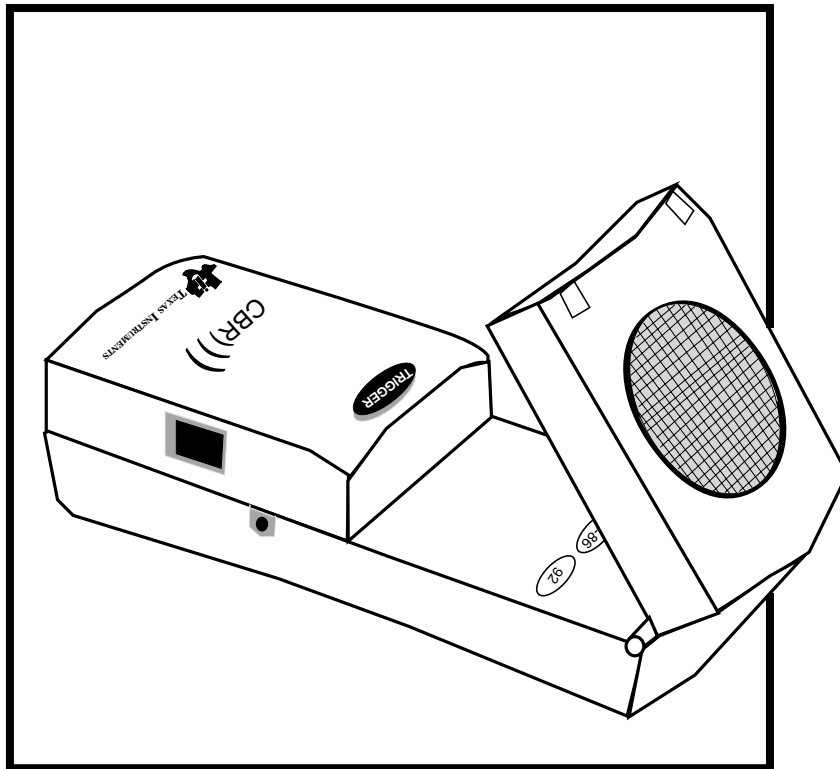


Texas Instruments

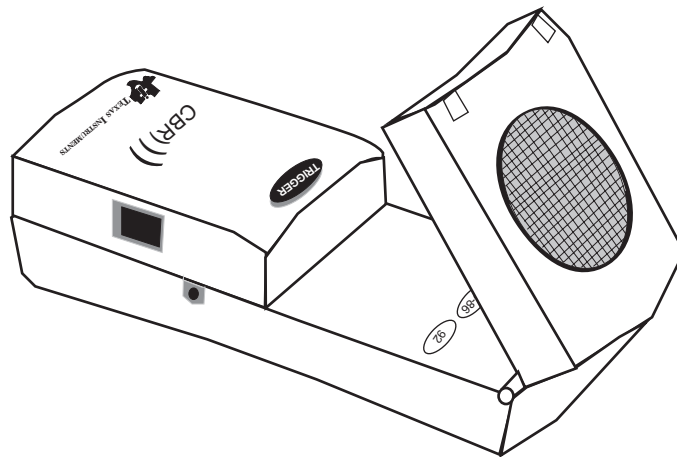


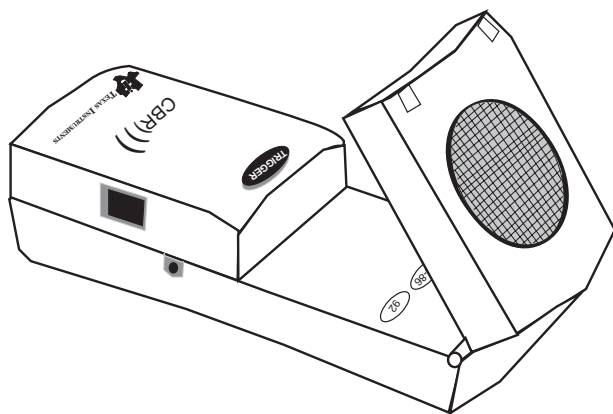
**Calculator-Based Ranger™
(CBR™)**

EINFÜHRUNG IN DIE VERWENDUNG DES CBR™

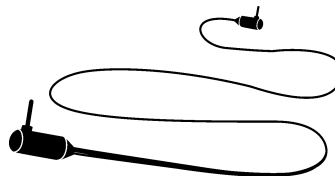
MIT

5 SCHÜLEREXPERIMENTEN

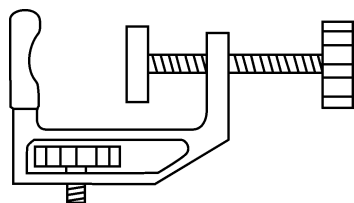




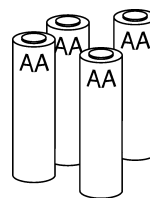
Calculator-Based Ranger™ (CBR™)
(Taschenrechnerbasierter Abstandsmesser)



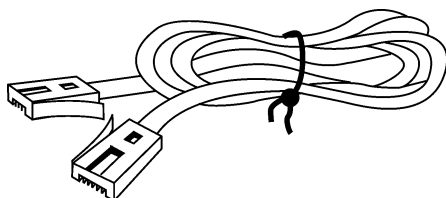
Verbindungskabel CBR-Taschenrechner



Schelle



4 AA-Batterien



CBL-CBR-Verbindungskabel

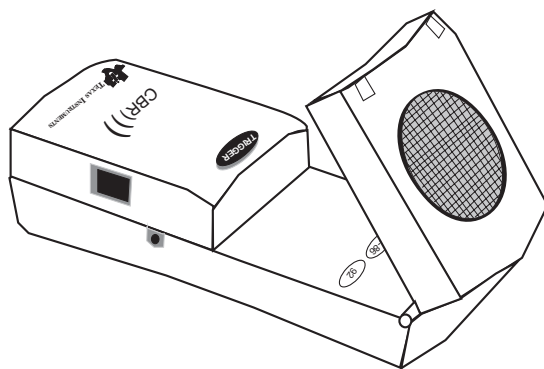
Wichtig

Texas Instruments übernimmt keine Gewährleistung, weder ausdrücklich noch stillschweigend, einschließlich, aber nicht beschränkt auf implizierte Gewährleistungen bezüglich der handelsüblichen Brauchbarkeit und Geeignetheit für einen speziellen Zweck, was sich auch auf die Programme und Handbücher bezieht, die ohne eine weitere Form der Gewährleistung zur Verfügung gestellt werden.

In keinem Fall haftet Texas Instruments für spezielle begleitende oder zufällige Beschädigungen in Verbindung mit dem Kauf oder der Verwendung dieser Materialien. Die einzige und exklusive Haftung von Texas Instruments übersteigt unabhängig von deren Art nicht den Kaufpreis des Geräts. Darüber hinaus übernimmt Texas Instruments keine Haftung gegenüber Ansprüchen Dritter.

© 1997 Texas Instruments Incorporated.
Alle Rechte vorbehalten

Texas Instruments gestattet Lehrern hiermit, die in diesem Werk enthaltenen Seiten mit einem Copyright-Vermerk von Texas Instruments in für den Unterricht benötigten Mengen zu kopieren oder zu reproduzieren. Diese Seiten sind für die Reproduktion und Verwendung im Unterricht gedacht, solange jede Kopie den Copyright-Vermerk trägt. Diese Kopien dürfen nicht verkauft werden, und jede Weiterverbreitung ist ausdrücklich untersagt. Sofern nicht wie oben oder gesetzlich ausdrücklich erlaubt bedarf die Reproduktion dieses Werks oder Teilen dieses Werks oder die Überführung in eine andere Form, sei es auf elektronischem oder mechanischem Weg, einschließlich der Einspeisung in Informationssysteme, der vorherigen schriftlichen Genehmigung von Texas Instruments. Richten Sie diesbezügliche Anfragen an Texas Instruments Incorporated, PO Box 149149, Austin, TX, 78714-9149, M/S 2151, z.H. Contracts Manager.



Einleitung

Was ist der CBR?	2
Einführung in die Verwendung des CBR - ganz einfach	4
Tips für effektive Messungen	6

Experimente mit didaktischen Hinweisen und Schüler-Arbeitsblättern

Experiment 1 - Graph treffen	linear 13
Experiment 2 - Spielzeugauto	linear 17
Experiment 3 - Pendel	sinusförmig 21
Experiment 4 - Springender Ball	parabolisch 25
Experiment 5 - Rollender Ball	parabolisch 29
Informationen für den Lehrer	33

Technische Informationen

CBR-Daten werden in Listen gespeichert	37
RANGER-Einstellungen	38
CBR-Einsatz mit dem CBL oder mit CBL-Programmen	39
Programmierbefehle	40

Service-Informationen

Batterien	42
Problembehebung	43
TI-Service und Garantie	44

RANGER Menü-Übersicht

Hintere innere Umschlagseite

Was ist der CBR?

CBR™ (Calculator-Based Ranger™)

Schall-Bewegungsdetektor

Einsetzbar mit TI-82, TI-83, TI-85/CBL, TI-86 und TI-92

Bringt reale Messungen und Analysen ins Klassenzimmer

Leicht verwendbares, abgeschlossenes System

Keine Programmierung notwendig

Beinhaltet das Programm RANGER

Das vielseitige Programm RANGER steht auf Knopfdruck bereit

RANGER beinhaltet bereits die Programme MATCH und BOUNCING BALL

Grundlegende Meßparameter sind einfach einzustellen

Wozu dient der CBR?

Mit Hilfe des CBR und eines graphischen TI-Taschenrechners können Schüler ohne aufwendige Messungen und manuelles Auftragen Bewegungsdaten sammeln, sinusförmig und analysieren.

Der CBR ermöglicht den Schülern anhand selbstgesamelter Daten das Erforschen der Zusammenhänge zwischen Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Zeit. Die Schüler können so die folgenden mathematischen und physikalischen Konzepte erforschen:

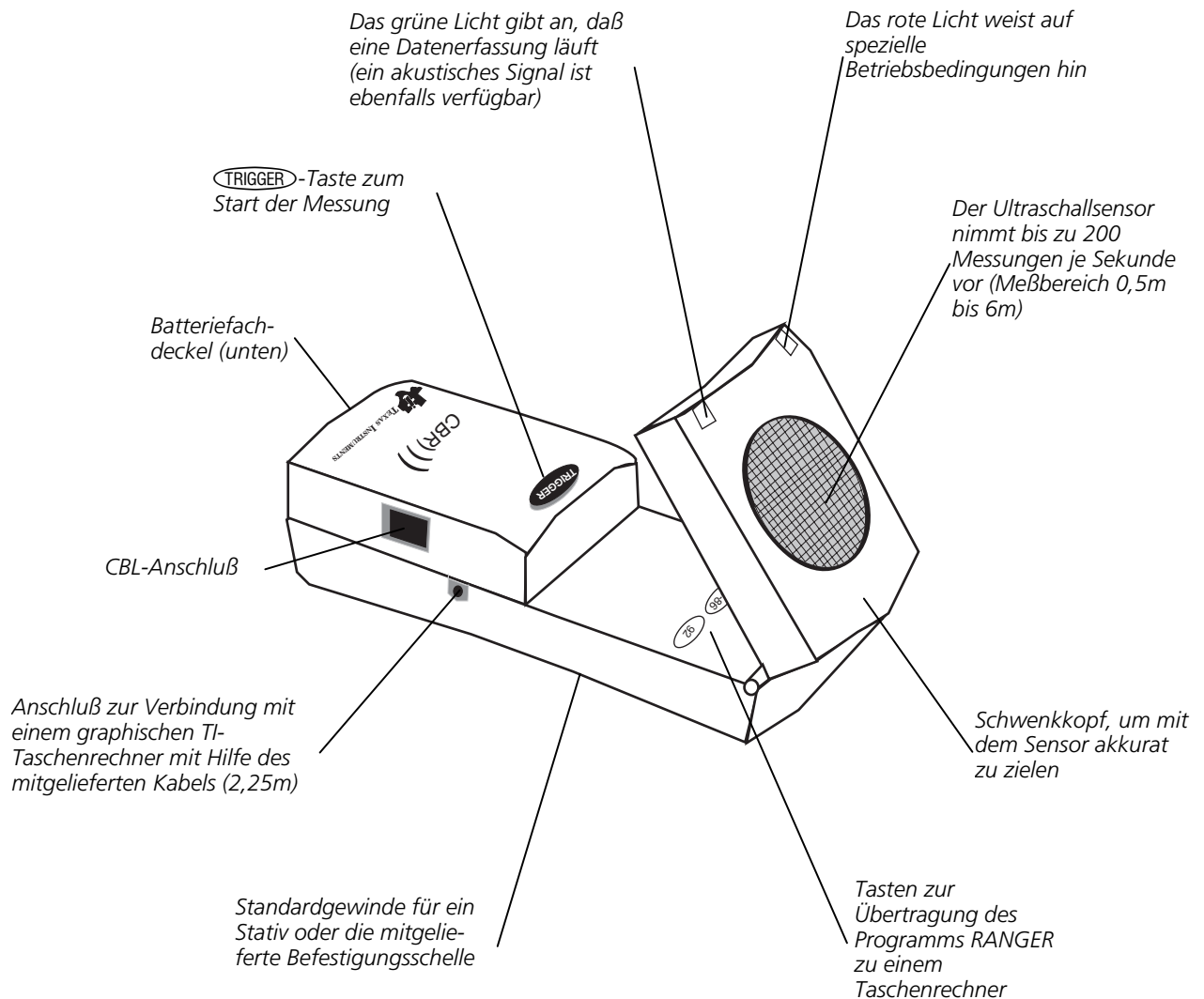
- Bewegung: Weg (Abstand), Geschwindigkeit, Beschleunigung
- Graphische Darstellung: Koordinatenachsen, Steigung, Schnittpunkte
- Funktionen: linear, quadratisch, exponentiell, sinusförmig
- Analysis: Ableitungen, Integrale
- Statistik und Datenanalyse: Meßmethoden, statistische Analysen

Was enthält diese Einführung?

