sind in verletzungsgefährdeten Bereichen mit Meßwertaufnehmern ausgestattet, die bei Versuchen auftretende Belastungen registrieren. Um eine möglichst realistische Simulation verschiedener Unfallsituationen zu ermöglichen, gibt es Meßpuppen in zahlreichen Varianten: vom Kleinkind bis zum Erwachsenen, als Fahrzeuginsasse oder als Fußgänger.



Aus: Adam Opel AG: Das sichere Auto. 1979.

Die Graphik gibt Aufschluß über verschiedene Verletzungsgrenzwerte. Bei Tests mit Freiwilligen wurden HIC-Werte bis 1.400 registriert, ohne daß Verletzungen zu verzeichnen gewesen wären. Für tödliche Verletzungen dürfte der Wert bei 2.000 liegen.



Es bedeutet:

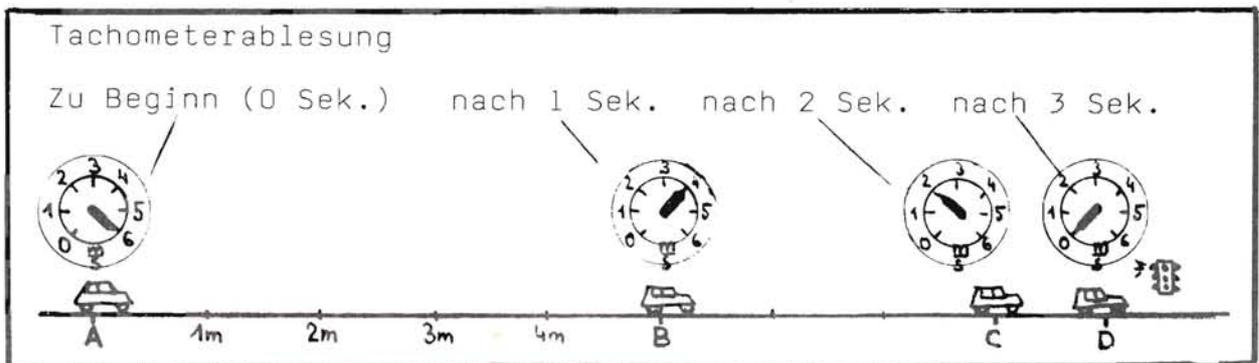
a	Verzögerung
F	Kraft
HIC	Kopfverletzungs- index
N	Kraft, Gewichtskraft
SI	Verletzungsschwere- index
t	Zeit

HIC (Head Injury Criterion) und SI (Severity Index) sind heute allgemein anerkannte Bewertungsmaßstäbe. Es handelt sich dabei um mathematische Größen, die aus der Verzögerung und deren zeitlichem Verlauf ermittelt werden.

2. BREMSEN UND BREMSEN IST ZWEIERLEI



In beiden Fällen ist zwar die Geschwindigkeit von 108 km/h auf 0 km/h gesunken. Für die Wirkung auf die Mitfahrer ist offensichtlich ausschlaggebend, wie rasch das Abbremsen geschieht.



Das Auto im Bild wird stufenweise langsamer. Nach jeder Sekunde wird die Geschwindigkeit um den gleichen Betrag kleiner. Ermittle, um wieviel sich die Geschwindigkeit in jeder Sekunde verringert.

Man sagt, es tritt eine Geschwindigkeitsverringering (Bremsung, Verzögerung) um 2 m/s pro Sekunde auf. Statt "um 2 Meter pro Sekunde pro Sekunde" sagt man "um 2 Meter pro Sekunde zum Quadrat", geschrieben 2 m/s^2 .

Noch etwas kann man aus der Zeichnung erkennen:

Sicher ändert sich die Geschwindigkeit des Autos nicht ruckartig nach jeder Sekunde: Sie nimmt gleichmäßig ab. In jeder Sekunde um gleichviel ("gleichmäßige Bremsung").

Man kann jedoch für jeden Sekundenabschnitt einen Mittelwert der Geschwindigkeit angeben.

Man gibt an, wie schnell das Auto die ganze Sekunde lang mit gleichbleibender Geschwindigkeit hätte fahren können, um denselben Weg zurückzulegen.

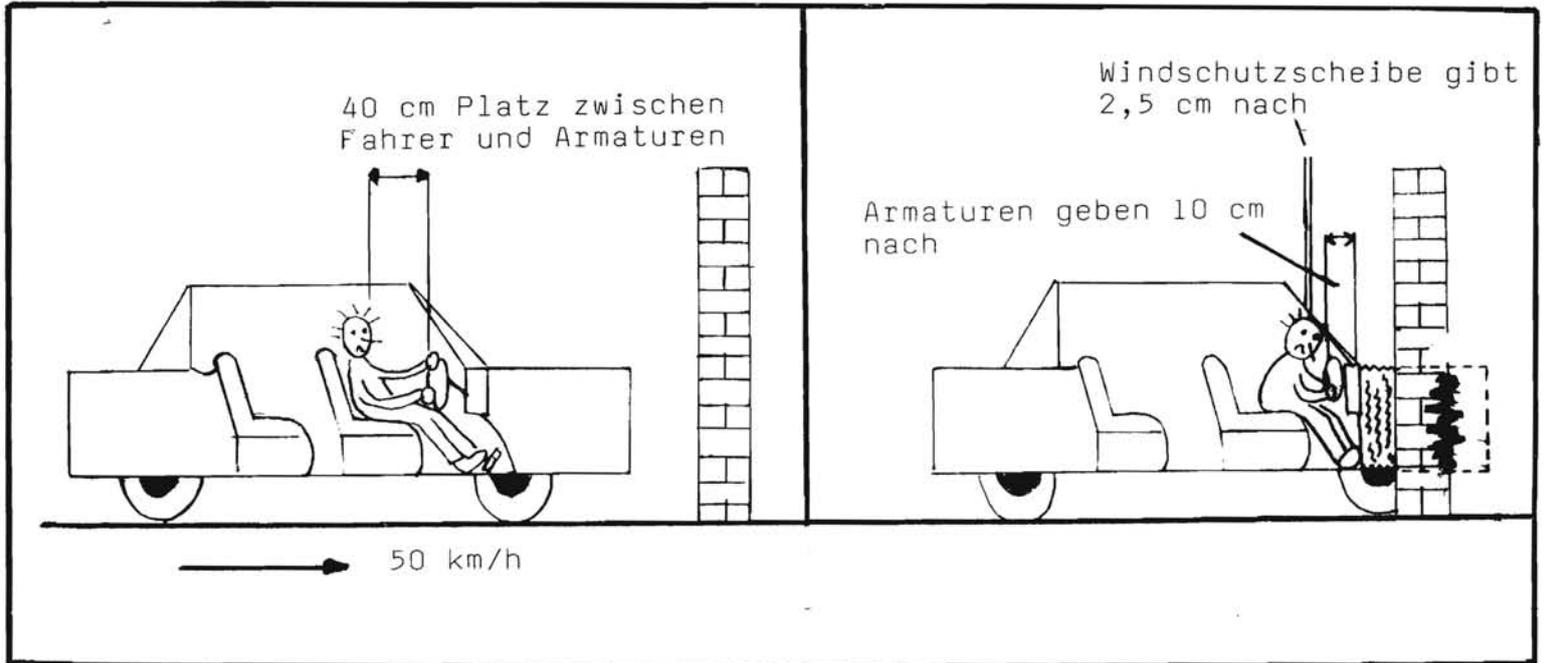
Welche gleichbleibende Geschwindigkeit wäre für den Abschnitt (AB), (BC) und (CD) erforderlich?

Du siehst: Bei ungleichmäßiger Verzögerung ist der Bremsweg so groß, als wäre das Auto die ganze Bremszeit hindurch mit dem Mittelwert aus Anfangs- und Endgeschwindigkeit gefahren, also:

$$\text{Anfangsgeschwindigkeit } \frac{6 \text{ m/s} + \text{Endgeschwindigkeit } 0 \text{ m/s}}{2} = 3 \text{ m/s.}$$

$$\text{Bremsweg} = \text{Mittelwert der Geschwindigkeit} \times \text{Bremszeit} = 3 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} = 9 \text{ m.}$$

3. DIE BÖSEN FOLGEN EINES AUFPRALLS - EIN RECHENBEISPIEL



Ein Auto prallt mit 50 km/h gegen eine feste Wand. Der vordere Teil des Autos wird beim Aufprall um 60 cm eingedrückt. Das heißt, der Passagierraum des Autos kommt innerhalb einer Wegstrecke von 60 cm zum Stehen.

Wie groß ist die mittlere Verzögerung des Autos? Drücke die Verzögerung als Vielfaches von g , der Fallbeschleunigung, aus: $g=9,81\text{m/s}^2$.

Was geschieht mit dem Fahrer, der nicht angeschnallt ist?

In unserem Beispiel fliegt der Fahrer eine Strecke von 40 cm nach vorne, bis er an die Armaturen des Autos stößt. Während dieser 'freien Flugzeit' hat sich jedoch der vordere Teil des Autos schon fast ganz zusammengeschoben. Nur noch 0,5 cm der insgesamt 60 cm "Knautschzone" sind noch nicht zusammengeschoben.

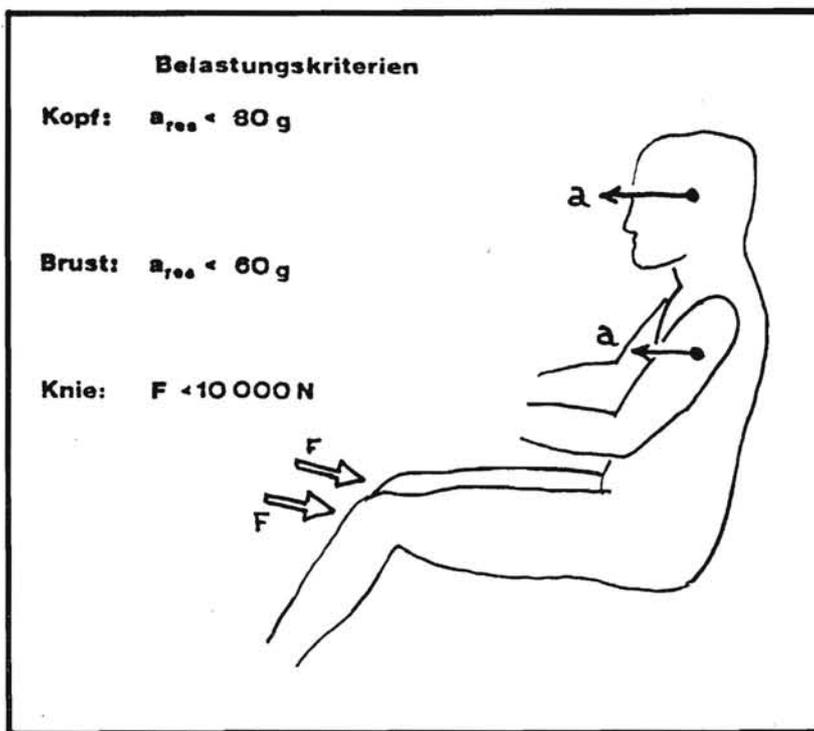
Wird der Fahrer nun auf einem Weg von nur 0,5 cm von 50 km/h auf 0 km/h abgebremst?

Er hat nur eine kleine Chance! Denn das Armaturenbrett seines Autos gibt um ca. 15 cm nach. Die 'freie Flugstrecke' des Fahrers vergrößert sich auf 15,5 cm.

Wie groß ist die mittlere Verzögerung des Fahrers?

Dem Kopf des Fahrers ergeht es schlechter. Er prallt gegen die Einrahmung der Windschutzscheibe, die nur um ca. 2,5 cm nachgibt. Die 'freie Flugstrecke' für den Kopf ist demnach nur 3 cm. Die Verzögerung ist etwa fünfmal so groß wie die für den übrigen Körper.

Welche Aufprallstärken hält der Körper aus?
Prüfe das anhand der Skizze.



Belastungskriterien mit Darstellung
der Meßpunkte an der Versuchspuppe

Eingezeichnet sind die derzeit höchstzulässig angesehenen Beschleunigungs- bzw. Kraftwerte an drei Stellen des menschlichen Körpers.

a_{res} bedeutet 'resultierende Beschleunigung' und ist als Vielfaches von g (Fallbeschleunigung; $g=9,81 \text{ m/s}^2$) angegeben.

g ist die Abkürzung der Fallbeschleunigung. Die Fallbeschleunigung ist die Beschleunigung, die bei einem (frei) fallenden Körper auftritt.

80 g bedeutet also die Beschleunigung von (rund) 800 m/s^2 .

4. ANSCHNALLLEN? - NICHTS FÜR MICH!

Genügen Knautschzonen oder was kann man mehr für die Sicherheit tun?

In der Bundesrepublik ist seit dem 1.9.1984 der Lenker und sein Beifahrer auf dem Vordersitz per Gesetz zum Anlegen von Gurten verpflichtet.

Werden Lenker wie Beifahrer erwischt, wenn sie keinen Gurt angelegt haben, müssen sie ein Bußgeld von DM 40,-- bezahlen.

Warum wurde die Gurtpflicht per Gesetz eingeführt und warum wird das Nichtanlegen von Gurten mit Bußgeld bestraft?

Warum besteht (noch) keine Gurtanlegepflicht für die Fahrgäste auf den Rücksitzen? Sind sie bei einem Unfall nicht gefährdet?

Gurte halten den Fahrer (und Beifahrer) fest.