Einführung in die Verwendung des CBR™ wurde als Leitfaden für Lehrer mit geringer Erfahrung im Umgang mit Taschenrechnern und in der Programmierung entworfen. Er enthält Kurzanweisungen für die Verwendung des CBR, Tips für effektive Messungen sowie fünf Experimente zur Erforschung der Grundfunktionen und der Eigenschaften von Bewegung. Die Experimente auf den Seiten 13–32 umfassen:

- Didaktische Hinweise zu jedem einzelnen Experiment sowie allgemeine didaktische Informationen für Lehrer.
- Schrittweise Anleitungen.
- Für alle Jahrgangsstufen geeignete grundlegende Datenerhebungen.
- Detailliertere Untersuchungen der erhobenen Daten einschließlich Was-wäre-wenn-Szenarios.
- Anregungen für fortgeschrittenere Experimente für die Oberstufe.
- Zur Vervielfältigung gedachte Arbeitsblätter mit offenen Fragestellungen für einen weiten Jahrgangsstufenbereich.

Was ist der CBR? (Forts.)



Der CBR enthält bereits alles, um schnell und einfach im Klassenraum mit Experimenten beginnen zu können - Sie benötigen nur noch einen graphischen TI-Taschenrechner (sowie für einige Experimente einige leicht zu besorgende Gegenstände):

- Schall-Bewegungsdetektor
- Befestigungsschelle
- 4 AA-Batterien
- Verbindungskabel Taschenrechner-CBR
- RANGER-Programm im CBR
- 5 vergnügliche Klassenraumexperimente

Es sind nur drei Schritte zur ersten Messung mit dem CBR!

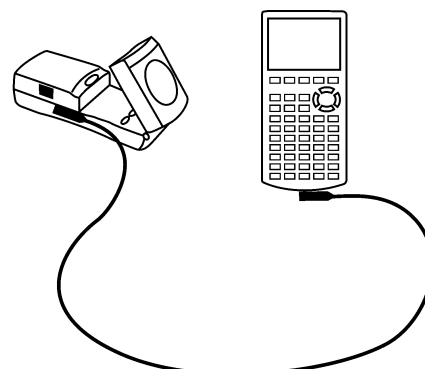
1

Verbinden

Verbinden Sie den CBR mit Hilfe des mitgelieferten Verbindungskabels mit einem graphischen TI-Taschenrechner.

Drücken Sie die Stecker an beiden Anschlüssen fest in die Buchsen.

Anmerkung: Sie können auch das kurze Verbindungskabel verwenden, das Ihrem Taschenrechner beilag.



2

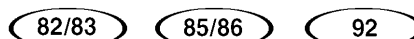
Übertragen

Im CBR ist das für die einzelnen Taschenrechner angepasste Programm RANGER enthalten. Sie können dieses leicht vom CBR in den Taschenrechner übertragen.

Bereiten Sie zunächst den Taschenrechner auf den Empfang des Programms vor (siehe die folgenden Tasteneingaben).

TI-82 oder TI-83	TI-85/CBL oder TI-86	TI-92
<code>[2nd] [LINK] [▶] [ENTER]</code>	<code>[2nd] [LINK] [F2]</code>	Gehen Sie zum Hauptbildschirm

Öffnen Sie nun den Schwenkkopf des CBR, und drücken Sie die entsprechende Programmübertragungstaste des CBR:



Während der Übertragung zeigt der Taschenrechner (außer TI-92) RECEIVING an. Ist die Übertragung beendet, so blinkt das grüne Licht des CBR einmal auf, und der CBR piepst einmal; der Taschenrechner zeigt DONE an. Sollten Probleme auftreten, so blinkt das rote Licht des CBR zweimal auf, und der CBR piepst zweimal.

Sie müssen das RANGER-Programm nur dann erneut vom CBR in den Taschenrechner übertragen, wenn Sie es aus dem Speicher des Taschenrechners löschen sollten.

Anmerkung: Programm und Daten benötigen ca. 17.500 Byte Speicher. Möglicherweise müssen Sie zuvor Programme und/oder Daten aus dem Speicher des Taschenrechners löschen. Sie können Programme und Daten zuvor speichern, indem Sie diese mittels TI-Graph Link™ auf einen Computer oder mit Hilfe des Verbindungskabels des Taschenrechners oder des CBR auf einen anderen Taschenrechner übertragen (siehe dazu das Handbuch des Taschenrechners).

3

Starten

Starten Sie das RANGER-Programm (siehe die folgenden Tasteneingaben).

TI-82 oder TI-83	TI-85/CBL oder TI-86	TI-92
Drücken Sie [PRGM] . Wählen Sie RANGER. Drücken Sie [ENTER] .	Drücken Sie [PRGM] [F1] . Wählen Sie RANGER. Drücken Sie [ENTER] .	Drücken Sie [2nd] [VAR-LINK] . Wählen Sie RANGER. Drücken Sie [1] [ENTER] .

Der Anfangsbildschirm wird angezeigt.

Drücken Sie nun **[ENTER]**. Das Menü MAIN MENU wird angezeigt.

MAIN MENU	
SETUP/SAMPLE	→ Einsehen/Ändern der Einstellungen vor der Messung
SET DEFAULTS	→ Wiederherstellen der Standardeinstellungen
APPLICATIONS	→ DISTANCE MATCH, VELOCITY MATCH, BALL BOUNCE
PLOT MENU	→ Diagrammoptionen
TOOLS	→ GET CBR DATA, GET CALC DATA, STATUS, STOP/CLEAR
QUIT	

Wählen Sie im Menü MAIN MENU den Eintrag SET DEFAULTS. Der Bildschirm SETUP wird angezeigt. Drücken Sie **[ENTER]**, und wählen Sie so START NOW. Richten Sie das Experiment ein, und drücken Sie dann **[ENTER]**, um die Messung zu starten. Mehr ist nicht notwendig!

Mit den Experimenten dieser Anleitung kommen Sie schnell zu Ergebnissen!

Wichtige Informationen

- Dieses Handbuch ist für alle mit dem CBR verwendbaren graphischen Taschenrechner konzipiert; möglicherweise stimmen daher die angegebenen Menünamen nicht exakt mit denen Ihres Taschenrechners überein.
- Achten Sie beim Vorbereiten eines Experiments darauf, daß der CBR sicher befestigt ist und daß niemand über das Verbindungskabel stolpern kann.
- Verlassen Sie das RANGER-Programm immer mit der Option QUIT. Das RANGER-Programm nimmt bei Wahl der Option QUIT einen ordnungsgemäßen Abschluß des CBR vor; dadurch wird sichergestellt, daß der CBR bei der nächsten Verwendung ordnungsgemäß initialisiert ist.
- Lösen Sie die Verbindung zwischen dem CBR und dem Taschenrechner, bevor Sie die Geräte verstauen.

Tips für effektive Messungen

So erhalten Sie bessere Messungen

Wie funktioniert der CBR?

Das Verständnis der Funktionsweise eines Schall-Bewegungsdetektors kann Ihnen helfen, bessere Messungen zu erhalten. Der Bewegungsdetektor sendet einen Ultraschallimpuls aus und mißt die Zeit, bis der Impuls nach Reflexion am nächstgelegenen Objekt wieder zurückkehrt.

Wie jeder andere Schall-Bewegungsdetektor mißt auch der CBR den Zeitraum zwischen dem Absenden des Ultraschallimpulses und der Ankunft des ersten Echos; der CBR hat jedoch einen eingebauten Mikroprozessor, der noch viel mehr macht. Beim Sammeln der Daten berechnet der CBR anhand der Schallgeschwindigkeit die Entfernung des Objekts vom CBR. Anschließend berechnet er die erste und zweite Ableitung der Entfernungsdaten nach der Zeit und erhält so Geschwindigkeits- und Beschleunigungsinformationen. Diese Meßwerte speichert er in den Listen L1, L2, L3 und L4.

Es ist eine interessante Übung, die Berechnungen des CBR selbst nachzuvollziehen.

- 1 Sammeln Sie Beispieldaten im Modus REALTIME=NO. Verlassen Sie das RANGER-Programm.
- 2 Berechnen Sie anhand der erfaßten Zeiten in L1 und der zugehörigen Entfernungsdaten in L2 die Geschwindigkeit des Objekts zu jedem Meßzeitpunkt. Vergleichen Sie dann Ihre Ergebnisse mit den Geschwindigkeitsdaten in L3.

$$L3_n = \frac{(L2_{n+1} + L2_n)/2 - (L2_n + L2_{n-1})/2}{L1_{n+1} - L1_n}$$

- 3 Berechnen Sie anhand der Geschwindigkeitsdaten in L3 (oder der von Ihnen berechneten Werten) und der zugehörigen Zeiten in L1 die Beschleunigung des Objekts zu jedem Meßzeitpunkt. Vergleichen Sie dann Ihre Ergebnisse mit den Beschleunigungsdaten in L4.

Größe des Objekts

Die Verwendung eines kleinen Objekts in großer Entfernung vom CBR reduziert die Wahrscheinlichkeit einer exakten Messung. Auch Sie können aus fünf Metern Entfernung eher einen Fußball als einen Golfball entdecken.

Minimalabstand

Wenn der CBR einen Impuls aussendet, so trifft dieser auf ein Objekt, wird reflektiert und wieder vom CBR empfangen. Ist das Objekt weniger als einen halben Meter entfernt, so können aufeinanderfolgende Impulse sich überlagern und vom CBR falsch identifiziert werden. Da die Messung in diesem Fall falsch wäre, sollten Sie einen Mindestabstand von einem halben Meter zwischen dem CBR und dem Objekt einhalten.

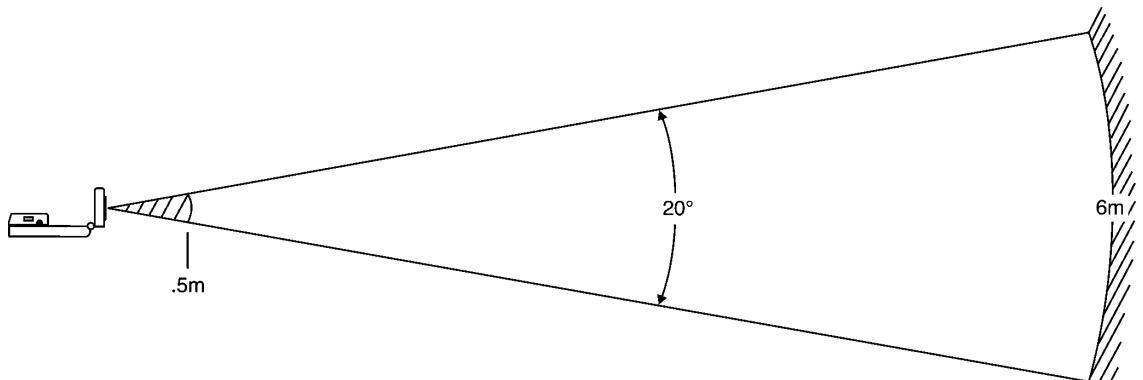
Maximalabstand

Beim Fortpflanzen durch die Luft verliert der Impuls an Energie. Nach etwa zwölf Metern (sechs Meter vom CBR bis zum Objekt und sechs Meter Rückweg) ist das zurückkehrende Echo möglicherweise zu schwach, um vom CBR zuverlässig entdeckt zu werden. Dies beschränkt die typische zuverlässige Reichweite des CBR auf maximal sechs Meter.

Der freie Bereich

Der Impuls des CBR breitet sich nicht strahlförmig nur in eine Richtung aus, sondern bildet einen Kegel mit einem Öffnungswinkel von 20° .

Um Interferenzen mit anderen Objekten in der Nähe zu vermeiden, sollte dieser Kegel möglichst ein *freier Bereich* ohne weitere Objekte sein. Dadurch wird gewährleistet, daß nur die Bewegungen des Zielobjekts vom CBR aufgezeichnet werden. Der CBR zeichnet die Daten des nächstgelegenen Objekts im freien Bereich auf.



Reflektierende Oberflächen

Manche Oberflächen reflektieren Ultraschallimpulse besser als andere. Beispielsweise werden Sie mit einem vergleichsweise harten, glatten Ball bessere Ergebnisse erhalten als mit einem Tennisball. Im Gegenzug erhalten Sie bei Messungen in Räumen mit harten, gut reflektierenden Oberflächen wesentlich eher Ausreißer aufgrund von Streumessungen. Messungen an unregelmäßigen Oberflächen (z.B. Spielzeugautos oder umhergehende Personen) erscheinen möglicherweise unregelmäßig.

Wenn Sie den Abstand eines unbeweglichen Objekts über die Zeit auftragen, ergeben sich möglicherweise leichte Schwankungen in den berechneten Abstandswerten. Entspricht einer dieser Werte einem anderen Pixel als die anderen Werte, so zeigt die erwartete gerade Linie möglicherweise Ausreißer. Die Darstellung der Geschwindigkeit über die Zeit sieht dann vermutlich noch wesentlich unruhiger aus, da die Änderung des Abstands zwischen zwei Meßpunkten definitionsgemäß eine Geschwindigkeit impliziert. Sie sollten in diesem Fall eine gewisse Glättung der Meßwerte vornehmen.

RANGER-Einstellungen

Meßzeiten

TIME legt die gesamte Meßzeit in Sekunden fest. Geben Sie einen ganzzahligen Wert zwischen 1 (für sich schnell bewegende Objekte) und 99 (für sich langsam bewegende Objekte) ein. Bei REALTIME=YES ist TIME stets 15 Sekunden.