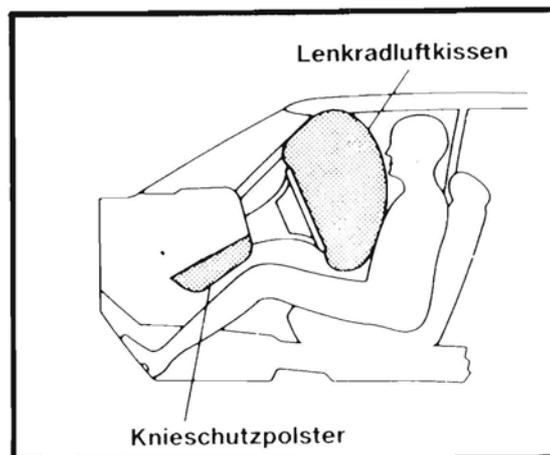
Vermindern sie jedoch auch die Stärke des Aufpralls?

Versuche selbst, möglichst viel über die Funktionen herauszufinden, die Sicherheitsgurte beim Aufprall erfüllen.

AIR BAG

Beim Frontalaufprall überbrückt das sich schlagartig füllende Luftkissen den Abstand zwischen Insasse und Fahrzeug und baut dann durch kontrolliertes Ablassen (mittels eines Treibsatzes) Energie ab.

Das Luftkissen (Air Bag) benötigt zu seiner Funktion ein kompliziertes System aus elektronischen und mechanischen Elementen.



Ist das Luftkissen eine Alternative zum Sicherheitsgurt?
Bedenke: Wartung des Treibsatzes, Mehrfachkollisionen, Überschläge, seitliche Zusammenstöße,...

Aus: Adam Opel AG: Das sichere Auto. 1979.

5. DER SICHERHEITSGURT - EIN ENERGIEVERTEILER

Der Physiker betrachtet das Problem der Sicherheit der Passagiere als ein Problem der möglichst günstigen Verteilung ihrer Energie beim Aufprall.

Besitzen die Passagiere denn Energie?

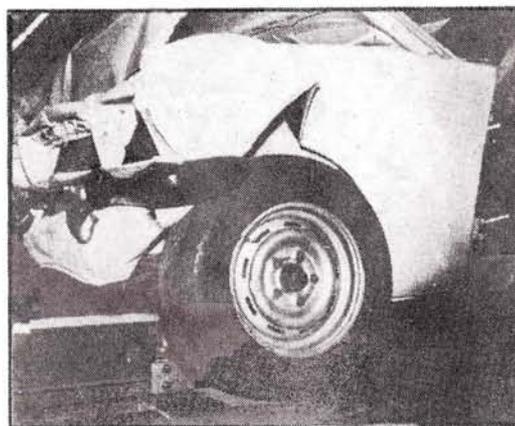
Beim Aufprall des Autos auf ein Hindernis fliegt der nicht angeschnallte Fahrer zunächst mit unverminderter Geschwindigkeit weiter. Er besitzt Bewegungsenergie. Diese ist umso größer, je größer die ursprüngliche Geschwindigkeit des Autos und je größer die Masse der Passagiere ist.

Was könnte man als Maß für die Bewegungsenergie verwenden?

Beim Aufprall auf Teile des Autos wird die Bewegungsenergie der Passagiere aufgebraucht - so makaber es klingen mag: zum Quetschen innerer Organe, zum Zertrümmern des Schädels.

Sicherheitsgurte verteilen die Energie günstiger, und zwar auf dreifache Weise:

- a) Sicherheitsgurte verteilen die Verzögerung über ein möglichst großes Zeitintervall. Die Bewegungsenergie wird nicht mit einem Mal, sondern in kleinen Portionen abgegeben.
- b) Die verzögernde Kraft wird über eine möglichst große Fläche verteilt. Die Energieumwandlung findet vor allem nicht an einem Punkt des Körpers, etwa der Stirn, statt.
- c) Die verzögernde Kraft wird möglichst auf die stärksten Körperteile verteilt.



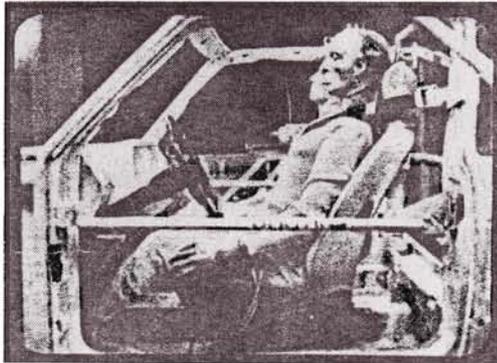
PKW nach einem Crash-Test

6. AUSWERTUNG EINES CRASH-TESTS

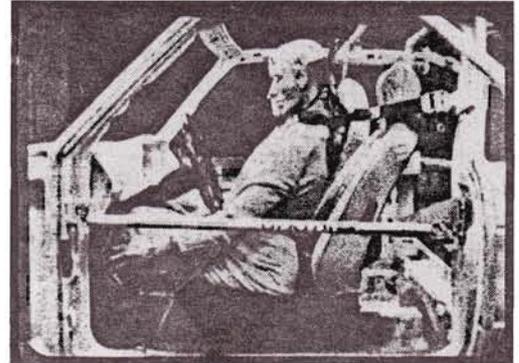
Erfüllen Sicherheitsgurte eigentlich ihre Funktion der günstigeren Energieverteilung?

Daten aus der Wirklichkeit eines Crash-Tests sollen dies zeigen. Die Daten geben dir die Möglichkeit rechnerisch zu überprüfen, ob die Beschleunigung, die der Körper der Testpuppe während des Aufpralls erfährt, irgendwann den höchstzulässigen Wert überschreitet.

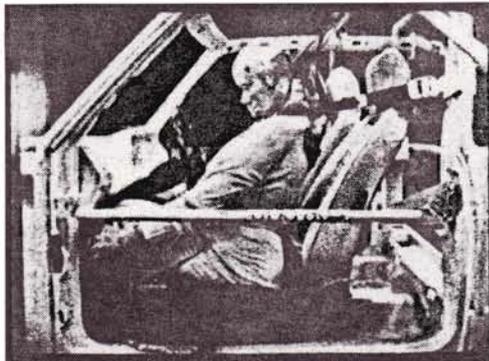
1.



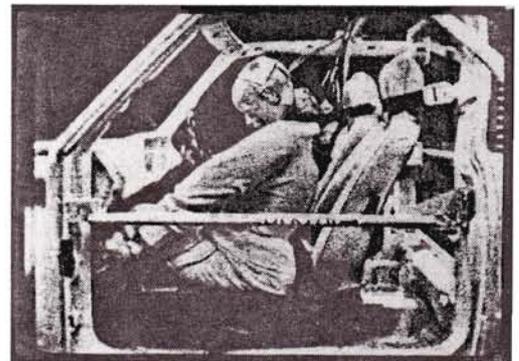
2.



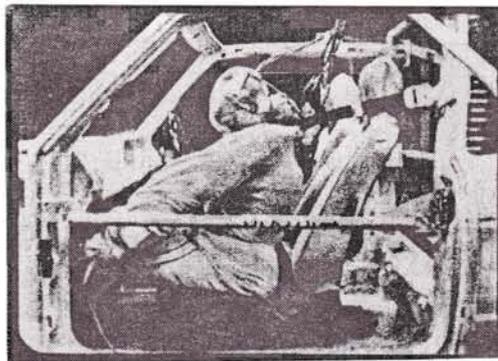
3.



4.



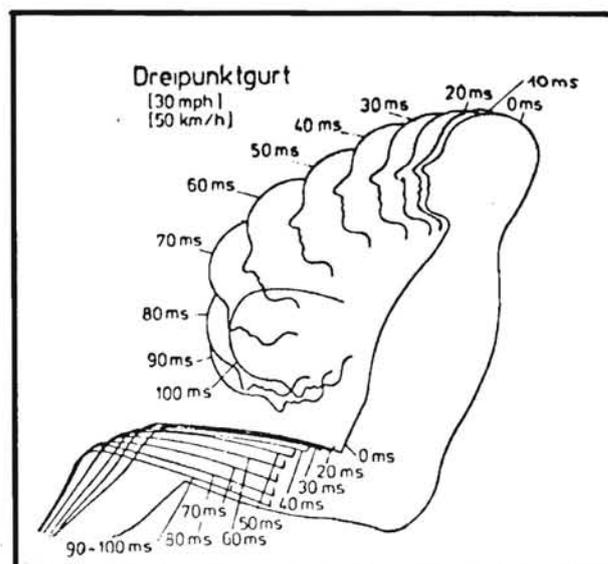
5.



Fotos von einem Crash-Test bei 50 km/h.
Zeitdauer zwischen erstem und letztem Foto: 1/10 Sekunde.

Die nebenstehende Abbildung zeigt die Stellung des Kopfes eines Dummies bei einem Frontalzusammenstoß mit 50 km/h in Zeitabständen von 1/100 Sekunden (= 10 Millisekunden = 10ms).

1 mm auf dem Bild entspricht 1 cm in Wirklichkeit.
(Maßstab 1:10).



Es soll überprüft werden, ob die Beschleunigung den höchstzulässigen Wert überschreitet.

Es gilt: Beschleunigung $a = \frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{benötigte Zeit}}$

1. Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit = $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ zwischen zwei Aufnahmen:
 - a) Messung des zurückgelegten Weges auf der Abbildung
 - b) Kenntnis der verstrichenen Zeit: 0,01 s.
2. Berechnung der Änderung (Differenz) der mittleren Geschwindigkeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wegstücken.
3. Kenntnis der Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abschnitten: 0,01 s.
4. Berechnung der Beschleunigung a .

Miß den Weg der Nasenspitze zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen.

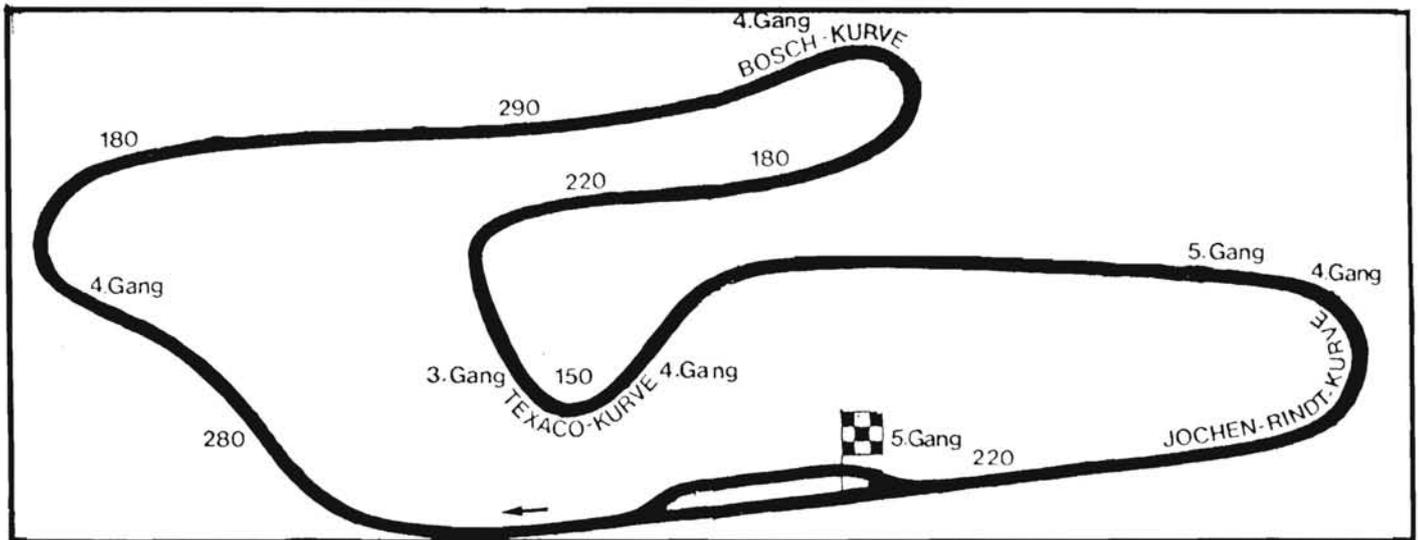
Hinweis: Bei dieser vereinfachten Auswertung wird nicht berücksichtigt, daß der Kopf auch seine Bewegungsrichtung ändert, was eine zusätzliche Belastung bedeutet.

Trage in ein Meßprotokoll (Muster S. 32) die gemessenen und berechneten Werte ein.

Ergebnis:

Wie groß ist der größte und geringste auftretende Beschleunigungswert?

Wird die höchstzulässige Beschleunigung überschritten?
Siehe hierzu Grafik S. 27.