Bei kleinen Werten für TIME muß sich das Objekt näher am CBR befinden. Für TIME=1 SECOND darf das Objekt maximal 1,75 Meter vom CBR entfernt sein.

Starten und Stoppen

Der SETUP-Bildschirm des RANGER-Programms bietet verschiedene Optionen für Start und Stop von Messungen.

- BEGIN ON: [ENTER]. Die Messung beginnt mit Drücken der Taste **[ENTER]** des Taschenrechners. Diese Option ist geeignet, wenn die die Messung durchführende Person dem Taschenrechner näher als dem CBR ist.
- BEGIN ON: [TRIGGER]. Die Messung beginnt und endet mit Drücken der Taste **[TRIGGER]** des CBR. Diese Option ist geeignet, wenn die die Messung durchführende Person dem CBR näher ist als dem Taschenrechner.

Bei dieser Option können Sie wahlweise auch die Verbindung zum CBR lösen. Sie können so die Messung einrichten, das Kabel vom CBR lösen, den CBR zur Meßstelle mitnehmen und dort mittels **[TRIGGER]** die Messung starten, anschließend den CBR wieder anschließen und mittels **[ENTER]** die Daten übertragen. Verwenden Sie daher BEGIN ON: [TRIGGER], wenn das Kabel nicht lang genug ist oder bei der Messung stören würde. Diese Option ist im Modus REALTIME=YES (z.B. in der Anwendung MATCH) nicht verfügbar.

- BEGIN ON: DELAY. Startet die Messung 10 Sekunden nach dem Drücken von **[ENTER]**. Diese Option ist besonders dann hilfreich, wenn die Messung von einer einzelnen Person durchgeführt wird.

Trigger-Taste

Der Effekt der **[TRIGGER]**-Taste hängt von den Einstellungen ab.

- **[TRIGGER]** beginnt die Messung, auch wenn die Option BEGIN ON: [ENTER] oder BEGIN ON: DELAY ausgewählt wurde. Sie können mit dieser Taste die Messung auch beenden, aber normalerweise sollten Sie eine Messung bis zum Ende laufen lassen.
- Nach Beendung der Messung wiederholt **[TRIGGER]** im Modus REALTIME=NO automatisch die letzte Messung, überträgt die Daten aber nicht zum Taschenrechner. Zum Übertragen der Daten wählen Sie im Menü MAIN MENU den Eintrag TOOLS und dann GET CBR DATA. (Sie können eine Messung auch wiederholen, indem Sie im Menü PLOT MENU den Eintrag REPEAT SAMPLE oder im SETUP-Bildschirm den Befehl START NOW wählen.)

Glätten

Die in das RANGER-Programm eingebauten Glättungsmöglichkeiten können die Auswirkungen von Streusignalen oder Variationen in Abstandsmessungen reduzieren. Vermeiden Sie jedoch exzessives Glätten. Beginnen Sie ohne oder mit nur leichter (LIGHT) Glättung, und erhöhen Sie den Glättungsgrad, bis Sie zufriedenstellende Ergebnisse erhalten.

- Bei einer Messung mit erhöhter Wahrscheinlichkeit von Streusignalen sollten Sie vor Beginn der Messung den Glättungsgrad im SETUP-Bildschirm erhöhen (siehe Seite 38).
- Sie können auf bereits im Modus REALTIME=NO erhobene Daten eine Glättung anwenden. Dazu muß der Taschenrechner mit dem CBR verbunden sein. Wählen Sie im Menü PLOT MENU den Eintrag PLOT TOOLS und dann SMOOTH DATA, und wählen Sie den gewünschten Glättungsgrad.

Rauschen - Was ist das, und wie kann es vermieden werden?

Wenn der CBR Signale empfängt, die von einem anderen Objekt als dem Zielobjekt reflektiert wurden, so zeigt die graphische Darstellung falsche Datenpunkte (Rauschspitzen), die nicht dem allgemeinen Muster des Diagramms entsprechen. Beachten Sie die folgenden Punkte, um das Rauschen zu minimieren:

- Stellen Sie sicher, daß der CBR direkt auf das Ziel weist. Versuchen Sie, während einer Messung im Modus REALTIME=YES den Kopf so zu kippen, daß Sie gute Ergebnisse erhalten, bevor Sie eine Messung im Modus REALTIME=NO starten.
- Versuchen Sie nach Möglichkeit, die Messung in einem möglichst freien Umfeld vorzunehmen (siehe die Skizze des *freien Bereichs* auf Seite 7).
- Wählen Sie ein größeres, stärker reflektierendes Objekt, oder bewegen Sie das Objekt näher zum CBR (aber keinesfalls näher als einen halben Meter).
- Werden in einem Raum mehrere CBR verwendet, so sollte eine Gruppe ihre Messung beenden, bevor die nächste Gruppe mit ihrer Messung beginnt.
- Wiederholen Sie verrauschte Messungen im Modus REALTIME=YES solange mit immer höheren Glättungsgraden, bis Sie befriedigende Ergebnisse erhalten. (In den Anwendungen DISTANCE MATCH, VELOCITY MATCH und BALL BOUNCE können Sie die Glättung nicht ändern.)
- Bei verrauschten Messungen im Modus REALTIME=NO können Sie auf die Originaldaten einen höheren Glättungsgrad anwenden.

Schallgeschwindigkeit

Der Abstand zum Objekt wird anhand einer nominalen Schallgeschwindigkeit berechnet. Die tatsächliche Schallgeschwindigkeit hängt jedoch von verschiedenen Faktoren, insbesondere der Lufttemperatur ab. Für Messungen relativer Bewegung ist dieser Faktor nicht von Bedeutung. Sind jedoch hochgenaue Messungen vonnöten, so kann mit Hilfe eines Programmierbefehls die aktuelle Umgebungstemperatur spezifiziert werden (siehe Seite 40–41).

Tips für effektive Messungen (Forts.)

REALTIME=YES

Verwenden Sie den Modus REALTIME=YES

- für langsamere Objekte
- um die Ergebnisse bereits bei der Erfassung zu sehen
- wenn Sie bei einer Messung nur einen Datentyp (Abstand, Geschwindigkeit oder Beschleunigung) erheben oder graphisch darstellen möchten.

Im Modus REALTIME=YES verarbeitet der CBR die gewünschten Daten für das Diagramm (Abstand, Geschwindigkeit oder Beschleunigung) und überträgt diese nach jeder einzelnen Abstandsmessung an den Taschenrechner. RANGER zeichnet dann für diesen Impuls ein einzelnes Pixel.

Die maximale Meßrate im Modus REALTIME=YES ist beschränkt, da alle diese Operationen vor der nächsten Einzelmessung abgeschlossen sein müssen.

Das Messen, Verarbeiten und Übertragen dauert für einen Datenpunkt ca. 0,08 Sekunden. Für Operationen wie das Zeichnen des Punktes wird zusätzliche Zeit benötigt, wodurch die effektive Meßrate im RANGER auf eine Messung in ca. 0,125 Sekunden sinkt.

REALTIME=NO

Verwenden Sie den Modus REALTIME=NO

- für schnellere Objekte
- wenn Glättung benötigt wird (siehe Seite 9)
- um den CBR im nicht angeschlossenen Modus zu betreiben (siehe Seite 11)
- wenn Sie alle Datentypen (Abstand, Geschwindigkeit und Beschleunigung) eines Vorgangs erfassen oder graphisch darstellen möchten.

Im Modus REALTIME=NO werden die Daten im CBR gespeichert und erst nach vollendeter Messung an den Taschenrechner übertragen. Die Meßrate kann für nahe Objekte bis auf eine Messung in 0,005 Sekunden ansteigen. Anschließend werden die Daten für die Zeit, den Abstand (Weg), die Geschwindigkeit und die Beschleunigung an den Taschenrechner übertragen.

Da die Daten im CBR gespeichert sind, können Sie diese immer wieder an den Taschenrechner übertragen.

- Bei jeder Änderung der Glättung wendet der CBR den neuen Glättungsfaktor an, überträgt die geglätteten Werte an den Taschenrechner und speichert die geglätteten Werte in den Listen.
- Wenn Sie einen Bereich auswählen, werden die im Taschenrechner gespeicherten Listen verändert. Bei Bedarf können Sie die Originaldaten vom CBR wiederherstellen. Wählen Sie dazu im Menü MAIN MENU des RANGER-Programms den Befehl TOOLS und dann GET CBR DATA.
- Sie können Daten auch mit anderen gemeinsam nutzen, selbst wenn Sie verschiedene graphische TI-Taschenrechner verwenden. Dadurch können alle Schüler mit den gleichen Daten an der Datenanalyse teilnehmen (siehe Seite 11).

Tips für effektive Messungen (Forts.)

Verwendung des CBR im nicht angeschlossenen Modus

Da der CBR im nicht angeschlossenen Modus die Daten nicht direkt an den Taschenrechner übertragen kann, sind gewisse Einstellungen notwendig. Nehmen Sie diese im SETUP-Bildschirm vor:

- Setzen Sie REALTIME=NO.
- Setzen Sie BEGIN ON=[TRIGGER].

Das RANGER-Programm informiert Sie, wann Sie die Verbindung mit dem CBR lösen und wann Sie diese wiederherstellen sollen. Dazu sind keine weiteren speziellen Vorgehensweisen vonnöten.

Gemeinsame Nutzung von Daten

Wie gehen Sie vor, wenn die ganze Klasse zur gleichen Zeit die gleichen Daten auswerten soll? Mit dem CBR ist es möglich, im Modus REALTIME=NO erhobene Daten schnell in der Klasse zu verteilen.

- ❶ Übertragen Sie vor der Datenerfassung das RANGER-Programm auf alle Taschenrechner der Schüler.
- ❷ Erheben Sie die Daten im Modus REALTIME=NO.
- ❸ Lassen Sie den ersten Schüler seinen Taschenrechner mit Hilfe des Verbindungskabels für den CBR oder einen anderen Taschenrechner an den CBR anschließen.
- ❹ Wählen Sie im Menü MAIN MENU des RANGER-Programms den Befehl TOOLS. Wählen Sie im Menü TOOLS den Eintrag GET CBR DATA. Es wird nun TRANSFERRING... angezeigt und die graphische Darstellung aufgebaut.
- ❺ Drücken Sie ENTER, um zum Menü PLOT MENU zurückzukehren, und wählen Sie dann QUIT. Lösen Sie das Kabel.
- ❻ Verbinden Sie einen anderen Taschenrechner (des gleichen Typs) mit dem Taschenrechner, der die Daten bereits erhalten hat. Wählen Sie auf dem zweiten Taschenrechner im Menü MAIN MENU des RANGER-Programms den Befehl TOOLS und dann GET CALC DATA. Die Listen L1, L2, L3, L4 und L5 werden nun automatisch auf den zweiten Taschenrechner übertragen.
- ❼ Übertragen Sie die Daten vom CBR auf den Taschenrechner eines anderen Schülers, während die Schüler die Übertragungen zwischen den Taschenrechnern vornehmen.

Haben alle Schüler die gleichen Daten erhalten, können sie diese im RANGER-Programm mittels PLOT MENU oder außerhalb des RANGER-Programms mit Hilfe der Graphik- und Listenfunktionen des Taschenrechners analysieren.

Zur gemeinsamen Nutzung von Daten auf dem TI-85 verwenden Sie außerhalb des RANGER-Programms das Feature LINK zum Übertragen der Listen.

Tips für effektive Messungen (Forts.)

Weitergehende Möglichkeiten

Nachdem Sie die Daten erhoben und mittels RANGER graphisch dargestellt haben, können Sie deren Beziehung zu einer Funktion untersuchen. Da die Daten in Listen gespeichert und als statistische Diagramme dargestellt werden, können Sie diese Beziehung mittels **TRACE**, **GRAPH** und **Y=** erforschen.

Innerhalb des RANGER-Programms

- Untersuchen der Diagramme im automatisch gesetzten TRACE-Modus (beim TI-85 verwenden Sie den frei positionierbaren Cursor).
- Manipulieren des Datensatzes durch Glätten oder Auswahl eines interessierenden Bereichs.

Außerhalb des RANGER-Programms

- Untersuchen der Daten mit Hilfe des Listeditors des Taschenrechners.
- Manuelles Anpassen einer Funktion an die Daten mit Hilfe des Y=-Editors des Taschenrechners.
- Automatische Bestimmung der den Daten am ehesten entsprechenden Gleichung mit Hilfe der Regressionsfunktionen des Taschenrechners.

Weiterhin können mit Hilfe der Zeichenoptionen des Programms RANGER weitergehende Beziehungen erforscht werden. So können Sie beispielsweise simultan ein Weg/Zeit-Diagramm und ein Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm als statistische Diagramme darstellen. Wählen Sie dazu im Menü MAIN MENU des Programms RANGER den Befehl QUIT; setzen Sie dann Plot1 als L1 gegen L2 und Plot2 als L1 gegen L3. (Möglicherweise müssen Sie die Fenstereinstellungen anpassen.)

Mit Hilfe von TI-Graph Link können Daten und Diagramme an einen Computer übertragen werden. Diese Möglichkeit ist besonders dann von Nutzen, wenn anhand der erhobenen Daten ausführlichere Berichte erstellt werden sollen.

Verwendung des CBR ohne das RANGER-Programm

Sie können den CBR als Ultraschall-Bewegungsdetektor mit dem CBL oder mit anderen Programmen als RANGER verwenden.

- Informationen über die Verwendung des CBR mit dem CBL finden Sie auf Seite 39.
- Informationen zu Bezugsquellen für andere Programme finden Sie auf Seite 36.
- Informationen zu den Programmierbefehlen zum Erstellen eigener Programme finden Sie auf den Seiten 40–41.