KURVENFAHRT1. RISKANTE KUREN

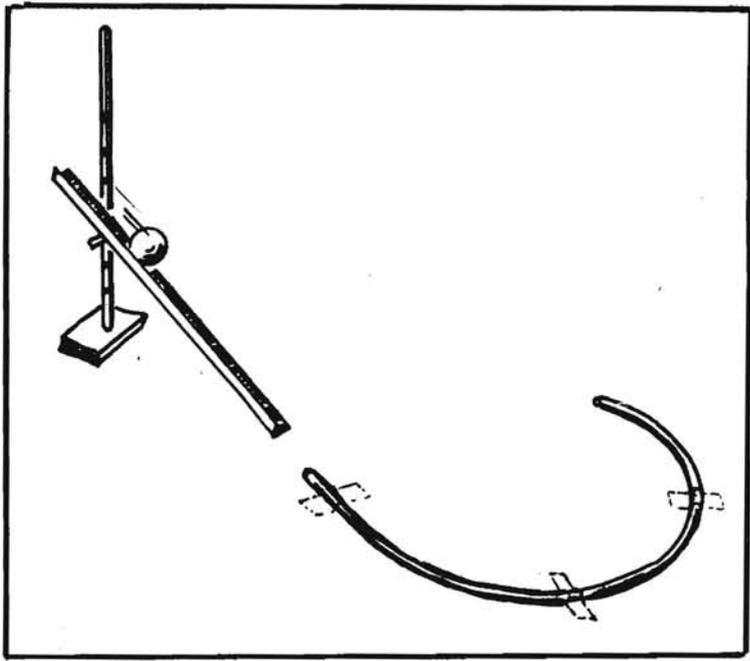
Der Österreichring gehört zu den schnellsten Grand-Prix-Strecken. Für die meisten Piloten ist die Rechtskurve nach Start und Ziel der heikelste Punkt: Man geht nur kurz vom Gas weg, man bremst nicht. Hier holt die Weltklasse Sekundenbruchteile mit einem perfekt abgestimmten Wagen. Ausgangs zielt man den Wagen mit 280 km/h hart an die Leitschienen, die linker Hand die Strecke begrenzen. Der Linksknick vor der Bosch-Kurve wird noch voll durchfahren: Aus 290 km/h staucht man die Formel-I-Wagen bis auf 150 km/h zusammen; in der überhöhten Kurve steht man sehr früh wieder auf dem Gas, beim Bremspunkt vor der folgenden Linkskurve hat man wieder mehr als 220 km/h drauf. Die zweite Linkskurve ist langsamer, eine tückische Bergab-Passage, aus der man in Straßenmitte herauskommen muß, um die Weichen für den folgenden Bergab-Rechtsknick zu stellen. Im 4. Gang wirft man sich hier 'runter, der Wagen verwindet sich, wird schwerelos, schmiert bei der Landung weg, die Fahrer müssen blitzschnell korrigieren. Wer linker Hand bis an die Leitschienen rutscht, gewinnt jene 100 Touren auf der folgenden Steigung, die ihm die Stoppuhr dann mit einer gewonnenen halben Sekunde vergütet. Ganz kurz schreit der Drehzahlmesser der Ford-Cosworth-Motoren bei 10 800 Touren im vierten Gang nach dem fünften Gang. Ferraris Zwölfzylinder-Motor schnellst bis 12 500 Touren hoch, bevor man sich zur Jochen-Rindt-Kurve hinabstürzt: ein Sturzflug, der mit einer Vollbremsung jäh beendet wird. Im 4. Gang sticht man in die Jochen-Rindt-Kurve, deren Radius sich erweitert. Bei den Boxen wird der 5. Gang eingelegt. Die Runde schließt sich.

Beim genauen Lesen des Textes wird dir aufgefallen sein, daß besonders ausführlich beschrieben wird, wie die Kurven zu durchfahren sind.

Wieso kann man Fahrgeschwindigkeiten für die Kurven angeben?

Kann der Fahrer nicht mit beliebiger Geschwindigkeit durch die Kurve fahren?

Versuch:



Laß die Kugel mehrmals und zwar jedesmal etwas schneller in eine Kurve mit kleinem Radius laufen.

Wiederhole den Versuch mit einer Kurve, die einen größeren Radius hat.

Was stellst du fest?



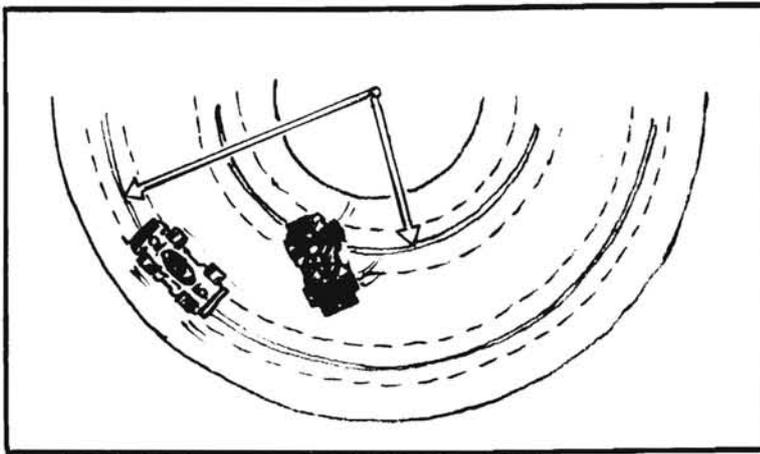
2. BAUART VON KURVEN ALS SICHERHEITSAKTOR

Auf den Kurvenradius kommt es an

Kleiner Kurvenradius bedeutet starke Krümmung.

Warum kann der Kurvenradius nicht beliebig klein gemacht werden?

Versuch:



Laß auf einer Modellrennbahn zwei gleich schwere Autos mit gleicher Geschwindigkeit in eine 'enge' und eine 'weite' Kurve fahren.

Auf welcher Bahn 'fliegt' das Auto eher aus der Kurve?

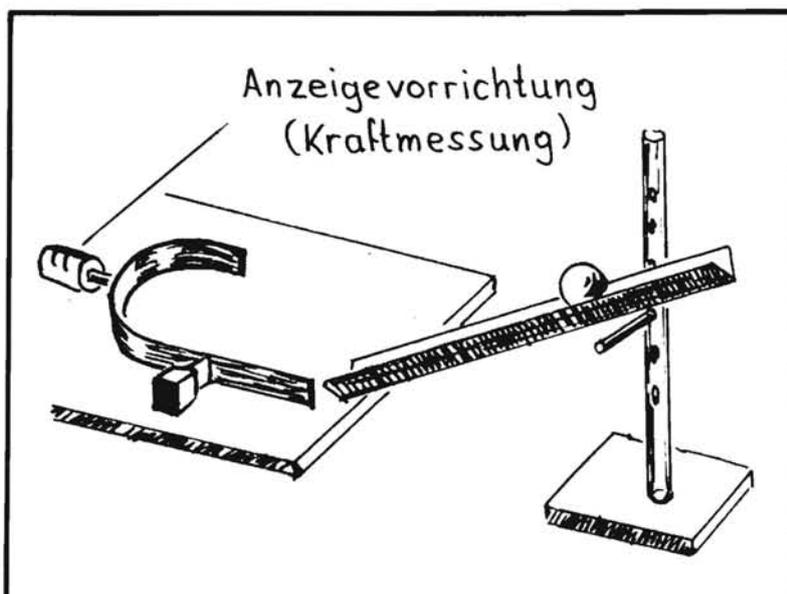
Warum müssen die Autos gleich schnell und gleich schwer sein?

Zur Ablenkung des Autos von der geraden Bahn nach innen in die Kurve ist eine Kraft notwendig.

Der Physiker nennt diese Kraft "Zentripetalkraft". Sie ist die zum Mittelpunkt (des Kurvenkreises) gerichtete Kraft.

Glaubst du, daß für jeden Kurvenradius eine andere, genau bestimmbare Kraft zur Ablenkung gebraucht wird, oder ist diese Kraft für alle Kurven gleich?

Versuch:



Laß die Kugel über eine Ablaufrinne in die Kurve rollen, aber stets aus gleicher Höhe, damit sie immer die gleiche Geschwindigkeit hat.

Ändere jeweils nur den Kurvenradius.

Was stellst du fest?

In den durchgeführten Versuchen steht - so wie bei der Kurvenfahrt eines Autos - nur eine bestimmte Kraft für die Ablenkung zur Verfügung:

Die Kugel im vorigen Versuch wird durch die Kraft, die von der Leiterschiene kommt, abgelenkt.

Das Auto auf der Medallrennbahn wird durch die Kraft der Führungsschiene auf den Führungsstift des Autos abgelenkt.

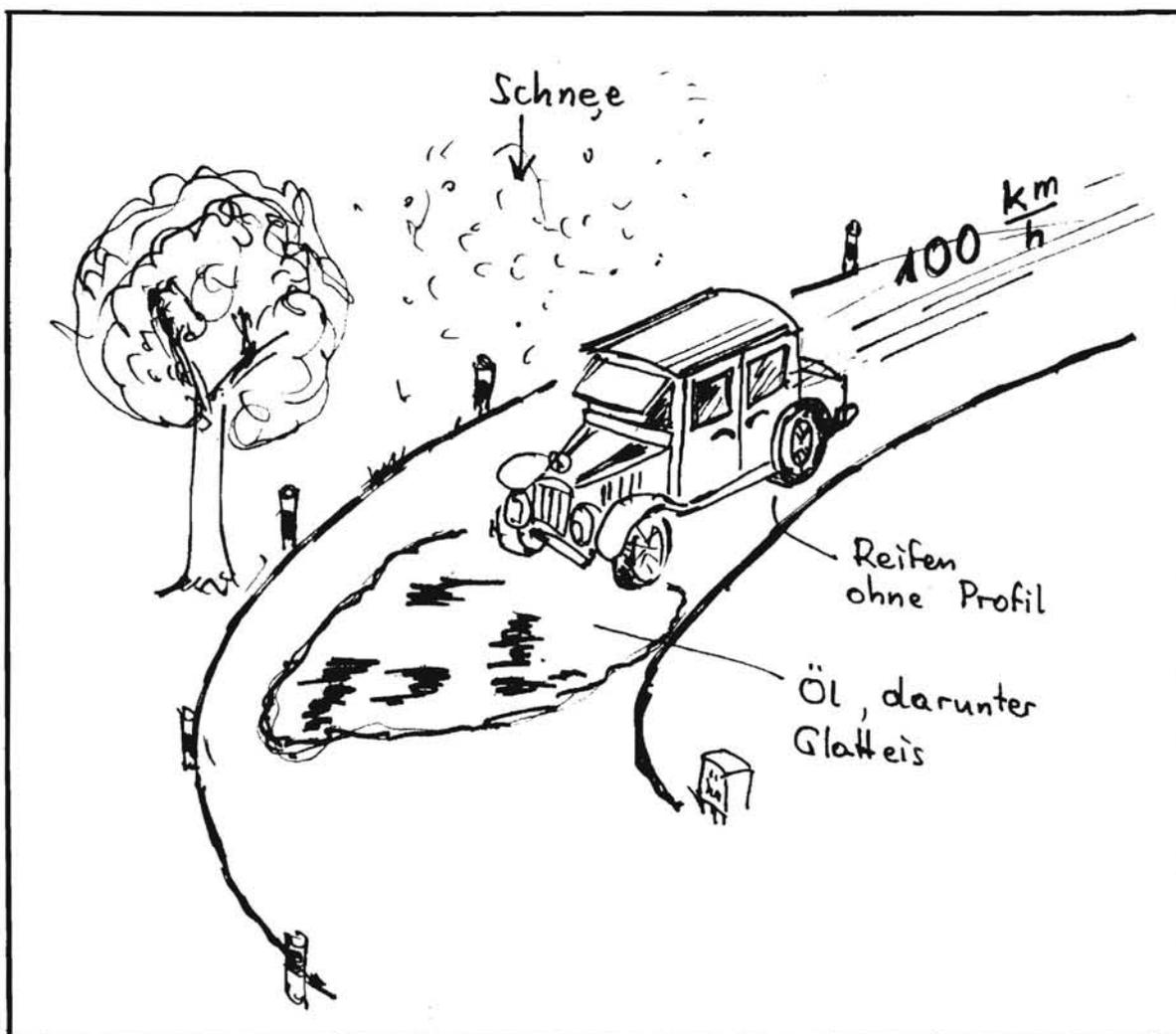
Beim Auto ist es die Reibungskraft.

Die Kurve darf also nicht zu eng sein, sonst reicht die Reibungskraft für die starke Richtungsänderung nicht aus.

Wovon hängt die Reibungskraft ab?



3. FAHRBAHN UND REIFEN ALS SICHERHEITSAKTOREN



Ein Auto fährt mit großer Geschwindigkeit und trifft auf einen Ölfleck auf der Straße.

Welchen Einfluß hat der Ölfleck auf das Fahrverhalten des Autos, wenn es weiter geradeaus fährt und wenn es in die Kurve fährt?

Welche anderen Einflüsse könnten das Fahrverhalten des Autos beeinflussen?

Aus Erfahrung wirst du gewußt haben, daß durch den Ölfleck keine Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn besteht und somit auch das Einschlagen der Räder vergebens ist.
Denn: wenn Reibung fehlt, fehlt auch die Kraft!

Beim Bremsen muß eine Kraft entgegengesetzt zur Fahrtrichtung auf das Auto wirken.
Bei der Kurvenfahrt muß die Kraft in Richtung auf den Kurvenmittelpunkt wirken.

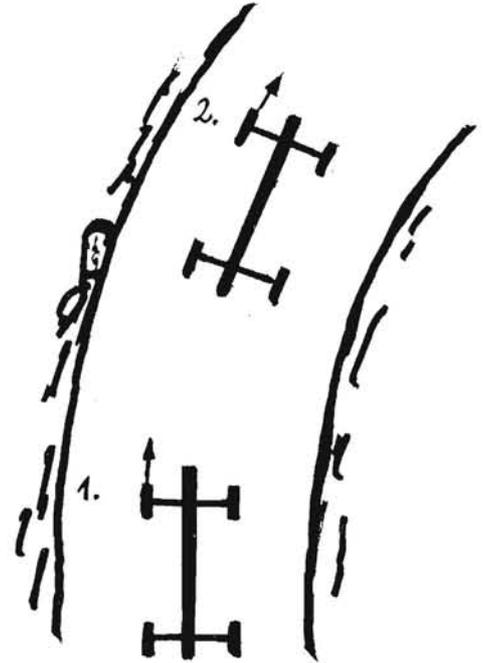
Die Zentripetalkraft, d.h. die Kraft, die in Richtung auf den Kurvenmittelpunkt wirkt, kommt durch die Reibungskraft zustande.

Erklärung:Position 1:

Das Auto fährt geradeaus und würde dies aufgrund seiner Trägheit auch weiter tun, wenn keine Kräfte auf das Auto wirken.

Position 2:

Die Räder sind etwas schräg zur ursprünglichen Richtung gestellt, so daß das Auto nicht mehr geradeaus fahren kann. Die Räder müßten sonst auf der Straße 'radieren', wie man dies auch bei zu schnellen Kurvenfahrten am Quietschen der Reifen hören kann.