Konzepte

Untersuchte Funktion: linear.

MATCH führt in die Konzepte von Weg und Zeit - oder genauer in das Konzept von Weg *gegen* Zeit ein. Das Konzept der Position wird untersucht, wenn die Schüler versuchen, beim Umhergehen und Auftragen ihrer Bewegung Übereinstimmung mit einem Graphen herzustellen.

Bei den Untersuchungen sollen die Schüler ihre Gehgeschwindigkeit von Meter pro Sekunde in Kilometer pro Stunde umrechnen.

Nachdem die Schüler die Abstand/Zeit-Aufgabe bewältigt haben, können Sie Ihnen die Geschwindigkeit/Zeit-Aufgabe stellen.

Materialien

- ✓ Taschenrechner
- ✓ CBR
- ✓ Verbindungskabel

Mit Hilfe eines TI ViewScreen™ können die anderen Schüler zuschauen - und das Experiment wird sehr viel amüsanter.

Tips

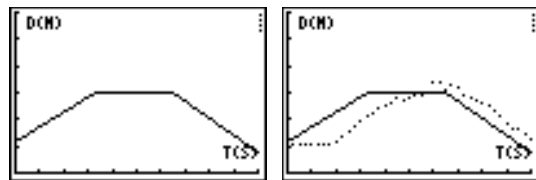
Schüler lieben dieses Experiment. Planen Sie ausreichend Zeit ein, denn jeder wird es durchführen wollen!

Das Experiment funktioniert am besten, wenn der es durchführende Schüler (und die gesamte Klasse) die mit Hilfe des TI ViewScreen an die Wand projizierte Bewegung des Schülers verfolgen kann.

Weisen Sie die Schüler darauf hin, sich auf einer Linie mit dem CBR zu bewegen. Manchmal neigen Schüler dazu, sich seitwärts zu bewegen oder sogar hochzuspringen!

Auf den Seiten 6–12 finden Sie Tips für effektive Messungen.

Typische Diagramme



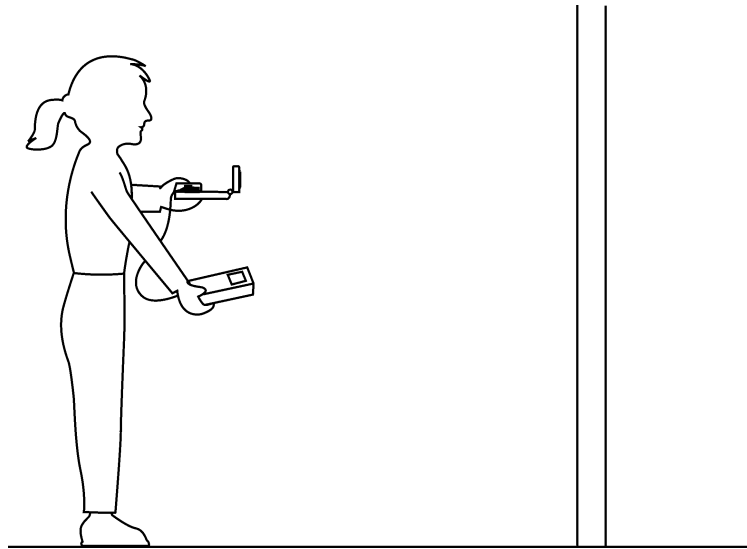
Typische Antworten

1. Zeit (vom Beginn der Meßsequenz); Sekunden; 1 Sekunde; Abstand (vom CBR zum Objekt); Meter; 1 Meter
2. Der Anfangsabstand wird durch den Y-Achsenabschnitt definiert
3. Variiert je nach Schüler
4. Zurück (vergrößert den Abstand zwischen dem CBR und dem Objekt)
5. Vorwärts (vermindert den Abstand zwischen dem CBR und dem Objekt)
6. Stehenbleiben. Eine Steigung von 0 bedarf keiner Änderung des y-Wertes (Abstand)
7. Variiert je nach Graph; $\Delta y/3,3$
8. Variiert je nach Graph; $\Delta y/1$
9. Beim Segment mit der größten Steigung (positiv oder negativ)
10. Das ist eine Fangfrage - beim konstanten Segment, da hier überhaupt keine Bewegung stattfindet!
11. Gehgeschwindigkeit; Zeitpunkt des Richtungs- und Geschwindigkeitswechsels
12. Geschwindigkeit
13. Variiert je nach Graph (Beispiel: 1,5 Meter in 3 Sekunden)
14. Variiert je nach Graph (Beispiel: 0,5 Meter je Sekunde)
Beispiel: $(0,5 \text{ Meter}/1 \text{ Sekunde}) \times (60 \text{ Sekunden}/1 \text{ Minute}) = 30 \text{ Meter}/\text{Minute}$
Beispiel: $(30 \text{ Meter}/1 \text{ Minute}) \times (60 \text{ Minuten}/1 \text{ Stunde}) = 1800 \text{ Meter}/\text{Stunde}$
Beispiel: $(1800 \text{ Meter}/1 \text{ Stunde}) \times (1 \text{ Kilometer}/1000 \text{ Meter}) = 1,8 \text{ Kilometer}/\text{Stunde}$
Lassen Sie die Schüler die letzte Zahl mit der Geschwindigkeit eines Autos (z.B. 100 Kilometer/Stunde) vergleichen.
15. Variiert je nach Graph; Summe der Δy der einzelnen Liniensegmente.

Datenerfassung

- 1 Halten Sie den CBR in einer Hand und den Taschenrechner in der anderen. Richten Sie den Sensor direkt gegen eine Wand.

Tips: Für jeden Graphen beträgt der maximale Abstand vom CBR vier Meter, der minimale Abstand einen halben Meter. Achten Sie darauf, daß sich im *freien Bereich* (siehe Seite 7) keine Objekte befinden.



- 2 Starten Sie das RANGER-Programm (auf Seite 5 finden Sie die Tasteneingaben für die verschiedenen Taschenrechner).
- 3 Wählen Sie aus dem Menü MAIN MENU den Eintrag APPLICATIONS und dann METERS.
- 4 Wählen Sie aus dem Menü APPLICATIONS den Eintrag DISTANCE MATCH. Nun werden allgemeine Anweisungen angezeigt. DISTANCE MATCH kümmert sich automatisch um die Einstellungen.
- 5 Drücken Sie **[ENTER]**, um den zur Übereinstimmung zu bringenden Graphen anzuzeigen. Nehmen Sie sich einen Moment Zeit, den Graphen zu studieren.
Beantworten Sie die Fragen 1 und 2 des Arbeitsblattes.
- 6 Stellen Sie sich an die Stelle, von der Sie annehmen, daß der Graph dort beginnt. Drücken Sie **[ENTER]**, um mit der Meßsequenz zu beginnen. Während der Meßsequenz hören Sie ein klickendes Geräusch und sehen das grüne Licht leuchten.
- 7 Gehen Sie vor und zurück, und versuchen Sie, den Graphen zur Übereinstimmung zu bringen. Ihre Position wird auf dem Bildschirm aufgezeichnet.
- 8 Untersuchen Sie nach Ende der Meßsequenz, wie gut Sie den Graphen getroffen haben, und **beantworten Sie dann Frage 3.**
- 9 Drücken Sie **[ENTER]**, um das Menü OPTIONS aufzurufen, und wählen Sie den Eintrag SAME MATCH. Versuchen Sie, Ihre Gehtechnik zu verbessern, und **beantworten Sie dann die Fragen 4, 5 und 6.**

Untersuchungen

Im Programm DISTANCE MATCH bestehen alle Graphen aus drei geradlinigen Segmenten.

- ❶ Drücken Sie **[ENTER]**, um das Menü OPTIONS aufzurufen, und wählen Sie den Eintrag NEW MATCH. Untersuchen Sie das erste Segment, und **beantworten Sie die Fragen 7 und 8**.
- ❷ Untersuchen Sie den gesamten Graphen, und **beantworten Sie die Fragen 9 und 10**.
- ❸ Stellen Sie sich an die Stelle, von der sie annehmen, daß der Graph dort beginnt. Drücken Sie **[ENTER]**, um die Meßsequenz zu starten, und versuchen Sie, den Graphen zur Übereinstimmung zu bringen.
- ❹ Nach dem Ende der Meßsequenz **beantworten Sie die Fragen 11 und 12**.
- ❺ Drücken Sie **[ENTER]**, um das Menü OPTIONS aufzurufen, und wählen Sie den Eintrag NEW MATCH.
- ❻ Untersuchen Sie den Graphen, und **beantworten Sie die Fragen 13, 14 und 15**.
- ❼ Drücken Sie **[ENTER]**, um das Menü OPTIONS aufzurufen. Wiederholen Sie je nach Wunsch das Experiment, oder kehren Sie zum Menü MAIN MENU zurück, und wählen Sie dort QUIT zum Verlassen des RANGER-Programms.

Weitergehende Untersuchungen

Die von DISTANCE MATCH erzeugten Graphen bestanden aus geraden Linien. Versuchen Sie nun VELOCITY MATCH. Hier müssen Sie Übereinstimmung mit einem Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm herstellen, was wesentlich schwieriger ist.

MATCH ist ein sehr populäres Programm. Möglicherweise sind bereits zusätzliche Versionen verfügbar, mit denen kompliziertere Graphen untersucht werden (siehe Seite 36).

Experiment 1 - Graph treffen

Name _____

Datenerhebung

1. Welche physikalische Größe wird auf der X-Achse aufgetragen? _____
Welche Einheit wird verwendet? _____ Wie ist der Abstand der Skalenmarkierungen? _____
Welche physikalische Größe wird auf der Y-Achse aufgetragen? _____
Welche Einheit wird verwendet? _____ Wie ist der Abstand der Skalenmarkierungen? _____
2. Wie weit entfernt vom CBR sollten Sie Ihrer Meinung nach zu Beginn stehen? _____
3. Standen Sie zu Beginn zu nah, zu weit oder genau richtig? _____
4. Sollten Sie bei einem steigenden Segment vor oder zurück gehen? _____
Warum? _____
5. Sollten Sie bei einem fallenden Segment vor oder zurück gehen? _____
Warum? _____
6. Wie sollten Sie sich bei einem konstanten Segment verhalten? _____
Warum? _____

Untersuchungen

7. Wie lang sollte ein Schritt sein, wenn Sie jede Sekunde einen Schritt machen? _____
8. Wieviele Schritte müssen Sie machen, wenn Sie stattdessen Schritte von einem Meter (oder 25 cm) machen? _____
9. Bei welchem Segment müssen Sie sich am schnellsten bewegen? _____
Warum? _____
10. Bei welchem Segment müssen Sie sich am langsamsten bewegen? _____
Warum? _____
11. Welche weiteren Faktoren (neben der Entscheidung für eine Bewegung vorwärts oder rückwärts) fließen bei einer exakten Übereinstimmung mit dem Graphen ein? _____

12. Welche physikalische Größe repräsentiert die Steigung (bzw. der Abfall) eines Liniensegments? _____

13. Wieviele Meter müssen Sie in wievielen Sekunden für das erste Liniensegment gehen? _____
14. Wandeln Sie den Wert aus Frage 13 (die Geschwindigkeit) in Meter/Sekunde um: _____
Wandeln Sie den Wert in Meter/Minute um: _____
Wandeln Sie den Wert in Meter/Stunde um: _____
Wandeln Sie den Wert in Kilometer/Stunde um: _____
15. Welchen Weg haben Sie tatsächlich zurückgelegt? _____

Konzepte

Untersuchte Funktion: linear.

Das Konzept der konstanten Geschwindigkeit wird anhand der Bewegung eines motorisierten Spielzeugautos illustriert.

Materialien

- ✓ Taschenrechner
- ✓ CBR
- ✓ Verbindungskabel
- ✓ Batteriebetriebenes Spielzeugauto
- ✓ TI ViewScreen (optional)

Hinweise

Spielzeugautos unterscheiden sich in Größe, Form und Reflexionswinkel des auftreffenden Ultraschalls. Die sich ergebenden Diagramme können daher in ihrer Qualität variieren. Für manche Autos ist möglicherweise eine zusätzliche reflektierende Fläche anzubringen, um gute Ergebnisse zu erhalten. Versuchen Sie, eine Karteikarte an dem Auto zu befestigen, um ein gutes Ziel für den Sensor zu garantieren.

Sie sollten mehrere dieser Spielzeugautos ausprobieren, damit die Schüler diese Effekte untersuchen können.

Langsamere Spielzeugautos (für jüngere Kinder) sind für dieses Experiment besser geeignet. Suchen Sie nach einem Auto mit annähernd konstanter Geschwindigkeit.

Auf den Seiten 6–12 finden Sie Tips für effektive Messungen.

Untersuchungen

Die Steigung im Weg/Zeit-Diagramm eines beliebigen Objekts gibt dessen Geschwindigkeit zum jeweiligen Zeitpunkt an. Für ein sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegendes Objekt ist daher die Steigung des Weg/Zeit-Diagramms konstant. Das Weg/Zeit-Diagramm zeigt damit eine lineare Beziehung.