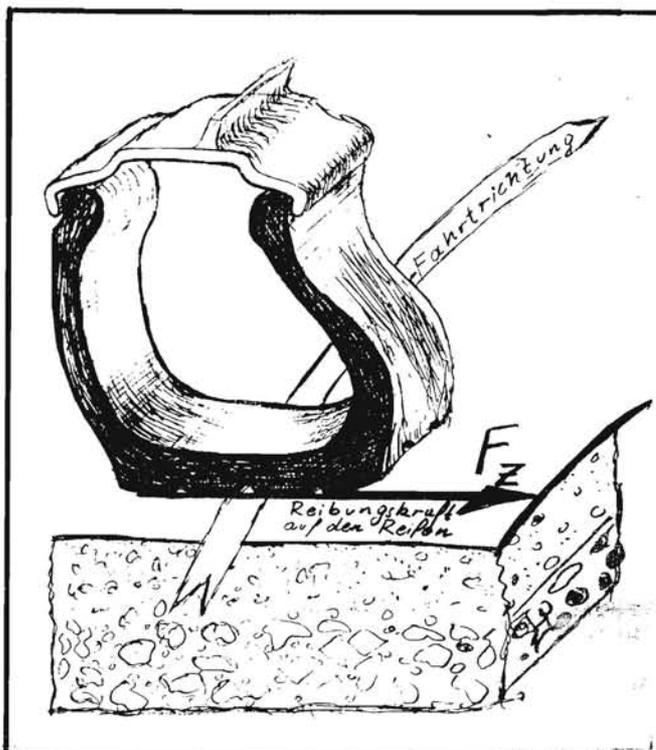


Bei nicht zu schneller Kurvenfahrt verhindert die Haftreibung ein Abrutschen.

Die Haftreibung zeigt gegen die Bewegungsrichtung und bewirkt zweierlei:

Ein Teil der Kraft (Bestandteil in der Radrichtung) dreht das Rad, der andere Teil der Kraft (Bestandteil quer zur Radrichtung) bewirkt, daß das Auto zum Kurvenmittelpunkt gezogen wird und daher eine Kurvenbahn beschreibt.

Wenn man einen Reifen während der Kurvenfahrt quer durchschneidet, sieht er wie folgt aus:

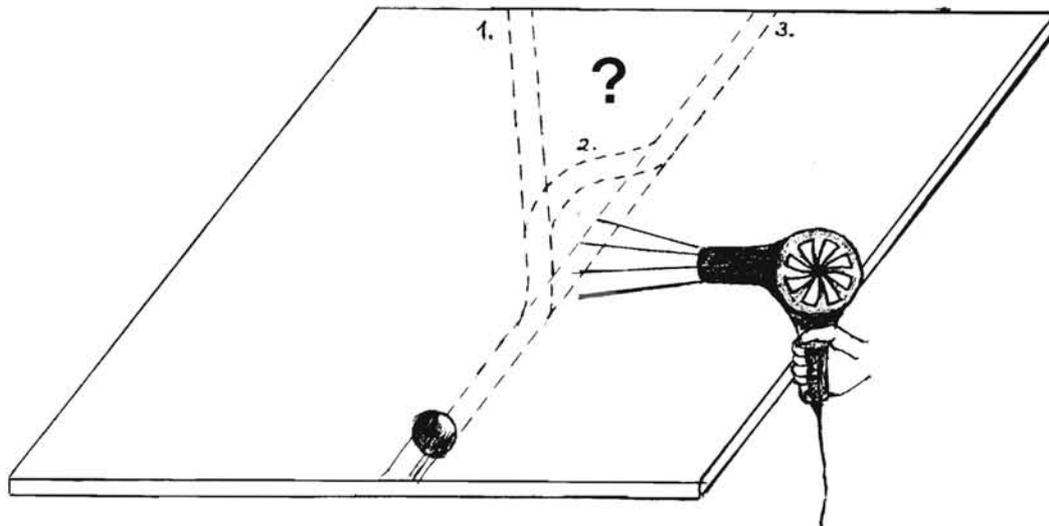


Kannst du dir die sonderbare Form des Querschnitts erklären?

4. RICHTUNGSÄNDERUNG ERFORDERT KRAFT

Versuch:

Ein Luftstrom liefert die Kraft



Eine Kugel läuft auf einer geraden Bahn. Dabei gelangt sie in den Luftstrom eines Haarföhns.

Wie wirkt sich die Kraft auf den Bahnverlauf aus?

Wiederhole den Versuch bei gleich großer Geschwindigkeit der Kugel, verstärke jedoch den Luftstrom.

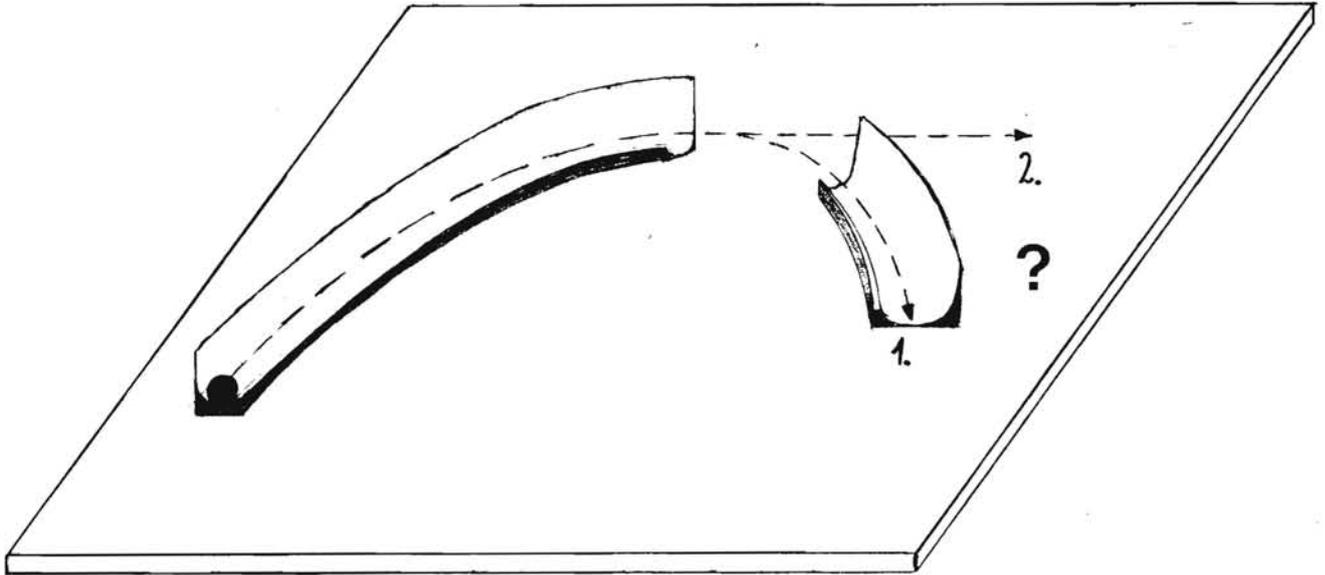
Wie verhält sich die Kugel unter dem Einfluß dieser störenden Kraft?

Auch auf Autos wirken Windkräfte.

Daher werden an besonders windigen Straßenstellen sog. "Windsäcke" (oder Warntafeln) angebracht.

An welchen Straßenstellen machen sich Winde besonders bemerkbar, wie sollte sich der Autofahrer verhalten?

Was zeigt der Luftsack an?

Versuch:Wenn die Kraft fehlt

Ein Auto fährt in einer seitlich erhöhten kreisförmigen Fahrbahn entlang. Ein Teil der Fahrbahn fehlt. Bleibt das Auto auf dem fehlenden Fahrbahnanteil auf der Kreisbahn? Ist es möglich, das Auto so schnell fahren zu lassen, daß es die Fahrbahnlücke überbrückt?

Die Fliehkraft ist eine sonderbare Kraft

Bei allen Kräften, die auf den Körper wirken, kann man angeben, von welchem Körper sie ausgehen. Zum Beispiel geht die Schwerkraft von der Erde aus, die Tür wird von der Federkraft des Türschließers zgedrückt oder der Wind treibt das Segelboot.

Auf jemandem, der sich auf einer Kreisbahn bewegt, wirkt eine Kraft besonderer Art. Er kann jedoch keinen Körper angeben, von dem sie ausgeht. Der Physiker nennt diese Kraft Fliehkraft oder Zentrifugalkraft.

Du hast sie bestimmt schon des öfteren gespürt, z.B. wenn du Kettenkarussell gefahren bist oder als Beifahrer im Auto kurvige Strecken gefahren bist.

Was hast du gespürt?

Jemand, der nicht im Karussell oder im Auto mitfährt, sondern neben dem Karussell oder neben der Kurve am Straßenrand steht, kann am Bewegungsablauf keine Fliehkraft feststellen, für ihn existiert sie nicht.

Am folgenden Beispiel soll das deutlich gemacht werden.

Auto in der Kurve - mit und ohne Fliehkraft

Ein Auto fährt mit quietschenden Reifen in die Kurve. Die Reifen 'radieren' auf der Straße und hinterlassen Gummispuren. Offenbar wirken große Kräfte. Aber die Erklärung fällt verschieden aus, und zwar je nachdem, ob sie der Fahrer gibt, oder z. B. ein Passant, der das ganze vom Gehsteig aus betrachtet.

Erklärung des Fahrers:

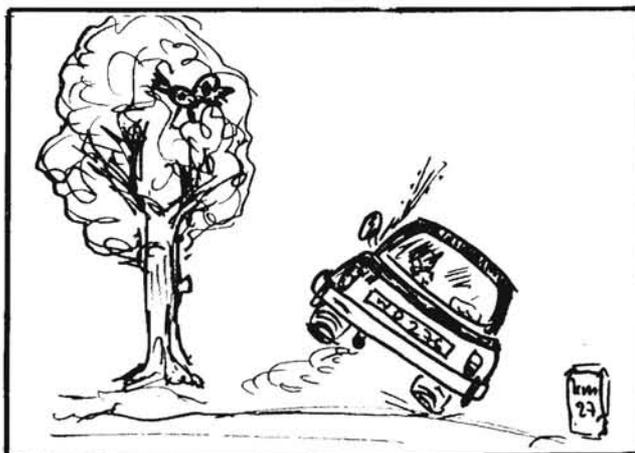
Ich bin ganz schön schnell in der Kurve. Die Fliehkraft, die mich nach außen treibt, ist schon recht groß. Ich habe das auch an meinem Beifahrer gemerkt.

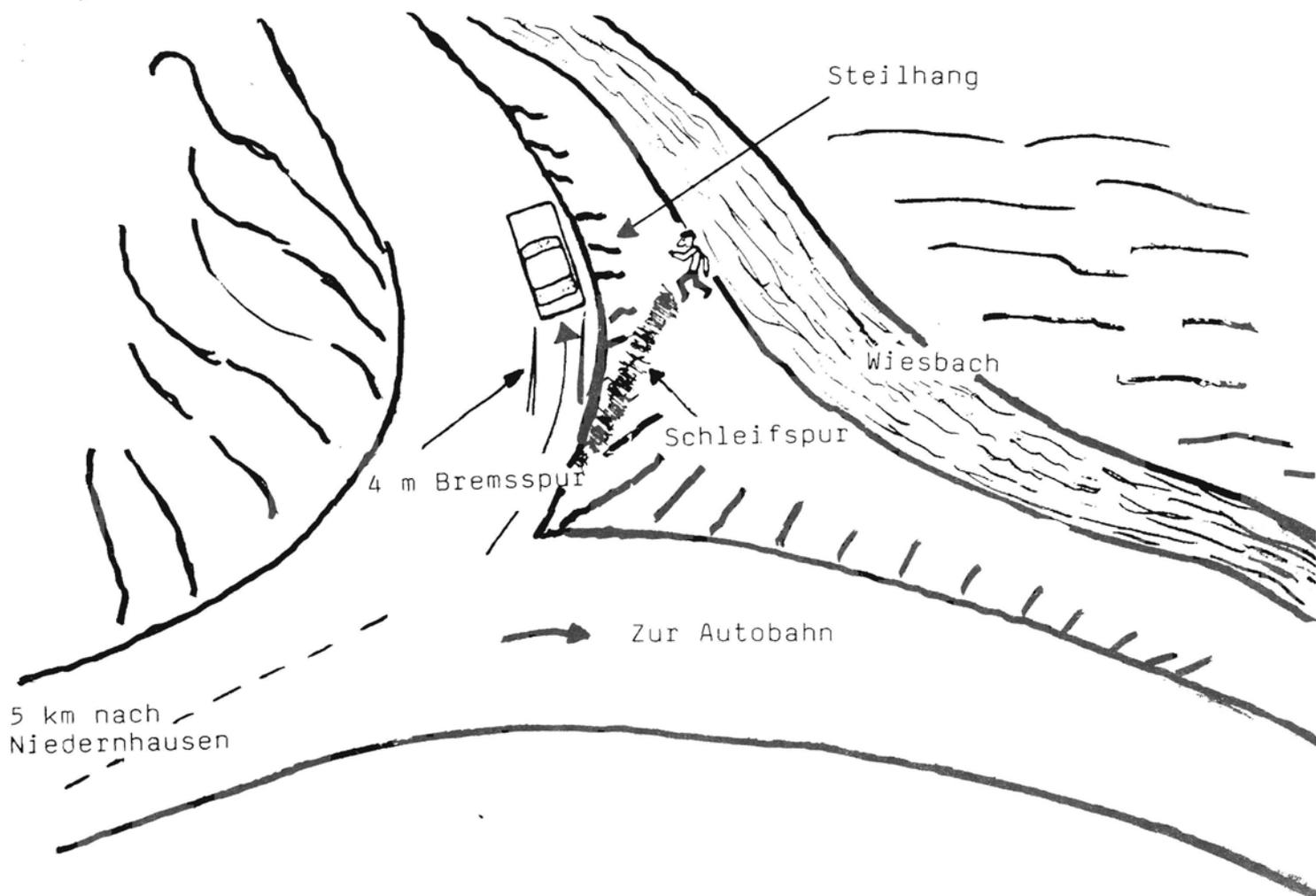
Die Kurve darf nicht enger werden, sonst wird die Fliehkraft noch größer und überschreitet die Haftreibung der Räder und ich 'fliege' aus der Kurve.