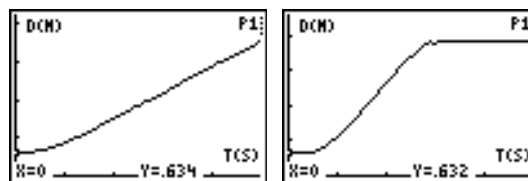
Wenn Sie vor Beginn der Bewegung des Autos mit der Meßsequenz beginnen, werden Sie feststellen, daß das Weg/Zeit-Diagramm zu Beginn nicht linear ist. Warum? Die Bewegung des Autos beginnt aus dem Stillstand ($v = 0$), und es kann nicht sofort seine konstante Geschwindigkeit erreichen. Die Beschleunigung ergibt sich zu:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Damit das Objekt unmittelbar aus dem Stand seine konstante Geschwindigkeit erreicht, müßte $\Delta t = 0$ gelten. Dies jedoch bedingt eine unendliche, physikalisch unmögliche Beschleunigung. (Nach dem zweiten Newtonschen Gesetz ($F = ma$) könnte eine

unendliche Beschleunigung nur aus einer unendlichen, physikalisch ebenfalls unmöglichen Kraft resultieren.) Daher stellen wir in einem bestimmten Zeitraum eine Beschleunigung des Objekts auf seine konstante Geschwindigkeit fest.

Typische Diagramme



Antworten auf die Fragen

1. Das erste oder das letzte Diagramm; der Weg steigt mit einer konstanten Rate an.
2. Die Schüler sollen die mittels TRACE ermittelten Werte eintragen.
3. Die Weg-Werte werden um einen konstanten Betrag größer.
4. Geschwindigkeit ist die Änderungsrate des Wegs über die Zeit; die Werte sind für jedes gleiche Zeitintervall die gleichen.
5. Die Schüler sollten einen Wert ähnlich dem für m berechneten Wert erhalten.
Ähnlich zu m .
 m steht für die Geschwindigkeit des Autos.
6. b ist der Y-Achsenabschnitt; Beispiel: $y = 2x + 0$
7. Variiert; ist m beispielsweise $= 2$, so gilt Weg (y) $= 20$ Meter nach 10 Sekunden ($y = 2 \times 10 + 0$); für eine Minute gilt $y = 120$ Meter.

Weitergehende Untersuchungen

Die Steigung des Geschwindigkeit/Zeit-Diagramms ist bei konstanter Geschwindigkeit gleich Null. Das Beschleunigung/Zeit-Diagramm sollte daher (im Idealfall) während der konstanten Geschwindigkeit $a = 0$ zeigen.

Die Fläche entspricht der Verschiebung des Objekts (tatsächlich zurückgelegte Entfernung) im Zeitintervall von t_1 bis t_2 .

Sofern den Schülern die Integralrechnung bereits bekannt ist, kann diese Verschiebung folgendermaßen berechnet werden:

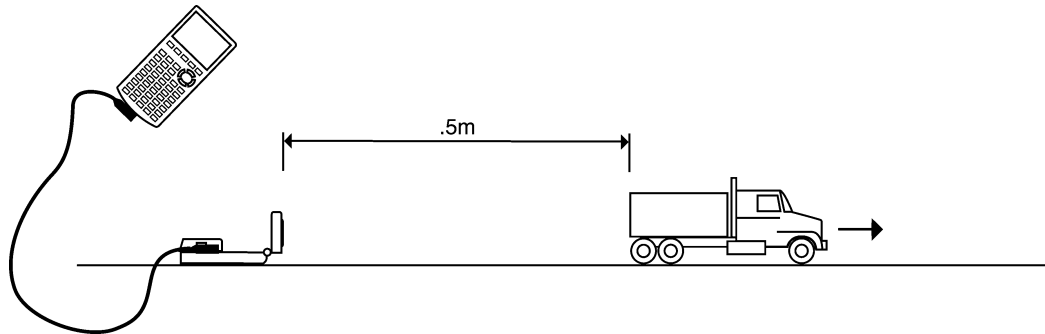
$$s = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$

wobei s die Verschiebung des Objekts im Zeitintervall von t_1 bis t_2 ist.

Datenerfassung

- 1 Positionieren Sie das Auto mindestens einen halben Meter so vom CBR entfernt, daß es vom CBR in einer geraden Linie wegweist.

Tips: Zielen Sie mit dem Sensor direkt auf das Auto, und stellen Sie sicher, daß sich keine Objekte im *freien Bereich* (siehe Seite 7) befinden.



- 2 Bevor Sie mit der Messung beginnen, **beantworten Sie die Frage 1 des Arbeitsblatts**.
- 3 Starten Sie das RANGER-Programm (auf Seite 5 finden Sie die Tasteneingaben für die verschiedenen Taschenrechner).
- 4 Wählen Sie aus dem Menü MAIN MENU den Eintrag SETUP/SAMPLE. Für dieses Experiment gelten folgende Einstellungen:

REALTIME: NO
TIME (S): 5 SECONDS
DISPLAY: DISTANCE
BEGIN ON: [ENTER]
SMOOTHING: LIGHT
UNITS: METRES

Anweisungen zum Ändern der Einstellungen finden Sie auf Seite 38.

- 5 Wählen Sie START NOW.
- 6 Wenn Sie soweit sind, drücken Sie [ENTER]. Starten Sie das Auto, und entfernen Sie sich aus dem *freien Bereich*. Während der Datenerfassung hören Sie ein klickendes Geräusch; auf dem Taschenrechner wird TRANSFERRING... angezeigt.
- 7 Nach Ende der Meßsequenz zeigt der Taschenrechner automatisch ein Weg/Zeit-Diagramm der gesammelten Datenpunkte an.
- 8 Vergleichen Sie das Diagramm mit Ihrer Vorhersage aus **Frage 1**, und bestimmen Sie Ähnlichkeiten und Unterschiede.

Untersuchungen

- ❶ In der Tabelle zu Frage 2 stehen in der ersten Spalte die Werte für x (Zeit) in Halbsekundenintervallen. **Verfolgen Sie das Diagramm, und geben Sie in die zweite Spalte die entsprechenden y -Werte (Abstand, Weg) ein.**
Anmerkung: Geben Sie nur die Werte aus dem linearen Teil des Diagramms ein. Möglicherweise müssen Sie inkonsistente Daten vom Beginn der Messung ignorieren. Außerdem müssen Sie den Abstand möglicherweise annähern (der Taschenrechner gibt Ihnen möglicherweise keinen Wert für exakt die erste Sekunde, sondern einen für 0,957 und einen für 1,01 Sekunden). Nehmen Sie den nächstgelegenen Wert oder eine gute Mittelung.
- ❷ **Beantworten Sie die Fragen 3 und 4.**
- ❸ Berechnen Sie die Änderungen im Weg und in der Zeit zwischen den einzelnen Datenpunkten, um die dritte und die vierte Spalte auszufüllen. Um beispielsweise ΔWeg (Meter) für 1,5 Sekunden zu berechnen, subtrahieren Sie den Weg für 1 Sekunde von dem Wert für 1,5 Sekunden.
- ❹ Die in diesem Experiment illustrierte Funktion lautet $y = mx + b$. m ist die Steigung einer Gerade und wird folgendermaßen berechnet:

$$\frac{\Delta\text{Weg}}{\Delta\text{Zeit}} \text{ oder } \frac{\text{Weg}_2 - \text{Weg}_1}{\text{Zeit}_2 - \text{Zeit}_1} \text{ oder } \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Der Y-Achsenabschnitt repräsentiert b .

Berechnen Sie m für jeden Punkt. **Geben Sie die Werte in die Tabelle zu Frage 2 ein.**

- ❺ **Beantworten Sie die Fragen 5, 6 und 7.**

Weitergehende Untersuchungen

Die Berechnung der Steigung in einem Entfernung/Zeit-Diagramm zu einem beliebigen Zeitpunkt ergibt die ungefähre Geschwindigkeit des Objekts zu diesem Zeitpunkt. Die Berechnung der Steigung eines Geschwindigkeit/Zeit-Diagramms ergibt die ungefähre Beschleunigung des Objekts zu diesem Zeitpunkt. Welche Beschleunigung ergibt sich bei konstanter Geschwindigkeit?

Welches Beschleunigung/Zeit-Diagramm erwarten Sie für dieses Entfernung/Zeit-Diagramm?

Bestimmen Sie für zwei sinnvolle Zeitpunkte t_1 und t_2 die Fläche zwischen dem Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm und der X-Achse. Diese ergibt sich beispielsweise als Summe der Flächen eines oder mehrerer Rechtecke, deren Fläche sich folgendermaßen berechnet:

$$\text{Fläche} = v\Delta t = v(t_2 - t_1)$$

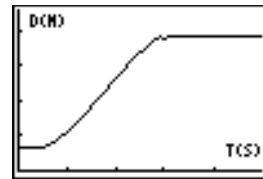
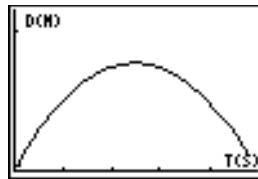
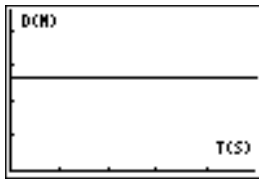
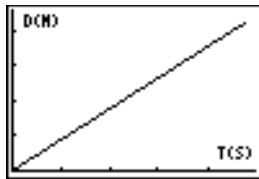
Welche physikalische Größe repräsentiert die sich ergebende Fläche?

Experiment 2 - Spielzeugauto

Name _____

Datenerfassung

1. Welches der folgenden Diagramme erwarten Sie als *Entfernung/Zeit-Diagramm* des Spielzeugautos?



Warum? _____

- 2.

Zeit	Weg	ΔWeg	ΔZeit	m
1		xxx	xxx	xxx
1.5				
2				
2.5				
3				
3.5				
4				
4.5				
5				

3. Was fällt Ihnen bei den Weg-Werten auf? _____

4. Wie erkennt man aus diesen Ergebnissen, daß sich das Spielzeugauto mit konstanter Geschwindigkeit bewegte? _____

5. Berechnen Sie $m = \Delta\text{Weg}/\Delta\text{Zeit}$ zwischen Zeit = 2 und Zeit = 4. _____

Was fällt Ihnen bei diesem Ergebnis auf? _____

Wofür steht Ihrer Meinung nach m ? _____

6. Welchen Wert hat b in der linearen Gleichung $y = mx + b$? _____

Notieren Sie die Gleichung für die Gerade in der Form $y = mx + b$ mit Werten für m und b . _____

7. Wie weit wird sich das Spielzeugauto in 10 Sekunden bewegen? _____

In einer Minute? _____

Konzepte

Untersuchte Funktion: sinusförmig.

Untersuchung einer einfachen harmonischen Bewegung durch Beobachtung eines frei schwingenden Pendels.

Materialien

- ✓ Taschenrechner
- ✓ CBR
- ✓ Verbindungskabel
- ✓ Befestigungsschelle
- ✓ Stoppuhr
- ✓ Pendel
- ✓ Metermaß
- ✓ TI ViewScreen (optional)

Vorschläge für Gewichte:

- Bälle verschiedener Größe (Durchmesser ≥ 5 cm).
- Getränkedosen (leere und volle).
- Sandsäckchen

Hinweise

Auf den Seiten 6–12 finden Sie Tips für effektive Messungen.

Physikalische Zusammenhänge

Die periodische Bewegung eines der Auslenkung von der Ruhelage proportionale Rückstellkraft erfahrenden Objekts wird als einfache harmonische Schwingung bezeichnet. Sie kann durch zwei Größen beschrieben werden:

- Die Periode T ist die Dauer eines vollständigen Zyklus.
- Die Amplitude A ist die maximale Auslenkung des Objekts aus seiner Ruhelage.

Bei einem einfachen Pendel ergibt sich die Periode T wie folgt:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

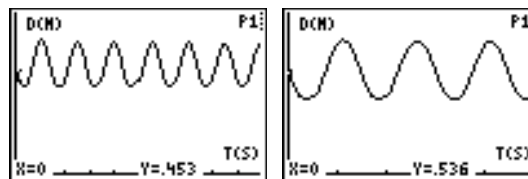
wobei L die Länge des Fadens und g die Erdbeschleunigung (die durch die Erdanziehung hervorgerufene Beschleunigung) ist. T hängt weder von der Masse des Objekts noch von der Amplitude seiner Bewegung ab.

Die Frequenz f (Anzahl vollständiger Zyklen je Sekunde) ergibt sich wie folgt:

$$f = \frac{1}{T}, \quad (f \text{ in Hertz (Hz), } T \text{ in Sekunden})$$

Die Ableitungen sinusförmiger Funktionen sind wiederum sinusförmig. Beachten Sie insbesondere die Phasenbeziehung zwischen Position und Geschwindigkeit des Gewichts.

Typische Diagramme



Typische Antworten

1. variiert (in Meter)
2. variiert (in Meter)
3. variiert (in Sekunden); T (eine Periode) = Gesamtdauer von 10 Zyklen/10; die Mittelwertbildung über einen längeren Zeitraum reduziert Meßfehler.
4. Die Gesamtlänge des Kreisbogens, welche etwa das Vierfache der Antwort zu Frage 2 ist; weil ein Kreisbogen länger ist als eine gerade Linie.
5. sinusförmig, wiederholend, periodisch; Abstand von der X-Achse zur Ruhelage
6. Jeder Zyklus wird horizontal gedehnt; ein über 10 Sekunden gehendes Diagramm muß im gleichen Bildschirmplatz mehr Zyklen darstellen, daher erscheinen die Zyklen näher beieinander.
7. (Gesamtzahl der Zyklen)/(5 Sekunden) = Zyklen/Sekunde; es ist leichter, ganze Zyklen zu erkennen, und es gibt weniger Meßfehler
8. $f = 1/T$, wobei T die Zeit für einen Zyklus ist.
9. verkürzte Periode, verlängerte Periode
(Die Periodendauer hängt unmittelbar mit der Länge des Pendels zusammen: je länger das Pendel, desto länger die Periode. Die Schüler können diesen Zusammenhang mit Hilfe des Listeneditors des Taschenrechners ermitteln, wo sie die Periode für verschiedene Werte von L berechnen können)
10. A (Amplitude) = $\frac{1}{4}$ des vom Pendel in einem Zyklus zurückgelegten Wegs.
11. Beide sind sinusförmig; Unterschiede bestehen in Amplitude und Phase.
12. In der Ruhelage
13. Wenn die Position den größten oder kleinsten Wert hat (wenn das Gewicht seine größte Entfernung von der Ruhelage hat).
14. Keine Auswirkungen. T hängt nur von L und g ab, nicht jedoch von der Masse.