Erklärung des Passanten auf dem Gehsteig, ein Physiklehrer(!):

Der fährt ja ganz schön schnell in die Kurve. Da braucht er eine starke Kraft, die ihn in die Kurvenbahn zieht.

Wenn die Reifen genügend Profil haben, wird die Haftreibungskraft schon groß genug sein. Denn ohne ihre ablenkende Kraft würde er geradeaus weiter fahren und möglicherweise auf der Wiese landen. Der Beifahrer wird ganz schön gegen die Türe gedrückt. Wenn sie aufspringt wüßte ich nicht, was den Beifahrer auf der Kurvenbahn halten sollte. Er flöge geradeaus weiter, während das Auto in der Kurve bleibt.



5. VERTEIDIGER DR. SCHNEIDER WEISS KEINEN RAT

Der Strafverteidiger Dr. Schneider hat einen schwierigen Fall übernommen. Sein Klient, Franz Groß, ist angeklagt, seinen Freund, Helmut Kunz, ermordet und die Tat als Unfall getarnt zu haben. Motive gäbe es genug. Der Angeklagte schuldete dem Freund 20.000 DM. Außerdem war Kunz in letzter Zeit öfters mit der Frau des Angeklagten gesehen worden. Trotzdem beteuert Groß, es habe sich um einen Unfall gehandelt und gebärdet sich untröstlich über den Tod seines Freundes. Was war geschehen?

Am 31. März hatte Groß seinen Freund im Auto von einer Betriebsfeier in Niedernhausen nach Hause bringen wollen, weil dieser nicht mehr ganz nüchtern war und daher nicht selbst sein Auto fahren wollte. Tatsächlich hatten Bekannte gesehen, daß Kunz schon sehr müde gewesen war und nach dem Einsteigen ins Auto einschlieft ohne die Sicherheitsgurte anzulegen.

Fünf Kilometer nach Niedernhausen, an der Abzweigung zur Autobahn, war Kunz aus dem fahrenden Auto und über einen steilen Abhang in den

Wiesbach gestürzt und ertrunken.

Die Anklage wirft Franz Groß vor, er habe seinen Freund Kunz aus dem fahrenden Auto gestoßen.

Groß beteuert aber, sein Freund sei aus dem Auto gefallen und kann zur Untermauerung ein Gutachten einer Autowerkstatt vorlegen, das bestätigt, daß die rechte Vordertür wegen eines schadhaften Schloßes schon auf geringen Druck aufspringen konnte.

Der Staatsanwalt ist sich sicher: Der Sportwagen von Groß hat tiefe Schalensitze. Kunz konnte sich also gar nicht im Schlaf gegen die Tür gelehnt haben. Groß mußte Kraft angewendet haben, um seinen Freund hinauszustoßen.

Der Verteidiger Dr. Schneider zermarterte sich den Kopf, wie er den Staatsanwalt widerlegen könnte. Morgen soll die Schlußverhandlung sein. Um 2 Uhr nachts saß er noch immer vor der Skizze des Polizeiprotokolls mit dem Unfallort.

Plötzlich wurde es ihm klar. Sein Klient hatte nicht gelogen. Es war ein Unfall. Herr Groß war unschuldig. Die Polizeiskizze zeigt: Herr Kunz ist in der Kurve aus dem Auto gefallen.

Studiere die Polizeiskizze.

Wohin wurde der Beifahrer in der Linkskurve beim Unfallort gedrückt?

In welcher Richtung ist er nach dem Herausfallen gerutscht?

Tip: Die Kurve ist ein Kreisbogen. Du kannst zur Beschreibung die Begriffe Bogen, Radius, Tangente verwenden.

WIRTSCHAFTLICHKEIT1. MOTORISIERUNG GEHT WEITER AUFWÄRTSEntwicklung des Motorisierungsgrades in der BRD
(Bestand je 1000 Einwohner)

Jahr	1960	1970	1978
Krafträder	34	4	7
Personenkraft- wagen (incl.Kombi)	81	230	346
Lastkraftwagen	12	17	19

Während 1950 noch rund 83 Personen auf einen Pkw kamen, waren es 1978 nur 2,9 Personen, d.h. im statistischen Durchschnitt besitzt jeder Dritte ein Auto. (Dabei ist zu berücksichtigen, daß ein Teil der Pkw gewerblich genutzt wird. 1979 entfielen von rund 20,8 Mill. zugelassenen Pkw rund 17,7 Mill. auf Arbeitnehmer und Nichterwerbspersonen. Statistisches Jahrbuch 1980 für die Bundesrepublik Deutschland, S. 268).

Das Automobil wurde zum wichtigsten Massenverkehrsmittel und die Automobilindustrie zu einem der wichtigsten Wirtschaftszweige.

Arbeitgeber Auto

So viele Beschäftigte leben in der BRD vom Auto:	
Straßenverkehrsgewerbe	1.290.000
Autoindustrie	680.000
Kfz - Reparatur	446.000
Zulieferindustrie	390.000
Dienstleistungen	310.000
Kfz - Handel	300.000
Tankstellen, Garagen	237.000
Straßenbau, Raststätten	170.000
Behörden, Hochschulen	112.000
Fahrschulen, Versicherungen, Sachverständige u.a.	91.000
Aus: Frankfurter Rundschau vom 19.9.1981, S.6.	

Die Zunahme der Motorisierung ging einher mit und wurde gefördert durch den Straßenneubau und -ausbau.

2. VERKEHRSWEGE UND VERKEHRSMITTELNUTZUNG

Während in den vergangenen 30 Jahren die Streckenlänge der Eisenbahnen abgenommen hat, wurden die Straßennetze weiter ausgebaut.

Entwicklung der Verkehrsweglängen in km

Jahr	1950	1960	1970	1978
Betriebsstreckenlänge der Eisenbahnen	26.790	35.974	33.123	31.721
<u>Straßenlängen:</u>				
Bundesautobahnen	2.116	2.671	4.461	7.029
Bundesstraßen	24.327	25.262	32.616	32.300
Landes-,Staats- und Kreisstraßen	101.254	108.516	127.392	131.400
Gemeindestraßen	-	234.622	276.375	302.000
Vgl. Verkehr in Zahlen 1979. (Hrsg) BMV verantwortlich: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1979. S.129.				

Mit steigender Pkw-Zahl pro Haushalt, d.h. mit zunehmender Verfügbarkeit nahm auch die Pkw-Nutzung zu.

Verkehrsmittelnutzung in der Bundesrepublik

<u>Hauptverkehrsmittel</u>	<u>Anteil an allen Wegen in %</u>
Zu Fuß	30,3
Mofa, Fahrrad	9,6
Moped, Motorrad	0,9
Pkw als Fahrer	36,9
Pkw als Mitfahrer	10,7
Bus	6,2
Straßenbahn	1,4
U-Bahn	0,3
S-Bahn	0,3
Eisenbahn (DB)	1,0
Sonstige Verkehrsmittel	2,4
Stadt-,Regional- und Fernverkehr ohne Wege von Kindern unter 10 Jahren und von Ausländern.	
Aus: Öko.päd. Nr.2/1982,S.18.	

3. BELASTUNGEN DURCH DEN VERKEHR

Der Autoverkehr bringt erhebliche Probleme mit sich wie Unfallgefährdung, Verkehrslärm, Verkehrsabgase, Flächenbedarf. Diese negativen Auswirkungen konzentrieren sich auf die dicht bebauten, zentralen Innenstädte und führen hier zu erheblichen Belastungen.

Straßenverkehrsunfälle (in 1000)

Jahr	Insges.	darunter Kinder unter 15 Jahren	Unfälle mit Personenschäden				
			Getötete	darunter Kinder unter 15 Jahren	innerhalb und außerhalb von Ortschaften	Unfälle mit Sachschaden	
1955	296,1	34,0	12,8	1,0	-	-	-
1960	349,3	48,2	14,4	1,3	252,8	96,5	641
1965	316,4	54,5	15,8	1,6	214,7	101,7	783
1970	377,6	72,5	19,2	2,2	254,2	123,4	1015
1975	337,7	64,5	14,9	1,4	231,2	106,5	927
1980	380,4	67,9	14,6	1,2	259,4	121,0	1238

Aus: Öko.päd. Nr. 2/1982, S. 19

Verkehrslärm

Lärm ist definiert als "Geräuschimmission", die das "seelische, körperliche und soziale Wohlbefinden" beeinträchtigt.

Schall bzw. Geräusche werden auf zweierlei Art gemessen:

Zum einen an der Geräuschquelle (Schallemission) zur qualitativen Kennzeichnung für Verkehrszwecke (z.B. Maschinen) und zum anderen in Verbindung mit Variablen der Schallausbreitung zur Bezeichnung von Immissionen und am Ort des Geräuschempfanges zum "Schutz und der Vorsorge vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belastungen".

Gesondert erfaßt werden müssen die Geräuscheigenschaften wie Dauer, Zeitpunkt, Häufigkeit etc.

Beim Umweltlärm stellt der Autolärm eindeutig das größte Lärmproblem dar. Demnach folgt Fluglärm, Gewerbelärm, Nachbarschaftslärm, Baulärm und Eisenbahnlärm.

Von der Geräuschquelle her gesehen, erreichen Pkw beim Vorbeifahren (7m Abstand) einen Außen-Schallpegel zwischen 70 und 80 dB, Lkw etwa 10 dB höhere Werte.

Neben Lkw gelten Kleinkrafträder/Mopeds als besonders lästig. Neben den Vorbeifahrgeräuschen treten beim Kraftfahrzeug auch Geräusche auf Park- und Einstellflächen auf (Anlassen, Türeenschlagen, Beladen etc.)

Hinsichtlich der Wirkung von Lärm auf den Menschen liegen noch keine umfassenden und gesicherten Ergebnisse vor.

Die bisherigen Untersuchungen verweisen auf:

- Physiologische Folgen durch Lärm (Veränderung der Kreislauffunktion, der Atemfunktion, der Muskelanspannungen, des Hautwiderstandes, der Funktion des Magen-Darm-Traktes, Beeinträchtigungen der Hörvermögens).
- Psychologische Folgen durch Lärm (Kommunikationsstörungen, Beeinträchtigung des Reaktions- und Leistungsvermögens etc) und

- soziale Lärmwirkungen (Veränderung der Sozialstruktur in vom Lärm betroffenen Gebieten, Einwohnerfluktuationen und Bevölkerungsstrukturierungen).

Freiraumbelastung

Die starke Motorisierung führte dazu, daß mehr und mehr Fläche sowohl innerhalb der Stadt als auch auf dem Lande für den Autoverkehr bereitgestellt wird.

"Während 1957 3,8% der Gesamtfläche der BRD auf Verkehrsfläche entfielen, waren es 1976 schon 4,7%. Der Hauptanteil der Verkehrsfläche entfällt auf Straßen und Wege (ungefähr 75%), die hauptsächlich vom Individualverkehr genutzt werden". (M. Burghardt: Die gesellschaftlichen Kosten des Autoverkehrs. Freiburg 1980, S.79).

Verkehrsabgase

Schadstoffemission durch den Kraftfahrzeugverkehr in der BRD

	1972	1980
Kohlenmonoxid (CO)	ca. 6,3 Mio. t	ca. 7,8 Mio. t
Kohlenwasserstoffe (CH _x)	ca. 0,26 Mio. t	ca. 0,28 Mio. t
Stickoxide (NO _x)	ca. 0,46 Mio. t	ca. 0,52 Mio. t
Schwefeldioxid (SO ₂)	ca. 0,06 Mio. t	-
Blei (Pb)	ca. 0,01 Mio. t	ca. 0,004 Mio. t

Aus: Chr. Schug: Lösungskonzepte zum Umweltproblem. Gesellschaft für wirtschafts- und verkehrswissenschaftliche Forschung e.V. Bonn Heft 34/76.

Die Auswirkungen und Wirkungen der Abgase in entsprechend hoher Konzentration und zeitlicher Dauer sind bei

Kohlenmonoxid:

Beeinträchtigung des Sauerstofftransports aufgrund seiner hohen Bindungsfähigkeit an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin. Die Folge ist Sauerstoffmangel, Kopfschmerzen, Übelkeit, Bewußtlosigkeit und kann zur tödlichen Atemlähmung führen.

Kohlenwasserstoffe:

Bestimmte aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzo(a)pyren (das sind Verbrennungsrückstände von Ruß/Teer/Mineralölen) können in minimalen Konzentrationen stark krebserregend wirken.

Stickoxide:

Reizung der Atemwege, Beeinträchtigung der Sauerstoffaufnahme im Blut. In höherer Konzentration führen sie zu Bronchitis bis zu Lungenentzündungen.

Schwefeloxide:

Schleimhautreizung, Änderung der Lungenfunktion. Bei Pflanzen führen sie zum Verdorren. Bewirken ein Versäuern des Erdreichs.

Blei:

Tritt in Form von kleinen Teilchen durch die Lunge ins Blut. Die Teilchen können Gifte, z.B. Benzpyrene transportieren.

4. BEIM STICKOXID NUR EIN GERINGES EINSPARUNGSPOTENTIAL

Sechs Studien zum Tempolimit / Schadstoffbelastung der Wälder könnte lediglich um wenige Prozent sinken

Nach dem dritten Immissionsschutzbericht der Bundesregierung vom März 1983 hatte die Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1982 eine Luftschadstoffbelastung von insgesamt 16,6 Millionen Tonnen zu verkräften. Davon entfielen auf die einzelnen Schadstoffkomponenten folgende Mengen:

Kohlenmonoxid (CO)	8,2 Mio. Tonnen
Kohlenwasserstoffe (CH)	1,6 Mio. Tonnen
Stickoxide (NOx)	3,1 Mio. Tonnen
Schwefeldioxid (SO ₂)	3,0 Mio. Tonnen
Staub (u. a. Ruß)	0,7 Mio. Tonnen
Blei (im Staub enthalten)	5200 Tonnen

Der Gesamtbereich Verkehr, zu dem neben den Personenwagen und den Lastkraftwagen auch die Landwirtschaft, die Baumaschinen, die Binnenschifffahrt, der gesamte Flugverkehr sowie das Militär und die motorisierten Zweiräder gerechnet werden, stellt bei den einzelnen Schadstoffen sehr unterschiedliche Prozentanteile. Laut dem Bericht der Bundesregierung waren das im Jahre 1982 beim Kohlenmonoxid 63 Prozent, bei den Kohlenwasserstoffen 39 Prozent, bei den Stickoxiden 55 Prozent, beim Schwefeldioxid 3,4 Prozent sowie beim Staub 9,4 Prozent.

Der reine Pkw-Verkehr, der im Jahre 1982 insgesamt 24,1 Millionen Fahrzeuge zählte (zuzüglich 100 000 Leicht-Lkw), war dabei für folgende Schadstoffmengen in der Bundesrepublik Deutschland verantwortlich: eine Million Tonnen Stickoxide (= 34 Prozent der Gesamtmenge dieses Luftschadstoffes), 0,5 Millionen Tonnen Kohlenwasserstoffe (= 31 Prozent) und 5,2 Millionen Tonnen Kohlenmonoxid (= 62 Prozent).

Im Zusammenhang mit dem zunehmenden Waldsterben in der Bundesrepublik werden vor allem die beiden Schadstoffkomplexe Schwefeldioxid sowie Stickoxide als umweltpolitisch äußerst bedenkliche Substanzen eingestuft. An den drei Millionen Tonnen Schwefeldioxid-Belastung der Bundesrepublik ist der Gesamtbereich Verkehr jedoch nur zu 3,4 Prozent beteiligt, wobei der Pkw-Anteil praktisch noch unter einem Prozent liegt, da hier als Ermittelter lediglich die mit Dieselmotor ausgerüsteten Personenwagen — derzeit 7,5 Prozent des Gesamtbestandes — theoretisch in Frage kommen. Bei den 3,1 Millionen Tonnen Stickoxiden ist der Pkw-Verkehr jedoch mit einem Drittel der Gesamtbelastungsmenge beteiligt.

Bei der in der öffentlichen Diskussion gelegentlich falsch eingeschätzten Bleibelastung stellt der Pkw mit Benzinmotor derzeit zwei Drittel der Jahresmenge. Allerdings ist der Belastungsfaktor Blei in der Bundesrepublik

Deutschland heute erheblich geringer als noch vor einigen Jahren. Schon mit Wirkung vom 1. Januar 1976 hatte die Bundesregierung die maximale Verbleibungsrate für Otto-Kraftstoffe gesetzlich von damals noch erlaubten 0,4 auf lediglich 0,15 Gramm pro Liter gesenkt, den bis heute weltweit niedrigsten Wert. Erst in jüngster Zeit haben ihn andere Staaten ebenfalls übernommen.

Die Frage, wie vor allem der Stickoxidausstoß aller Personenwagen in der Bundesrepublik kurzfristig reduziert werden kann, da eine Nachrüstung der rund 25 Millionen „Altfahrzeuge“ mit Katalysator-Anlagen in den meisten Fällen technisch unmöglich und bei den übrigen Fahrzeugen in der Regel nur mit enormem finanziellem Aufwand machbar wäre, hat — wie bereits mehrfach gemeldet — zu der Überlegung geführt, neue Höchstgeschwindigkeiten für den Pkw-Verkehr einzuführen. Die meistgenannte Forderung lautet dabei, auf den Autobahnen nur noch 100 km/h zuzulassen und die Höchstgeschwindigkeit auf den übrigen außerörtlichen Straßen von derzeit 100 auf 80 km/h zu senken.

Über die mit einer solchen Maßnahme verbundenen Möglichkeiten der „Einsparung“ von Schadstoffmengen liegen bereits mehrere Untersuchungen vor, die allerdings zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Die in dieser Hinsicht optimistischste Studie der „Interdisziplinären Projektgruppe Energie und Gesellschaft“ der Technischen Universität Berlin unter Federführung von Hans-Christian Holz und Klaus Traube kommt dabei für die Bundesautobahnen bei einer Tempo-100-Vorschrift auf jährlich 120 000 Tonnen weniger Stickoxide, 13 000 Tonnen weniger Kohlenwasserstoffe sowie 400 000 Tonnen weniger Kohlenmonoxid. Für den Bereich der außerörtlichen Bundes- und Landstraßen errechneten die Berliner Wissenschaftler bei einer Limitierung auf Tempo 80 eine „Einsparung“ von jährlich 140 000 Tonnen Stickoxid, 20 000 Tonnen Kohlenwasserstoffe sowie 140 000 Tonnen Kohlenmonoxid.

Bei dem wichtigsten Schadstoff Stickoxide wären es demnach jährlich maximal 260 000 Tonnen weniger, allerdings nur dann, wenn der Straßenverkehr intensiv überwacht würde und wenigstens eine „Befolgsrate“ des Tempolimits von 70 Prozent auf Dauer sichergestellt wäre. Die von der TU-Berlin-Gruppe angenommene Stickoxidmenge von 260 000 Jahrestonnen würde eine Minderung der gesamten Stickoxidbelastung der Bundesrepublik Deutschland um neun Prozent darstellen.

Auch das in Heidelberg beheimatete „Institut für Energie und Umweltfor-

schung (IFEU)“ kommt unter Ausnutzung aller Faktoren wie beispielsweise der Wiedereinführung eines Autofahrverbots an vielen Sonntagen pro Jahr im Mittel nur auf rund 300 000 Tonnen, um die sich die jährliche Stickoxidbelastung der Bundesrepublik verringern ließe. Dies wären zirka zehn Prozent der Gesamtbelastung. Selbst bei einer optimistischen Projektion bis ins Jahr 1990 beziffert das Institut die zu erwartende Einsparungsmenge an Stickoxiden auf 9,5 Prozent der Gesamtemission dieses Schadstoffes in diesem Zeitraum.

Eine andere Studie, die die Hessische Landesanstalt für Umwelt beim Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungsverein in Essen in Auftrag gegeben hatte, kommt demgegenüber für die Autobahnen bei Tempo-100-Vorschrift auf nur 70 000 Tonnen weniger Stickoxide pro Jahr und eine „Einsparung“ von 4760 Tonnen Kohlenwasserstoffe sowie 217 000 Tonnen Kohlenmonoxid. Auf den außerörtlichen Straßen sieht der Rheinisch-Westfälische TÜV, sofern sie auf Tempo 80 limitiert werden, beim Kohlenmonoxid sogar eine Steigerung um 40 000 Jahrestonnen kommen. Bei den unverbrannten Kohlenwasserstoffen werden zwar lediglich 1000 Tonnen weniger prognostiziert, bei den Stickoxiden werden dagegen immerhin knapp 70 000 Tonnen pro Jahr Einsparungspotential erwartet. Zusammen wären das 140 000 Tonnen Stickoxide weniger pro Jahr, was knapp fünf Prozent der Gesamtbelastung entspräche.

Das Umweltbundesamt in Berlin, das die Bundesregierung in der Frage der Luftschadstoff-Reduzierung berät, hat ebenfalls eigene Untersuchungen über die mögliche Verringerung der Stickoxidbelastung durch den Pkw-Verkehr angestellt. Es kommt dabei zu einem „Einsparungspotential“ von 180 000 Jahrestonnen Stickoxide. Dies allerdings nur unter der Voraussetzung einer flächendeckenden Überwachung der Geschwindigkeitsbegrenzung; andernfalls erwartet das Umweltbundesamt nur eine Reduzierung um 120 000 Tonnen pro Jahr, was einer Reduzierung der jährlichen Stickoxidbelastung der Bundesrepublik um vier Prozent gleichkäme. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) kommt aufgrund eigener Messungen zu einer ähnlichen Stickoxidbelastung um 160 000 Jahrestonnen.

Eine von der Daimler-Benz AG erarbeitete Studie zum Thema „Tempolimit und Abgas-Emissionen“, die anschließend vom Verband der Automobilindustrie (VDA) übernommen und publiziert wurde, stellt unter den derzeit bekanntesten Studien die pessimistischste

Variante dar. Sie erwartet zwar bei Tempo 100 bzw. 80 für die Stickoxide eine Reduktion um 70 000 Jahrestonnen, sagt jedoch beim Kohlenmonoxid eine Steigerung von jährlich 119 000 Tonnen und bei den Kohlenwasserstoffen eine Zunahme um 19 000 Tonnen voraus. Angesichts der Gesamtmenge von jährlich 3,1 Millionen Tonnen Stickoxidbelastung der Bundesrepublik wäre selbst mit einer drastischen Tempolimitierung nach Auffassung des VDA lediglich eine Verminderung um gut zwei Prozent erreichbar.

Angesichts dieser relativ bescheidenen Möglichkeiten, die Belastung der Luft über der Bundesrepublik durch Stickoxide zu reduzieren, dürfen auf eine drastische Geschwindigkeitsbeschränkung mit Tempo 100 bzw. 80 keine übertriebenen Hoffnungen gesetzt werden. Selbst die optimistischste Studie wagt höchstens eine Verringerung der Stickoxid-Gesamtbelastung um zehn Prozent vorauszusagen. Konservativere — und möglicherweise realistischere — Schätzungen sehen demgegenüber nur Einsparungspotentiale von zwei bis sechs Prozent bei den Stickoxiden.

Aber selbst diese Untersuchungen sind noch nicht bis ins letzte abgesichert. Die Einhaltung eines drastischen Tempolimits à la DDR erscheint allen Studien nur dann als gesichert, wenn sie mit starkem Überwachungsaufwand durch die Polizeibehörden gekoppelt würde. Außerdem beruhen viele der Abgas-Prognosen auf der Beobachtung des Emissionsverhaltens kleiner Fahrzeuggruppen von beispielsweise nur 20 Pkw im Fahrbetrieb oder auf Hochrechnungen theoretischer Werte. Daher erwarten auch besorgte Beobachter des fortschreitenden Waldsterbens von einem scharfen Tempolimit von 100 km/h beziehungsweise 80 km/h keine kurzfristig wirkende signifikante Entlastung für die Wälder. Eine nachhaltige Verringerung der Schadstoffbelastung sehen sie vielmehr erst zum Ende der achtziger Jahre, wenn einerseits die Kohlekraftwerke die von ihnen ausgehende massive Schwefeldioxidbelastung der Luft auf zirka 30 Prozent der heutigen Werte verringert haben werden und die verschärften Abgaswerte für Personewagen nach amerikanischem Vorbild mit Hilfe der Katalysatortechnik auf breiter Front wirksam geworden sind. Allerdings hätten auch dann bundesdeutsche Alleinmaßnahmen nur begrenzten Erfolg, da 50 Prozent der gesamten Luftschadstoffbelastung der Bundesrepublik Deutschland über die Grenzen hereinwehen.

PETER KLINKENBERG

Aus: Frankfurter Rundschau vom 6.10.1984, S.9.

5. ENERGIEVERBRAUCH DES AUTOVERKEHRS

Warum gerade beim Auto?

Die Erdölkrise 1972 hat weltweit großen Schrecken ausgelöst. Werden wir in 5, 10, 20, 50 Jahren noch genügend Energie zur Verfügung haben, um den wachsenden Bedarf zu decken?

Die Diskussion in den letzten Jahren um den weiteren Ausbau der Kernenergie hat bei manchem die Angst vor der Verknappung der Energie wieder aufleben lassen.

Ja, verschlingt denn der Verkehr so viel Energie?

Anteil des Verkehrs am Energieverbrauch 1976 in der BRD

Haushalte und Kleinverbraucher	45%		
Industrie	35,5%		
Binnenschifffahrt	2,7%	} Verkehr	19,5%
Schienenverkehr	5,1%		
Luftverkehr	6,4%		
Straßenverkehr	85,5%		

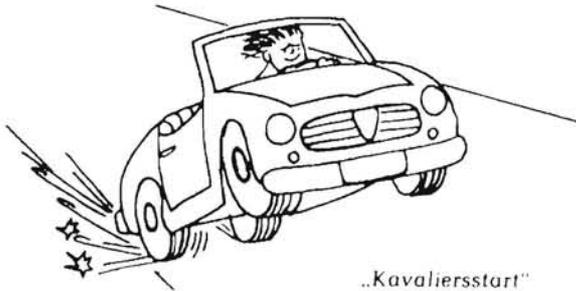
Struktur des Energieverbrauchs im Straßenverkehr 1976 in der BRD

Verkehrsbereich	Anteil (in %) am Energieverbrauch des Straßenverkehrs	
Busse, Krafträder	3	} 100
Lkw	22	
Pkw	75	
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
Pkw im Geschäftsverkehr	19	} 75
Busverkehr	18	
Ausbildungsverkehr	3	
Einkaufsverkehr	8	
Urlaubsverkehr	4	
Freizeitverkehr	23	

Wie hoch war der Anteil des gesamten Verkehrs am Energieverbrauch?

Wie hoch war der Anteil des Straßenverkehrs am Energieverbrauch des Gesamtverkehrs?