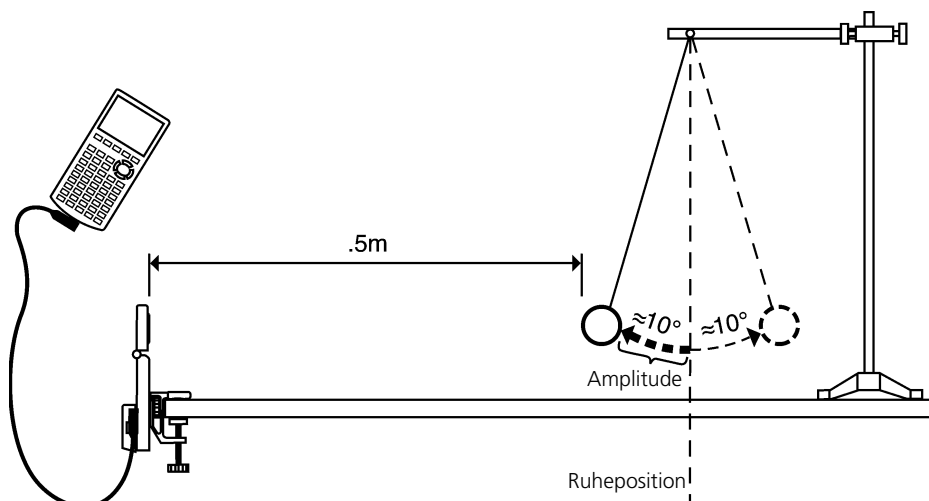
Weitergehende Untersuchungen

Datenerfassung: Das Diagramm von L_2 gegen L_3 bildet eine Ellipse.

Datenerfassung

- 1 Bauen Sie das Pendel auf. Richten Sie das Pendel so aus, daß es in einer direkten Linie mit dem CBR schwingt.

Hinweise: Positionieren Sie den CBR mindestens einen halben Meter von der nächstliegenden Position des Gewichts entfernt. Achten Sie darauf, daß sich keine Objekte im *freien Bereich* (siehe Seite 7) befinden.



- 2 Bestimmen Sie mit Hilfe eines Metermaßes die Entfernung zwischen dem CBR und der Ruheposition. **Beantworten Sie die Frage 1 des Arbeitsblatts.**
Messen Sie, wie weit Sie das Gewicht aus der Ruheposition auslenken werden. **Beantworten Sie die Frage 2.**
- 3 Ein Pendelzyklus besteht aus einem vollständigen Hin- und Zurückschwingen. Bestimmen Sie mit Hilfe einer Stoppuhr die Dauer von zehn vollständigen Zyklen. **Beantworten Sie die Fragen 3 und 4.**
- 4 Starten Sie das RANGER-Programm (auf Seite 5 finden Sie die Tasteneingaben für die verschiedenen Taschenrechner). Am effizientesten ist es, wenn einer das Pendel startet, während ein anderer den Taschenrechner und den CBR bedient. Wählen Sie im Menü MAIN MENU den Eintrag SETUP/SAMPLE.
- 5 Drücken Sie **[ENTER]**, um die Einstellungen anzuzeigen. Für dieses Experiment gelten folgende Einstellungen:
REALTIME: NO
TIME (S): 10 SECONDS
DISPLAY: DISTANCE
BEGIN ON: **[ENTER]**
SMOOTHING: LIGHT
UNITS: METRES
- 6 Anweisungen zum Ändern der Einstellungen finden Sie auf Seite 38. Stimmen die Einstellungen, so wählen Sie START NOW.
- 7 Wenn Sie bereit sind, drücken Sie **[ENTER]**. Während der Datenerfassung hören Sie ein klickendes Geräusch; auf dem Taschenrechner wird TRANSFERRING... angezeigt.
- 8 Nach Ende der Meßsequenz zeigt der Taschenrechner automatisch ein Entfernung/Zeit-Diagramm der gesammelten Daten an. **Beantworten Sie die Frage 5.**

Untersuchungen**Meßsequenz 2**

Wählen Sie im Menü MAIN MENU den Eintrag SETUP/SAMPLE. Ändern Sie im SETUP-Bildschirm die Zeit von 10 auf 5 Sekunden. Wiederholen Sie die Meßsequenz. Untersuchen Sie das Diagramm. **Beantworten Sie die Fragen 6 und 7.**

Der von Ihnen bestimmte Meßwert (Zyklen je Sekunde) wird als **Frequenz** bezeichnet. Während Sie die Frequenz in Frage 7 mit Hilfe des Diagramms ermittelt haben, können Sie diese auch folgendermaßen mathematisch bestimmen:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{wobei } T \text{ die Periode in Sekunden und } f \text{ die Frequenz in Hertz (Hz) ist.}$$

Beantworten Sie die Frage 8.

Meßsequenzen 3 und 4

Wiederholen Sie die 5-Sekunden-Meßsequenz zwei weitere Male. Kürzen Sie zunächst den Faden, und verlängern Sie ihn dann. **Beantworten Sie nach Untersuchung der Diagramme die Frage 9.**

Eine weitere wichtige die Bewegung des Pendels beschreibende Meßgröße ist die **Amplitude**. Die Antwort zu Frage 2 war die Amplitude dieses Pendelschwungs. **Beantworten Sie die Frage 10.**

Weitergehende Untersuchungen**Meßsequenz 5**

Wählen Sie im Menü PLOT MENU den Eintrag VELOCITY-TIME. **Beantworten Sie die Fragen 11, 12 und 13.**

Meßsequenz 6

Wiederholen Sie die Meßsequenz mit einem deutlich schwereren oder leichteren Gewicht, und **beantworten Sie dann die Frage 14.**

Modellieren Sie das Abstand/Zeit-Verhalten des Pendels mit Hilfe der Formel für eine sinusförmige Funktion: $S = A \sin(\omega t + \delta)$, wobei S die aktuelle Position, A die Amplitude, ω die Kreisfrequenz, δ den Phasenwinkel und t die Zeit bezeichnet. Die Kreisfrequenz ω ergibt sich folgendermaßen aus der Periode T : $\omega = 2\pi/T$.

Geben Sie diese Gleichung mit den berechneten Werten für A und ω in den Y= Editor ein. Stellen Sie diese Funktion und das statistische Diagramm von L1 (Zeit) gegen L2 (Abstand) simultan dar. Ändern Sie die Werte für A , ω und δ , bis Sie eine gute Übereinstimmung erhalten. Verwenden Sie auf dem TI-83 oder TI-86 zur Bestimmung dieser Werte eine sinusartige Regression.

Untersuchen Sie das Verhältnis zwischen Position und Geschwindigkeit, indem Sie L2 (Abstand) gegen L3 (Geschwindigkeit) graphisch darstellen. Welches Aussehen erwarten Sie von dem sich ergebenden Diagramm? Vergleichen Sie das tatsächliche Ergebnis mit Ihren Erwartungen.

Experiment 3 - Pendel

Name _____

Datenerfassung

1. Wie groß ist der Abstand vom CBR zur Ruheposition? _____
2. Wie weit werden Sie das Pendel aus der Ruheposition entfernen? _____
3. Wie lange dauerten zehn Zyklen? _____
Bestimmen Sie die Dauer eines vollständigen Zyklus (in Sekunden). _____
Welchen Vorteil bringt es, zehn Zyklen statt nur einen zu stoppen? _____
4. Schätzen Sie unter Verwendung der Antwort zu Frage 2 den in einem Zyklus zurückgelegten Gesamtweg. _____
Warum ist dieser Wert geringer als der tatsächlich in einem Zyklus zurückgelegte Weg? _____
5. Was fällt Ihnen an der Form des Diagramms auf? _____
Wie wird der Wert aus Frage 1 im Diagramm repräsentiert? _____

Untersuchungen

6. Wie ändert sich das Aussehen des Diagramms? Warum? _____

7. Bestimmen Sie anhand der Datenpunkte in Ihrem Diagramm die Anzahl vollständiger Zyklen je Sekunde. _____

Warum ist diese anhand des zweiten Diagramms (mit einer Zeitspanne von 5 Sekunden) leichter zu ermitteln als anhand des ersten Diagramms (mit einer Zeitspanne von 10 Sekunden)? _____
8. Berechnen Sie unter Verwendung der Gleichung die Frequenz. _____
9. Welchen Einfluß hat die Verkürzung des Fadens auf die Periode des Pendels? _____
Welchen Einfluß hat die Verlängerung des Fadens auf die Periode des Pendels? _____
10. Welche Beziehung besteht zwischen der Amplitude des Pendelschwungs und dem Gesamtweg des Pendels in einer Periode? _____

Weitergehende Untersuchungen

11. Vergleichen Sie das Entfernung/Zeit-Diagramm mit dem Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm. Führen Sie Ähnlichkeiten und Unterschiede auf. _____

12. In welcher Position hat das Gewicht die größte Geschwindigkeit? _____
13. In welcher Position hat das Gewicht die geringste Geschwindigkeit? _____
14. Wie beeinflusst eine Änderung des Gewichts das Diagramm? Warum? _____

Konzepte

Untersuchte Funktion: parabolisch.

Konzepte wie frei fallende und springende Objekte, die Gravitation sowie konstante Beschleunigung sind Beispiele für parabolische Funktionen. In diesem Experiment werden die Werte für Höhe, Zeit und der Koeffizient A der quadratischen Gleichung $Y = A(X - H)^2 + K$ untersucht, die das Verhalten eines springenden Balls beschreibt.

Materialien

- ✓ Taschenrechner
- ✓ CBR
- ✓ Verbindungskabel
- ✓ Großer Ball (25 cm)
- ✓ TI ViewScreen (optional)

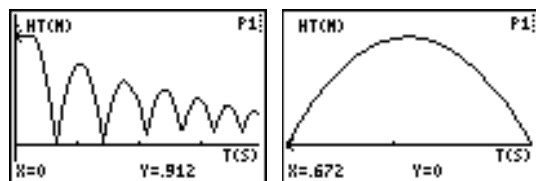
Tips

Dieses Experiment wird am besten von zwei Schülern durchgeführt: Einer hält den Ball und der andere drückt **TRIGGER**.

Auf den Seiten 6–12 finden Sie Tips für effektive Messungen.

Das Diagramm sollte wie ein springender Ball aussehen. Ist dies nicht der Fall, so wiederholen Sie die Messung und achten darauf, daß der CBR unmittelbar senkrecht auf den Ball weist. Es wird empfohlen, einen großen Ball zu verwenden.

Typische Diagramme



Untersuchungen

Wird ein Objekt fallengelassen, so wirkt (unter Vernachlässigung des Luftwiderstands) nur noch die Schwerkraft auf dieses ein. A hängt also von der Erdbeschleunigung $-9,8$ Meter/Sekunde² ab. Das negative Vorzeichen gibt an, daß diese Beschleunigung nach unten gerichtet ist.

Der Wert für A ist etwa die halbe Erdbeschleunigung, also $-4,9$ Meter/Sekunde².

Typische Antworten

1. Zeit (seit Beginn der Messung); Sekunden;
Höhe/Abstand des Balls vom Boden; Meter
2. Anfangshöhe des Balls (die Spitzen repräsentieren die Maximalhöhe der einzelnen Sprünge); der Boden wird durch $y = 0$ repräsentiert.
3. In diesem Experiment repräsentiert das Entfernung/Zeit-Diagramm nicht den Abstand zwischen dem CBR und dem Ball. BALL BOUNCE invertiert die Abstandsdaten, so daß das Diagramm eher den Wahrnehmungen der Schüler

entspricht. Im Diagramm ist $y = 0$ (Bodenberührung des Balls) in Wirklichkeit der Punkt des größten Abstands zwischen Ball und CBR.

4. Die Schüler sollten sich darüber im klaren sein, daß die X-Achse keinen horizontalen Weg, sondern die Zeit repräsentiert.
7. Der Graph für $A = 1$ ist im Verhältnis zum Diagramm invertiert und breiter.
8. $A < -1$
9. Parabolisch konkav aufwärts; konkav abwärts; linear
12. Identisch; mathematisch gesehen repräsentiert der Koeffizient A den Krümmungsgrad der Parabel; physikalisch gesehen hängt A von der durch die Gravitation verursachten Beschleunigung ab, die während des gesamten Experiments konstant bleibt.

Weitergehende Untersuchungen

Die Sprunghöhe des Balls (maximale Höhe für einen Sprung) ergibt sich näherungsweise zu:

$$y = hp^x; \text{ dabei gilt:}$$

- y ist die Sprunghöhe.
- h ist die Höhe, aus der der Ball fallen gelassen wurde.
- p ist eine von den physikalischen Eigenschaften des Balls und des Untergrunds abhängige Konstante.
- x ist die Nummer des Sprungs.

Bei gegebenem Ball und Anfangshöhe nimmt die Sprunghöhe mit jedem Sprung exponentiell ab. Für $x = 0$ ist $y = h$; der Y-Achsenabschnitt repräsentiert somit die Höhe, aus der der Ball fallengelassen wurde.

Interessierte Schüler können aus den erhobenen Daten die Koeffizienten dieser Gleichung bestimmen. Wiederholen Sie das Experiment mit verschiedenen Anfangshöhen, anderen Bällen und/oder anderem Untergrund.

Nach der manuellen Angleichung der Kurve können die Schüler mit Hilfe einer Regressionsanalyse die Funktion ermitteln, die die Daten am besten modelliert. Wählen Sie dazu mittels PLOT TOOLS, SELECT DOMAIN einen einzelnen Sprung aus. Verlassen Sie dann das Menü MAIN MENU mittels QUIT. Befolgen Sie die Betriebsanweisungen des Taschenrechners zur Durchführung einer quadratischen Regression auf den Listen L1 und L2.

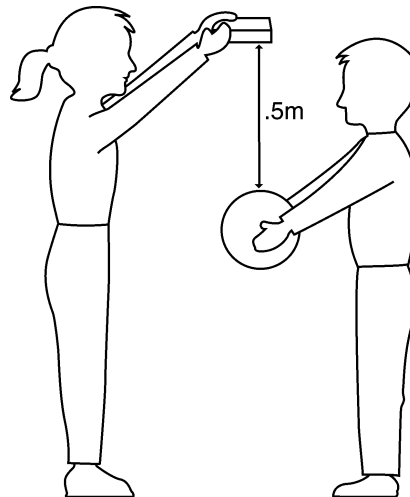
Ergänzungen

Durch Integration des Geschwindigkeit/Zeit-Diagramms erhalten Sie den zurückgelegten Weg für ein beliebiges Zeitintervall. Wie Sie feststellen können, ist dieser Weg für einen vollständigen Sprung (vom Boden bis zurück zum Boden) gleich Null.

Datenerfassung

1. Beginnen Sie mit einem Test. Lassen Sie den Ball fallen (werfen Sie ihn nicht).

Tips: Positionieren Sie den CBR mindestens einen halben Meter über der Höhe des höchsten Sprungs. Halten Sie den Sensor direkt über den Ball und achten Sie darauf, daß sich keine Objekte im *freien Bereich* (siehe Seite 7) befinden.



2. Starten Sie das RANGER-Programm (auf Seite 5 finden Sie die Tasteneingaben für die verschiedenen Taschenrechner).
3. Wählen Sie aus dem Menü MAIN MENU den Eintrag APPLICATIONS. Wählen Sie METER.
4. Wählen Sie aus dem Menü APPLICATIONS den Eintrag BALL BOUNCE. Nun werden allgemeine Anweisungen angezeigt. BALL BOUNCE setzt automatisch die richtigen Einstellungen.
5. Halten Sie den Ball an ausgestreckten Armen. Drücken Sie **ENTER**. Das RANGER-Programm ist nun im Trigger-Modus. Sie können die Verbindung zwischen CBR und Taschenrechner nun lösen.
6. Drücken Sie **TRIGGER**. Wenn das grüne Licht anfängt zu blinken, lassen Sie den Ball los und gehen Sie zurück. (Wenn der Ball zur Seite springt, gehen Sie so mit, daß der CBR weiterhin unmittelbar über dem Ball ist, aber achten Sie dabei darauf, die Höhe des CBR **nicht** zu ändern.)

Während der Erfassung der Daten hören Sie ein klickendes Geräusch. Die Daten für Abstand und Zeit werden erfaßt, die Daten für Geschwindigkeit und Beschleunigung werden berechnet. Sofern Sie die Verbindung zum CBR gelöst haben, stellen Sie diese nach beendeter Datenerfassung wieder her.

7. Drücken Sie **ENTER**. (Wiederholen Sie die Messung, wenn das Diagramm nicht sonderlich gut aussieht.) Untersuchen Sie das Diagramm. **Beantworten Sie die Fragen 1 und 2 des Arbeitsblatts.**
8. Beachten Sie, daß BALL BOUNCE die Abstandsdaten automatisch invertiert hat. **Beantworten Sie die Fragen 3 und 4.**

Untersuchungen

Das Entfernung/Zeit-Diagramm eines Sprungs bildet eine Parabel.

- ❶ Drücken Sie **[ENTER]**. Wählen Sie im Menü PLOT MENU den Eintrag PLOT TOOLS und dann SELECT DOMAIN. Wir wollen den ersten vollständigen Sprung auswählen. Verschieben Sie den Cursor an den Anfang des Sprungs, und drücken Sie **[ENTER]**. Verschieben Sie nun den Cursor auf der Nulllinie an das Ende dieses Sprungs, und drücken Sie wiederum **[ENTER]**. Das Diagramm wird nun neu gezeichnet und ist auf einen einzelnen Sprung fokussiert.
- ❷ Das Diagramm befindet sich nun im TRACE-Modus. Bestimmen Sie den Scheitel des Sprungs. **Beantworten Sie die Frage 5 des Arbeitsblatts.**
- ❸ Drücken Sie **[ENTER]**, um zum Menü PLOT MENU zurückzukehren. Wählen Sie MAIN MENU und dann QUIT.
- ❹ Die *Scheitelform* der quadratischen Gleichung $Y = A(X - H)^2 + K$ ist für diese Analyse angemessen. Drücken Sie **[Y=]**. Deaktivieren Sie im Y= Editor alle eventuell angewählten Funktionen. Geben Sie die Scheitelform der quadratischen Gleichung ein: $Yn=A*(X-H)^2+K$.
- ❺ Speichern Sie im Hauptbildschirm den in Frage 5 für die Höhe festgehaltenen Wert in der Variablen K und den zugehörigen Zeitwert in der Variablen H ; speichern Sie in der Variablen A den Wert 1.
- ❻ Drücken Sie **[GRAPH]**, um den Graphen anzuzeigen. **Beantworten Sie die Fragen 6 und 7.**
- ❼ Versuchen Sie die Werte $A = 2, 0, -1$. **Vervollständigen Sie den ersten Teil der Tabelle zu Frage 8 und beantworten Sie die Frage 9.**
- ❽ Wählen Sie selbst Werte für A , bis Sie eine gute Übereinstimmung mit dem Diagramm finden. **Halten Sie die von Ihnen gewählten Werte für A in der Tabelle zu Frage 8 fest.**
- ❾ Wiederholen Sie das Experiment, aber wählen Sie diesmal den letzten vollständigen Sprung (rechts außen) aus. **Beantworten Sie die Fragen 10, 11 und 12.**

Weitergehende Untersuchungen

- ❶ Wiederholen Sie die Meßsequenz, wählen Sie aber diesmal nicht nur eine Parabel aus.
- ❷ Bestimmen Sie den Zeitpunkt und die Sprunghöhe der aufeinanderfolgenden Sprünge.
- ❸ Bestimmen Sie das Verhältnis zwischen den aufeinanderfolgenden Sprunghöhen.
- ❹ Erläutern Sie die Bedeutung dieses Verhältnisses, sofern es eine hat.

Experiment 4 - Springender Ball

Name _____

Datenerfassung

1. Welche physikalische Größe wird auf der X-Achse aufgetragen? _____
Welche Einheit wird verwendet? _____
Welche physikalische Größe wird auf der Y-Achse aufgetragen? _____
Welche Einheit wird verwendet? _____
2. Wofür steht der höchste Punkt im Diagramm? _____
Der tiefste Punkt? _____
3. Warum hat das Programm BALL BOUNCE das Diagramm invertiert? _____
4. Warum sieht das Diagramm aus wie ein Ball, der über den Boden springt? _____

Untersuchungen

5. Ermitteln Sie die maximale Höhe und die zugehörige Zeit für den ersten vollständigen Sprung. _____
6. Entspricht der Graph für $A = 1$ Ihrem Diagramm? _____
7. Warum oder warum nicht? _____
8. Vervollständigen Sie die folgende Tabelle.

A	Wie verhalten sich das Datendiagramm und der Yn-Graph zueinander?
1	
2	
0	
-1	

9. Was besagt ein positiver Wert für A ? _____
Was besagt ein negativer Wert für A ? _____
Was besagt der Wert 0 für A ? _____
10. Ermitteln Sie die maximale Höhe und die entsprechende Zeit für den letzten vollständigen Sprung. _____
11. Glauben Sie, daß A für den letzten Sprung größer oder kleiner sein wird? _____
12. Wie verhält sich A ? _____
Welche Bedeutung hat A Ihrer Meinung nach? _____

Konzepte

Untersuchte Funktion: parabolisch.

Die graphische Darstellung eines Balls, der Rampen mit verschiedenen Steigungen herabrollt, ergibt eine Familie von Kurven, die durch eine Folge von quadratischen Gleichungen modelliert werden können. In diesem Experiment werden die Werte der Koeffizienten der quadratischen Gleichung $y = ax^2 + bx + c$ erforscht.

Materialien

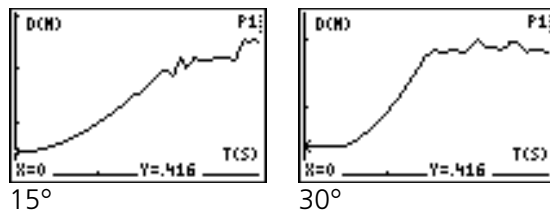
- ✓ Taschenrechner
- ✓ CBR
- ✓ Verbindungskabel
- ✓ Befestigungsschelle
- ✓ großer (25 cm) Ball
- ✓ Lange Rampe (mindestens 2 Meter; eine leichte Tafel eignet sich hierfür gut)
- ✓ Winkelmesser
- ✓ Bücher zum Aufbocken der Rampe
- ✓ TI ViewScreen (optional)

Tips

Diskutieren Sie, wie der Winkel der Rampe gemessen werden kann. Lassen Sie die Schüler hier kreativ sein. Möglichkeiten zur Bestimmung des Winkels sind trigonometrische Berechnungen, gefaltetes Papier oder die Verwendung eines Winkelmessers.

Auf den Seiten 6–12 finden Sie Tips für effektive Messungen.

Typische Diagramme



Typische Antworten

1. Das dritte Diagramm
2. Zeit; Sekunden; Abstand des Objekts vom CBR; Meter

3. variiert (sollte eine aufwärts gerichtete parabolische Kurve sein)
4. Eine Parabel (quadratisch)
5. variiert
6. variiert (sollte eine Parabel mit zunehmender Krümmung sein)
7. 0° ist flach (der Ball kann nicht rollen); 90° entspricht dem freien Fall eines Balls

Untersuchungen

In der Physik ist die Bewegung eines nur der Erdanziehungskraft ausgesetzten Körpers ein populäres Thema. Derartige Bewegungen werden typischerweise durch eine bestimmte Form der quadratischen Gleichung $s = \frac{1}{2}at^2 + v_i t + s_i$ ausgedrückt, wobei folgendes gilt:

- s ist die Position eines Objekts zum Zeitpunkt t
- a ist seine Beschleunigung
- v_i ist seine Anfangsgeschwindigkeit
- s_i ist seine Anfangsposition

In der quadratischen Gleichung $y = ax^2 + bx + c$ repräsentiert y den Abstand zwischen CBR und dem Ball zum Zeitpunkt x , sofern die Anfangsposition des Balls c , seine Anfangsgeschwindigkeit b und die Beschleunigung $2a$ ist.

Weitergehende Untersuchungen:

Da sich der Ball beim Loslassen in Ruhe befindet, sollte b bei jedem Versuch nahezu 0 sein. c sollte etwa der Anfangsabstand (0,5 Meter) sein. a steigt mit dem Winkel der Rampe.

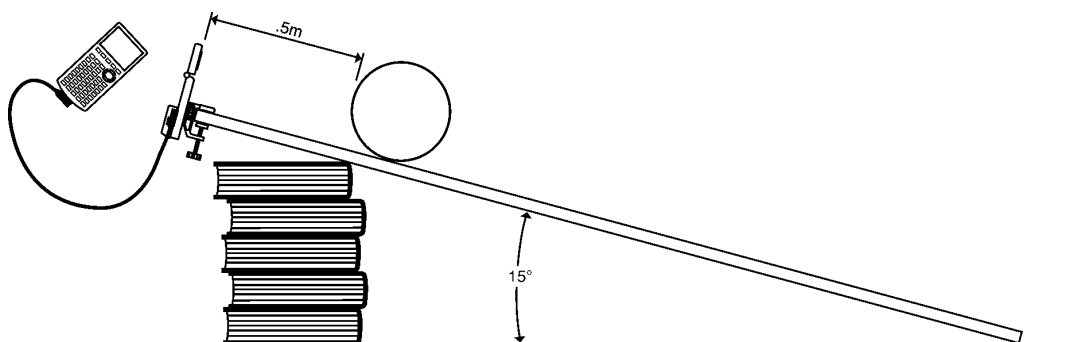
Wenn die Schüler die Gleichung $y = ax^2 + bx + c$ manuell modellieren, müssen Sie möglicherweise Hinweise auf die Werte von b und c geben. Möglicherweise müssen Sie sie auch anleiten, mit ihren Taschenrechnern eine quadratische Regression der Listen L1 und L2 durchzuführen. Die Beschleunigung des Balls wird durch die Erdanziehungskraft bewirkt. Je stärker demnach die Rampe nach unten weist (je größer der Neigungswinkel der Rampe), desto größer wird der Wert für a . Der maximale Wert für a tritt bei einem Winkel von $\theta = 90^\circ$ auf, der kleinste Wert bei $\theta = 0^\circ$. Tatsächlich ist a proportional zu $\sin \theta$.

Datenerfassung

- 1 **Beantworten Sie die Frage 1 des Arbeitsblatts.** Stellen Sie die Rampe auf einen Winkel von 15° ein. Montieren Sie die Schelle am oberen Ende der Rampe, und befestigen Sie den CBR an der Klemme. Öffnen Sie den Sensorkopf, und positionieren Sie diesen parallel zu Rampe. Verbinden Sie den Taschenrechner mit dem CBR.