Welche Tätigkeiten fallen beim Energieverbrauch durch Pkw besonders ins Gewicht?

6. ENERGIE-SPAREN BEIM AUTO

Stelle eine Liste aller nur denkbaren Möglichkeiten zusammen, beim Auto(fahren) Energie einzusparen. Scheue dich nicht, auch ganz komisch klingende Vorschläge zu machen. Vielleicht stellen sich diese Vorschläge als gar nicht so komisch heraus!

Versuche die Vorschläge den folgenden Themenaspekten zuzuordnen.

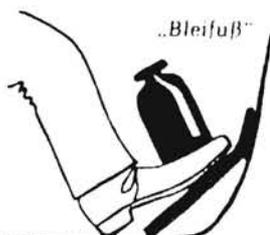
Konstruktion des Autos

Eigenschaften der Fahrbahn

Fahrverhalten

Alternative Verkehrsmittel

Verkehrsplanung



1. Konstruktion des Autos

"Der durchschnittliche Verbrauch der in der BRD hergestellten Pkw hat sich von 1968 bis 1977 um annähernd 7% verringert... Insgesamt kann bei der Nutzung der technischen Möglichkeiten in den nächsten zehn Jahren eine weitere Absenkung des Kraftstoffverbrauchs um etwa 10% erreicht werden. Das setzt allerdings voraus, daß die Anstrengungen zur rationellen Nutzung der Energie nicht durch zusätzliche Auflagen des Gesetzgebers auf dem Gebiet der Sicherheit und des Umweltschutzes beeinträchtigt werden". (A. Diekmann in: Internationales Verkehrswesen 30/1978).

In diesem Zitat steht einiges zum Nachdenken.

Ist eine Absenkung des Benzinverbrauchs um etwa 10% viel?

Sieh dir hierzu die Tabelle "Anteil des Verkehrs am Energieverbrauch 1976 in der BRD" an, S.50.

Berechne, um wieviel eine Verminderung des Energieverbrauchs der Pkw von 10%

den gesamten Mineralölverbrauch in der BRD und den Gesamtenergieverbrauch in der BRD senken könnte.

Das Zitat verweist auf einen möglichen Konflikt.

Welches ist dieser Konflikt?

Welche technischen Möglichkeiten gibt es zur Verminderung des Benzinverbrauchs?

Beim Motor:

Durch die Verbesserung der Gemischbildung, der Zündung und der Brennraumgestaltung ließen sich Senkungen des spezifischen Verbrauchs von 3 bis 5% erreichen.

Weshalb?

Der Dieselmotor hat aufgrund seines höheren thermischen Wirkungsgrades vor allem im Stadtverkehr einen um 20 bis 30% niedrigeren Verbrauch.

Weshalb?

Bei der Karosserie:

Verbesserungen bei der Karosserie könnten den Benzinverbrauch um 5% senken.

Kannst du dir vorstellen, weshalb?

Kommt dieser Effekt vor allem bei geringen oder bei hohen Geschwindigkeiten zum Tragen?

2. Eigenschaften der Fahrbahn

Der Zustand der Straße hat einen nicht unerheblichen Einfluß auf den Benzinverbrauch.

Welche Widerstände müssen die Autoreifen überwinden?

Wie wirken sich diese Widerstände auf die Bremseigenschaften aus?

Widerstandswerte verschiedener Fahrbahnoberflächen

Fahrbahn	Widerstand	Bewertung
glatte Asphaltstraße	0,010	Fahrbahn ist praktisch starr.
glatte Betonstraße	0,011	
rauhe, gute Betonbahn	0,014	
vorzügliches Steinpflaster	0,015	
gutes Holzpflaster	0,018	
gutes Steinpflaster	0,020	
geringwertiges Steinpflaster	0,035	
schlechte, ausgef. Straße	0,035	
sehr gute Erdwege	0,045	Fahrbahn verformt sich ebenfalls; außerdem Reibung an den Reifenseitenflächen.
mittlere Erdwege	0,080	
schlechte Erdwege	0,160	
loser Sand	0,15...0,30	



3. Fahrverhalten

Aus einem Großversuch mit über 200.000 Kraftfahrern weiß man, daß zwei Drittel aller Fahrer mehr Treibstoff verbrauchen, als nötig wäre. Aber nicht, weil sie zu viel fahren, sondern weil ihre Fahrweise zu unüberlegt ist.

Bei 3 Minuten Leerlauf braucht ein Kraftfahrzeug soviel Treibstoff wie für einen Kilometer Fahrt.

Man sollte seinen Wagen also bei längerem Halt (Stau, Bahnübergängen etc.) abstellen.

Welche Vorteile hat das außerdem?

Einen hohen (Benzin-) Preis kostet vor allem der rasante "Kavalierstart", also die rasche Beschleunigung aus dem Stand.

Starkes Beschleunigen und das damit verbundene Ausfahren der Gänge bis zur Höchstdrehzahl ist überhaupt eine der Hauptursachen für überhöhten Verbrauch.

Beispiel:

Im 1. Gang mit 30 km/h braucht man genau doppelt soviel Kraftstoff wie im 2. Gang bei gleicher Geschwindigkeit.

Eng damit verbunden ist der "Bleifuß", das ständig durchgetretene Gaspedal.

Rund 30% weniger Benzin braucht ein Auto, wenn man 20% unter der Höchstgeschwindigkeit bleibt. Das bedeutet z.B.: 16 Liter bei 165 km/h, aber nur 11 Liter bei 130 km/h.

Ähnliches gilt auch für Automatikgetriebe.

Nimmt man den Fuß frühzeitig vom Gas, schaltet die Automatik früher und dadurch sparsam in den nächst höheren Gang.

Es gibt noch andere Ursachen, die den Kraftstoffverbrauch in die Höhe treiben.

Viel Benzin schlucken Reifen mit zu geringem Luftdruck. Warum? Dach-Gepäckständer, Skihalter und selbst überlange Antennen. Warum?

Ferner sind falsch oder schlecht eingestellte Vergaser, Zündungen und Ventile, schlechte Kompression, abgenutzte Zündkerzen und Unterbrecherkontakte, verschmutzte Luftfilter Ursachen für unnützen Mehrverbrauch von Benzin.

Nach: Fernsehwoche H 29/1979, S.16.

4. Alternative Verkehrsmittel

An welche alternativen Verkehrsmittel denkst du?

Du willst untersuchen, ob diese Verkehrsmittel weniger energieaufwendig sind als das Privatauto.

Wie stellt man solche Überlegungen an?

Wir wollen diese Überlegungen am Vergleich Pkw-Fernreisezug durchführen.

Wie macht man Autoreise und Zugreise miteinander vergleichbar?

Auto	Zug
Ein Auto der Fahrzeugklasse 1301-2000 cm ³ verbraucht durchschnittlich 9-12 l Benzin pro 100 km.	Ein Fernreisezug (Elektrolokomotive) durchschnittlicher Länge verbraucht x kWh pro 100 km.
Wieviel Personen werden im Auto-Fernreiseverkehr durchschnittlich pro Pkw befördert?	Wieviel Personen werden von der Bahn durchschnittlich pro Zug durchschnittlicher Länge befördert?
Wie hoch sind die Energieverluste, die bei der Umwandlung von Erdöl in Benzin und dann im Verbrennungsmotor des Autos entstehen?	Wie hoch sind die Energieverluste, die bei der Erzeugung von Strom aus Kohle oder Mineralöl im Leistungsnetz und im Elektromotor entstehen?
...	...
Welchen zusätzlichen Energieaufwand erfordern jene vielen zusätzlichen Anlagen, die notwendig sind, um den Autoverkehr und den Zugverkehr durchführen zu können?	

Anhand der Fragen wird dir aufgefallen sein, daß es praktisch sehr schwierig ist, den Energieaufwand von Auto und Zug genau zu erfassen.

Die folgende Tabelle gibt den Energieverbrauch verschiedener Verkehrsmittel an.

Spezifischer Energieverbrauch einzelner Verkehrsmittel bei unterschiedlicher Kapazitätsauslastung (1974).

Pkw : Bus	1 : 0,34
Pkw : U-Bahn, Straßenbahn	1 : 0,54
Pkw : Fernreisezug (Elektro)	1 : 0,74
Pkw : Fernreisezug (Diesel)	1 : 0,58
Pkw : Nahverkehrszug (Elektro)	1 : 0,98
Pkw : Nahverkehrszug (Diesel)	1 : 0,78
Güterfernverkehr (Lkw) : Bahn	1 : 0,51
Güternahverkehr (Lkw) : Bahn	1 : 0,22

Wie schneidet das Auto gegenüber anderen Verkehrsmitteln ab?

Wie schneidet der Lkw-Transport gegenüber dem Güterverkehr mit der Bahn ab?

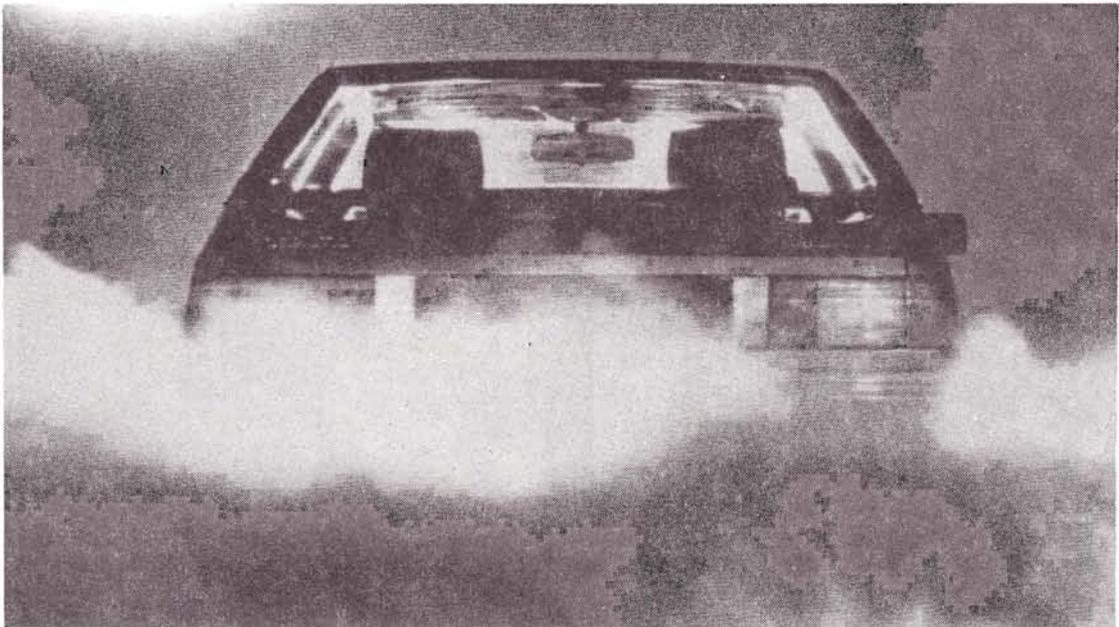
Ist der Energieverbrauch der einzige Gesichtspunkt, unter dem man alternative Verkehrsmittel miteinander vergleichen soll?

5. Verkehrsplanung

Versuche zu begründen, weshalb man durch die folgenden vier Untersuchungsergebnisse Energie sparen kann.

- a) Ein unzulängliches Straßennetz kann den Benzinverbrauch um 20% erhöhen; unzulänglich heißt: Fehlen von Ortsumgehungen, Kriechspuren, Engpässe etc..
Zähflüssiger Verkehr (ohne Stillstand) führt zu Verbrauchssteigerungen von 50% und mehr.
- b) Eine Verbesserung der Signalsteuerung kann wesentliche Energieeinsparungen (bis zu 20%) erbringen.
- c) Ein Autofahrer 'verschenkt' im Durchschnitt pro Jahr rund 5% der Fahrleistungen, weil er nicht immer sofort die günstige Strecke zum Fahrziel findet. Dies könnte durch verbesserte Informationen behoben werden.
- d) Ein Abbau der Verkehrsspitzen könnte Einsparungen erbringen. Dazu zählen: gestaffelte Arbeits- und Schulzeiten, gestaffelter Ferienbeginn.

Überlegt bitte, welche anderen Folgen (als Benzineinsparung) diese Maßnahmen haben könnten.



DAS AUTO IM ALLTAG

**Wie sportlich
möchten Sie denn Ihr Auto?**



**Die menschliche Technik.
Der neue Kadett.**

**Erste Begegnung mit der dynamischen Art.
Der neue Audi 90. Fünfzylinder.**



500.000 neue Golf in 15 Monaten.

Welche 'Eigenschaften' sollte dein Auto haben?

Sollte das Auto so sein, wie du selbst gerne sein möchtest?

Sammelt die neuesten Werbeanzeigen der Automobilfirmen und untersucht:

Welche Eigenschaften des Autos werden in den Anzeigen betont?

Welche Eigenschaften des Käufers werden angesprochen?

2. Könnten wir auf das Auto verzichten?

Diese Frage ist schwer zu beantworten.

Während die Befürworter z.B. mit dem Auto 'Freiheit', 'Unabhängigkeit' und persönliche 'Mobilität' verbinden, verweisen die Gegner z.B. auf die mit dem Autoverkehr verbundenen 'Gesundheitsschäden' und die 'hohen Kosten'.

Versuche einmal über die Frage zu diskutieren, und trage für die Diskussion mit Hilfe des Fragebogens zusätzliche Informationen zusammen.

FRAGEBOGEN ZUM THEMA "KÖNNTEN WIR AUF DAS AUTO VERZICHTEN?"

1. Für welche Tätigkeiten verwenden Sie Ihr Auto?

Weg zur Arbeit

Dienstfahrten

Berufsausübung

Ausflüge, Spazierfahrten

Fahrten zum Ort der Freizeitgestaltung

Urlaubsfahrten

immer

selten

nie

2. Wieviel Zeit benötigen Sie täglich für Ihre Fahrt zum Arbeitsplatz?

mit dem Auto

mit öffentl. Verkehrsmitteln

Wieviel Zeit würden Sie mit öffentl. Verkehrsmitteln benötigen (für Autofahrer)

Wieviel Zeit würden Sie mit dem Auto benötigen (für Benutzer öffentl. Verkehrsmittel)

3. Welche Gründe sprechen, abgesehen vom Zeitfaktor, für das Auto?

.....

gegen das Auto?

.....

für öffentl. Verkehrsmittel?

.....

gegen öffentl. Verkehrsmittel?

.....

4. Wo und wann könnten Sie am ehesten auf das Auto verzichten? (Bitte die Punkte von 1-6 reihen)

Weg zur Arbeit

Dienstfahrten

Berufsausübung

Ausflüge, Spazierfahrten

Fahrten zum Ort der Freizeitgestaltung

Urlaubsfahrten

Jeder Schüler sollte drei Personen aus seinem Bekanntenkreis befragen. Es sollte immer eine Person darunter sein, die ein öffentliches Verkehrsmittel zum Arbeitsplatz benutzt.

Folgende Fragen sollten euch bei der Auswertung eurer Umfrage unterstützen.

Zahl der ausgewerteten Fragebogen:

- 1. Für welche Vorhaben wird das Auto am häufigsten benutzt?
.....
.....
für welche am seltensten?
.....
.....
- 2. Wie groß sind die von den befragten angegebenen Fahrzeitdifferenzen zum Arbeitsplatz?
Wieviele Personen geben an,
O gleiche Fahrzeit für Auto und öVM?
O etwa um die Hälfte mehr Fahrzeit mit öVM als mit Auto?.....
O etwa doppelt so viel Fahrzeit mit öVM als mit Auto?
O mehr als doppelt so viel Fahrzeit mit öVM als mit Auto?
- 3. Welche Gründe sprechen für die befragten Personen, abgesehen von der Fahrzeit, für oder gegen Auto und öVM? (Reiht die Angaben nach der Häufigkeit der Nennung.)
O für Auto
.....
O gegen Auto
.....
O für öVM
.....
O gegen öVM
.....
- 4. Wo und wann könnten die Befragten am ehesten auf das Auto verzichten?
.....
wo und wann am wenigsten?
.....

IV.ERFAHRUNGSBERICHT

Die Sicht der Lehrer

Die an der Planung und Durchführung des "Auto-Projektes" beteiligten Lehrer haben sehr unterschiedliche Erfahrungen gemacht.

Jene Lehrer, die traditionell unterrichten und gleichzeitig unzufrieden damit sind, hatten die Erwartung, das "Auto-Projekt" werde ihre Probleme und Enttäuschungen 'mit einem Schlag' lösen. Jene Lehrer, die ihre Schüler bereits an selbständiges Arbeiten und Experimentieren in Gruppen gewöhnt hatten und Erfahrungen im gemeinsamen Diskutieren besaßen, wußten auch die Möglichkeit des "Auto-Projekts" besser zu nutzen.

Als eine 'Sternstunde' bezeichneten einige Lehrer die Diskussionen der Schüler über das Trägheitsgesetz, anhand der zwei 'extremen Ansichten', die jeweils von einzelnen Schülern verteidigt werden mußten: "Da hat sich Physikgeschichte abgespielt. Es gab eine lebhaft Diskussion. Vor allem zwei Mädchen haben ihre gegensätzlichen Standpunkte vertreten. Einer, das war wirklich die Aristotelische Wurftheorie!"

Bewähren in der Diskussion, das mache den Schülern Spaß, selbst wenn es um Physik geht. Allerdings sei es schwer, von den allgemeinen Themen, die die Kinder am Autofahren interessieren - Fahrverhalten, Schleudern, Sicherheit - dann zur Physik zu gelangen.

"Zum Beispiel bei der Frage: 'Warum schleudert das Auto?' das hat sie schon sehr aufgeregt. Aber wenn's dann vom Auto weggeht, zur Physik, plötzlich kommen sie nicht mehr mit und schalten ab".

Alle Lehrer vermerkten, die Schüler hätten zwar weniger Physik gelernt als im 'normalen Unterricht', diese Physik aber besser verstanden und behalten: "Die wußten sogar m/sec^2 , etwas was sie sonst sofort vergessen!"

Die zunächst belächelte Gründlichkeit der Behandlung der Reibung erwies sich im Unterricht als notwendig und fruchtbar: "Die 'dumme Frage - wozu bremsen?' ist mir selbst dumm vorgekommen. Die Schüler haben gesagt: Es genügt, wenn man den Motor abstellt, dann ist die Benzinzufuhr unterbrochen, dann fährt er nicht, dann bremst's. Sie haben einfach eine von vielen möglichen Variablen isoliert und sich darauf fixiert. Da habe ich gemerkt, über wie viele Verständnisschwierigkeiten ich im normalen Unterricht hinweggehe".

Das stärkste positive Erlebnis war zweifellos: Das Auto ist ein auch für die Schüler überzeugender Anlaß über Bewegungen zu reden, obwohl dieses Thems im allgemeinen hohe Anforderungen an das Abstraktionsvermögen der Schüler und ihre Fähigkeiten sich auf 'gekünstelte' Gedankengänge einzulassen stellt.

Das Autofahren gab der Diskussion von Bewegungen einen unmittelbar einsichtigen Sinn.

Während den Schülern das Experimentieren großen Spaß machte, sahen ihre Lehrer einige Probleme. Die Schüler seien zu ungeübt, um in offenen Situationen Meßresultate zu erzielen. In einzelnen Fällen müßten genauere Meßanleitungen gegeben und Hilfestellungen beim Anlegen von Tabellen und Diagrammen geleistet werden. Nur einige wenige Schüler brächten die Geduld und Liebe zum Detail auf, die die quantitativen Versuche erfordern. Offensichtlich ist der Sprung vom Demonstrationsexperiment des Lehrers zu selbständigen Meßreihen, die ein hohes Maß an Präzision erfordern, in einigen Fällen zu groß.

Aus der Sicht der Schüler

Die Schüler beteiligten sich wesentlich aktiver am Unterricht als in einer 'normalen' Schulstunde. Das selbständige Arbeiten wurde auch von den meisten der von uns befragten 118 Kinder als der für sie anregendste und erfreulichste Aspekt des "Auto-Projekts" bezeichnet. Sie erwähnten die zahlreichen Versuche und Diskussionen, die ihnen Spaß machten. Dies umso mehr, wenn sie sich unbeobachtet und frei von Eingriffen durch den Lehrer fühlen konnten. Thematisch waren die Schüler besonders am Bremsen, der Reibung und den Überlegungen zur Sicherheit im Straßenverkehr interessiert. Vielen gefiel auch der Crash-Test und die Messung der Reaktionsgeschwindigkeit.

Die positiven Erlebnisse überwiegen die negativen bei weitem. Nur etwa ein Sechstel der Schüler verband mit dem "Auto-Projekt" gar nichts Erfreuliches. Als negativ wurden vor allem Berechnungen und Formeln in Verbindung mit den Begriffen Beschleunigung und Geschwindigkeit vermerkt. Einige Schüler fanden die quantitativen Versuche langweilig und frustrierend.

Es kamen deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede in dem zum Ausdruck, was den Schülern gefiel oder mißfiel. Die Mädchen fühlten sich deutlich stärker von Aufgaben angezogen, bei denen es nicht nur eine richtige Antwort gab, sondern die den eigenen Gedanken Raum ließen. Sie stellten gerne selbständig Argumente zusammen um jemanden zu überzeugen; ob es um Sicherheitsgurte oder Schleudergefahr ging. Sie waren aber auch eher bereit, eine Aufgabe zu übernehmen, bei der es auf Genauigkeit ankam (Reibung testen, Meßprotokoll anfertigen). Sie bastelten gerne, beispielsweise mit "Matador". Den Spaß am Basteln übertrugen viele der Mädchen allerdings nicht auf technische Objekte wie das Fahrrad. Da hatten die Buben mehr Erfahrung und offensichtlich etwas mehr Selbstvertrauen.

Die Buben waren hingegen stärker bereit, die traditionell 'geschlossenen' Physikaufgaben zu lösen, wie etwa Bewegungsarten zu nennen und zu definieren, den für eine Kurve vorgegebenen Radius zu berechnen. Einen Überblick über die Interessen von Buben und Mädchen gibt die folgende Übersicht.

WELCHE DER FOLGENDEN AUFGABEN WÜRDST DU IM PHYSIKUNTERRICHT GERNE, WELCHE UNGERNE AUSFÜHREN (IN PROZENT)

	gern		ungern	
	m (37)	w (81)	m (37)	w (81)
Welche Bewegungsarten werden in der Physik unterschieden? Nenne sie und gib eine Definition!	46	22	54	78
Beim Autofahren entstehen oft Konflikte in der Familie. Schreib eine Geschichte: "Die Mutter am Steuer".	30	72	70	28
Bastle einen bremsbaren Wagen aus Matadorbausteinen.	49	77	51	23
Wie groß muß der Radius einer Kurve sein, die von Autos mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h gefahrlos durchfahren werden kann?	40	21	60	79
Informiere Dich in Motorzeitschriften über moderne Entwicklungen auf dem Gebiet der Elektroautos!	76	68	24	32
Warum kann ein Auto ins Schleudern kommen? Beschreibe einige Situationen, in denen Schleudergefahr besteht!	70	83	30	17
Repariere die Bremsanlage eines Fahrrads!	65	56	35	44
Versuche Deine Eltern und Bekannten davon zu überzeugen, daß es sinnvoll ist, beim Autofahren Sicherheitsgurte anzulegen. Stelle zu diesem Zweck alle Argumente für Sicherheitsgurte zusammen.	59	81	41	19
Teste die Reibung auf verschiedenen Unterlagen mit einem Matadorauto. Fertige ein genaues Meßprotokoll an.	22	54	78	46

Es wurden keine Leistungstests durchgeführt. Wir haben die Schüler allerdings gefragt, was sie vom 'Bremsen' und von den 'Sicherheitsgurten' behalten haben. Einen Überblick gibt die folgende Zusammenstellung.

Was die Schüler behalten haben (Zahl der Nennungen, 118 Schüler)	
vom BREMSEN	Über SICHERHEITSGURTE
der Bremsweg hängt von der Geschwindigkeit des Autos und von der Beschaffenheit der Fahrbahn ab	müssen aus geeignetem Material bestehen, dürfen nicht dehnbar sein, nur ein bißchen nachgeben
32	42
Bremsen ist negative Beschleunigung, man verringert die Geschwindigkeit	wenn man sie nicht anlegt, besteht größere Verletzungsgefahr
20	39
es gibt einen Bremsweg	man sollte sie anlegen (Gebot)
21	26
es gibt verschiedene Arten von Bremsen (hydraulische, Flüssigkeits-)	schützen vor Aufprall an Windschutzscheibe
18	15
der Bremsweg hängt von der Reaktionsgeschwindigkeit ab	richtiges Einstellen wichtig, nach einem Unfall austauschen
16	13
es bremst die Reibung, ein Widerstand	es gibt verschiedene Gurtenarten
15	5
Bremsweg $\sim v^2$	man sollte auch Kopfstützen montieren
10	3
Bremsen müssen immer wieder kontrolliert werden	man wird zurückgedrückt
10	2
	wirkt nur bei starken Stößen
	mindert Stärke des Aufpralls
	2
vom BREMSEN	Über SICHERHEITSGURTE
technischer Aufbau der Bremse	Sonstiges
7	2
Situationen, in denen das Bremsen notwendig ist	nichts behalten
6	18
je mehr Masse das Auto, desto schwerer kann man bremsen	
4	
es gibt Haft- und Gleitreibung	
3	
Bremsen hängt mit Zustand des Autos zusammen (abgefahrene Reifen)	
3	
Sonstiges	
5	
nichts behalten	
21	

V. LITERATUR

- M. Burkhardt: Die gesellschaftlichen Kosten des Autoverkehrs. Freiburg 1980.
- P. Christianis (Hrsg). Studienhefte zur Weiterbildung für technische Berufe. Heft 1-12. Konstanz 1955.
- K. Dettke: Das Auto und was uns für's Auto mobilisiert. In: H.K. Ehmer (Hrsg): Ästhetische Erziehung und Alltag. Lahn-Gießen 1979, S. 55ff.
- IPN Curriculum Physik für das 9. und 10. Schuljahr. 10.1. Energie quantitativ: Elektro - oder Benzinauto?
- Technologie und Technik Nr.14: Verkehr in der Sackgasse - Kritik und Alternativen. Hamburg 1979.
- Bundesministerium des Innern (Hrsg). Erarbeitet vom Umweltbundesamt, Fachgebiet "Aufklärung der Öffentlichkeit in Umweltfragen". Bismarckplatz 1, 1000 Berlin 33 (kostenlos):
Was sie schon immer über Umweltschutz wissen wollten.
Was sie schon immer über Auto und Umwelt wissen wollten.
- Schriftenreihe der Adam Opel AG (Öffentlichkeitsarbeit, 6090 Rüsselsheim; kostenlos):
- Nr. 4 Verkehrserziehung aus der Sicht der Technik.
 - Nr. 8 Physik am Kraftfahrzeug.
 - Nr.10 Energiequellen, Energieumwandlung, Kraftfahrzeugantriebe.
 - Nr.16 Fahrzeugakustik.
 - Nr.20 Verbrennungsmotoren.
 - Nr.21 Reifenauswahl - Kriterien des Fahrzeugherstellers.
 - Nr.25 Fahrzeugdeformation und Geschwindigkeitsänderung.
 - Nr.32 Wege zum sparsamen Auto.
- Fahrzeugsicherheit: 20 Farbdias mit Begleittext.