Markieren Sie in einer Entfernung von einem halben Meter vom CBR einen Punkt auf der Rampe. Lassen Sie einen Schüler den Ball an dieser Marke festhalten, während ein zweiter Schüler den Taschenrechner hält.

Tip: Zielen Sie mit dem Sensor direkt auf den Ball, und achten Sie darauf, daß sich keine Objekte im *freien Bereich* (siehe Seite 7) befinden.



- 2 Starten Sie das RANGER-Programm (auf Seite 5 finden Sie die Tasteneingaben für die verschiedenen Taschenrechner). Wählen Sie aus dem Menü MAIN MENU den Eintrag SETUP/SAMPLE.
- 3 Drücken Sie **[ENTER]**, um die Einstellungen anzuzeigen. Für dieses Experiment gelten folgende Einstellungen:

REALTIME: NO
TIME (S): 3 SECONDS
DISPLAY: DISTANCE
BEGIN ON: **[ENTER]**
SMOOTHING: LIGHT
UNITS: METRES

Anweisungen zum Ändern der Einstellungen finden Sie auf Seite 38.

- 4 Wenn die Einstellungen stimmen, so wählen Sie START NOW. Drücken Sie **[ENTER]**, um mit der Meßsequenz zu beginnen.
- 5 Wenn das klickende Geräusch beginnt, lassen Sie den Ball sofort los (ohne diesem einen Impuls zu geben) und treten zurück.
- 6 Nach Vollendung der Meßsequenz wird automatisch das Entfernung/Zeit-Diagramm angezeigt. **Beantworten Sie die Fragen 2 und 3.**
- 7 Drücken Sie **[ENTER]**, um das Menü PLOT MENU anzuzeigen. Wählen Sie PLOT TOOLS und dann SELECT DOMAIN. Verschieben Sie den Cursor zu dem Punkt, an dem der Ball losgelassen wurde, und drücken Sie dann **[ENTER]**. Verschieben Sie den Cursor nun zu dem Punkt, an dem der Ball das Ende der Rampe erreichte, und drücken Sie erneut **[ENTER]**. Das Diagramm wird neu gezeichnet und zeigt nun den zu der Bewegung des Balls auf der Rampe gehörenden Teil der Messung. **Beantworten Sie die Fragen 4 und 5.**

Untersuchungen

Untersuchen Sie, was bei unterschiedlichen Winkeln geschieht.

- ❶ Machen Sie eine Vorhersage, was bei steigendem Winkel passiert. **Beantworten Sie die Frage 6.**
- ❷ Ändern Sie den Winkel der Rampe auf 30° , und wiederholen Sie die Schritte 2 bis 6. **Übertragen Sie das Diagramm in Ihre Skizze zu Frage 6, und beschriften Sie es mit 30° .**
- ❸ Wiederholen Sie die Schritte 2 bis 6 für die Winkel 45° und 60° , und übertragen Sie die Diagramme in die Skizze.
- ❹ **Beantworten Sie die Frage 7.**

Weitergehende Untersuchungen

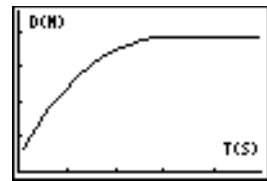
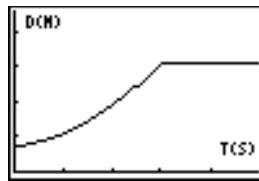
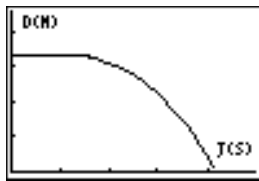
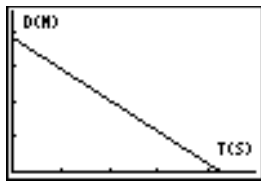
Passen Sie die Zeitwerte so an, daß bei der Anfangshöhe (als der Ball losgelassen wurde) $x = 0$ gilt. Sie können dazu beispielsweise den x -Wert für den ersten Punkt von Hand von allen anderen Punkten Ihres Diagramms abziehen oder die Anweisung $L1(1) \rightarrow A : L1 - A \rightarrow L1$ eingeben.

- ❶ Berechnen Sie die Werte von a , b und c für die Kurvenfamilie der Form $y = ax^2 + bx + c$ bei den Winkeln 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 90° .
- ❷ Welcher ist der kleinste und welcher der größte Wert für a ? Warum?
- ❸ Suchen Sie einen Ausdruck, der den mathematischen Zusammenhang zwischen a und dem Neigungswinkel ausdrückt.

Experiment 5 - Rollender Ball Name _____

Datenerfassung

1. Von welchem dieser Diagramme nehmen Sie an, daß es am besten mit dem *Entfernung/Zeit-Diagramm* eines eine Rampe herabrollenden Balls übereinstimmt?



2. Welche physikalische Größe wird auf der X-Achse aufgetragen? _____

Welche Einheit wird verwendet? _____

Welche physikalische Größe wird auf der Y-Achse aufgetragen? _____

Welche Einheit wird verwendet? _____

3. Skizzieren Sie, wie das Diagramm wirklich aussieht. Beschriften Sie die Achsen. Markieren Sie im Diagramm den Punkt, an dem der Ball losgelassen wurde und an dem er das Ende der Rampe erreichte.



4. Welche Art von Funktion wird durch dieses Diagramm dargestellt? _____

5. Diskutieren Sie, warum sich das von Ihnen in Frage 1 ausgewählte Diagramm von dem in Frage 3 skizzierten unterscheidet. _____

Untersuchungen

6. Skizzieren Sie, wie das Diagramm Ihrer Meinung nach bei einem größeren Neigungswinkel aussieht (beschriften Sie es mit *Vorhersage*).



7. Skizzieren und beschriften Sie die Diagramme für 0° und 90° :



Wie ändert sich Ihr Unterricht mit dem CBR?

Der CBR ist ein leichtverwendbares System mit Funktionen, die Sie dabei unterstützen, es schnell und einfach in Ihren Unterrichtsplan zu integrieren.

Der CBR bietet gegenüber den in der Vergangenheit verwendeten Datenerfassungsmethoden signifikante Verbesserungen. Diese können zu einer Änderung der Unterrichtseinteilung führen, da die Schüler großes Interesse an der Verwendung realer Daten zeigen.

- Sie werden feststellen, daß Ihre Schüler eine stärkere Beziehung zu den Daten entwickeln werden, da sie diese nicht dem Lehrbuch oder ähnlichen Quellen entnehmen müssen, sondern an der Datenerhebung beteiligt sind. Dies führt dazu, daß Sie die von Ihnen untersuchten Konzepte als real und nicht nur als abstrakte Ideen begreifen. Allerdings führt es auch dazu, daß alle Schüler an der Erhebung der Daten beteiligt sein möchten.
- Die Datenerfassung mit dem CBR ist wesentlich effektiver als Messungen mit Metermaß und Stoppuhr. Aufgrund der durch die höhere Anzahl von Meßwerten bedingten höheren Auflösung und der hohen Genauigkeit eines Ultraschallsensors ergibt sich die Form der Kurven wesentlich eher. So werden Sie weniger Zeit für die Datenerfassung benötigen und haben somit mehr Zeit für die Analyse und Untersuchung.
- Mit dem CBR können die Schüler die Wiederholbarkeit von Beobachtungen sowie Variationen in Was-wäre-wenn-Szenarios untersuchen. Fragen wie „Ergibt sich die gleiche Parabel, wenn wir den Ball aus einer größeren Höhe fallen lassen?“ und „Ist die Parabel des ersten Sprungs identisch mit der des letzten Sprungs?“ ergeben sich als wertvolle Ergänzung ganz von selbst.
- Die Macht der Visualisierung bewirkt, daß die Schüler die graphisch dargestellten Listendaten schnell mit den durch sie beschriebenen physikalischen Größen und mathematischen Funktionen assoziieren.

Weitere Änderungen ergeben sich, sobald Daten aus realen Ereignissen erfaßt werden. Der CBR ermöglicht es Ihren Schülern, die zugrundeliegenden Beziehungen numerisch und graphisch zu erforschen.

Graphische Erforschung von Daten

Die automatisch erstellten Diagramme von Abstand (Weg), Geschwindigkeit und Beschleunigung gegen die Zeit können Sie für Fragestellungen wie die folgenden verwenden:

- Welche physikalische Bedeutung hat der Y-Achsenabschnitt? Welche der X-Achsenabschnitt? Welche die Steigung, das Maximum, das Minimum? Welche die Ableitungen, die Integrale?
- Welcher Funktionstyp (linear, parabolisch usw.) wird durch das Diagramm dargestellt?
- Wie könnten wir die Daten mit einer repräsentativen Funktion modellieren? Welche Bedeutung haben die verschiedenen Koeffizienten der Funktion (z.B. $AX^2 + BX + C$)?

Numerische Erforschung von Daten

Ihre Schüler können zur Erforschung der numerischen Daten ihrem Wissensstand entsprechende statistische Methoden (Mittelwert, Median, Standardabweichung usw.) einsetzen. Wenn Sie das RANGER-Programm verlassen, erinnert Sie eine Meldung an die Listen, in denen im Modus REALTIME=NO die Daten für Zeit, Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung gespeichert sind.

CBR-Diagramme verbinden die reale Welt mit der Mathematik

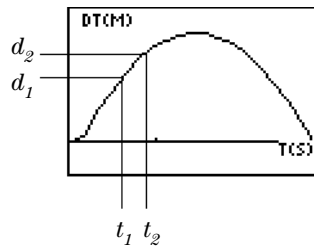
Die aus den mittels RANGER erhobenen Daten erstellten Diagramme bilden eine visuelle Repräsentation der Beziehungen zwischen der physikalischen und der mathematischen Beschreibung von Bewegung. Die Schüler sollten ermuntert werden, die Form des Diagramms zu erkennen, zu analysieren und in physikalischen und mathematischen Begriffen zu diskutieren. Zusätzliche Möglichkeiten zu Entdeckungen ergeben sich, wenn im Y= Editor Funktionen eingegeben und gemeinsam mit den Datendiagrammen dargestellt werden.

- *Entfernung/Zeit-Diagramme* stellen die ungefähre Position eines Objekts (Abstand zum CBR) zu jedem Zeitpunkt während der Datenerhebung dar. Die Einheit der Y-Achse ist dabei Meter, die der X-Achse Sekunde.
- *Geschwindigkeit/Zeit-Diagramme* stellen die ungefähre Geschwindigkeit eines Objekts (relativ und in Richtung zum CBR) zu jedem Zeitpunkt während der Datenerhebung dar. Die Einheit der Y-Achse ist dabei Meter/Sekunde, die der X-Achse Sekunde.
- *Beschleunigung/Zeit-Diagramme* stellen die ungefähre Beschleunigung (Änderungsrate der Geschwindigkeit) eines Objekts (relativ und in Richtung zum CBR) zu jedem Zeitpunkt während der Datenerhebung dar. Die Einheit der Y-Achse ist dabei Meter/Sekunde^2 , die der X-Achse Sekunde.
- Die *erste Ableitung* (aktuelle Steigung) in jedem Punkt eines Entfernung/Zeit-Diagramms ist die Geschwindigkeit zu diesem Zeitpunkt.
- Die *erste Ableitung* (aktuelle Steigung) in jedem Punkt eines Geschwindigkeit/Zeit-Diagramms ist die Beschleunigung zu diesem Zeitpunkt. Sie ist gleich der zweiten Ableitung im entsprechenden Punkt des Entfernung/Zeit-Diagramms.
- Das *bestimmte Integral* (Fläche zwischen dem Diagramm und der X-Achse zwischen zwei beliebigen Punkten) eines Geschwindigkeit/Zeit-Diagramms entspricht der Verschiebung (zurückgelegte Wegstrecke) des Objekts in diesem Zeitintervall.
- Beachten Sie, daß es verschiedene Bedeutungen von *Geschwindigkeit* gibt. Im täglichen Sprachgebrauch wird Geschwindigkeit als skalare Größe verwendet, beispielsweise „20 Meter/Sekunde“; physikalisch gesehen ist Geschwindigkeit jedoch ein Vektor, sie hat also eine Richtung: „20 Meter/Sekunde Richtung Norden“.

Ein typisches CBR-Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm enthält jedoch nur skalare Größen. Es wird nur der Betrag der Geschwindigkeit (der positiv, negativ oder Null sein kann) dargestellt. Die Richtung ergibt sich implizit. Eine positive Geschwindigkeit steht für eine Bewegung vom CBR weg, eine negative für eine Bewegung auf den CBR zu.

CBR mißt den Abstand nur in direkter Linie zum Detektor. Bewegt sich ein Objekt also in einem Winkel, so wird nur die zu der direkten Linie parallele Komponente der Bewegung erfaßt. Beispielsweise zeigt ein sich quer zur direkten Linie zum CBR bewegendes Objekt keine Geschwindigkeit.

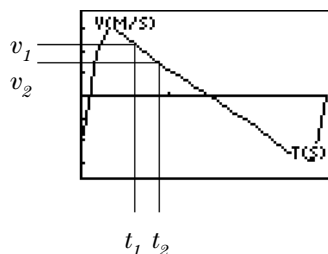
Die Mathematik von Weg (Abstand), Geschwindigkeit und Beschleunigung



Entfernung/Zeit-Diagramm

$$V_{\text{Mittel}} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \text{Steigung im Entfernung/Zeit-Diagramm}$$

$$V_{\text{aktuell}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta d}{\Delta t} \right) = \frac{d(s)}{dt} \quad \text{wobei } s \text{ der Abstand ist}$$



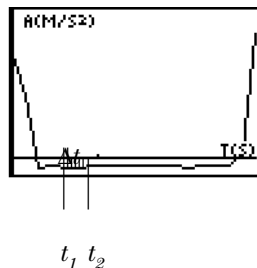
Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm

$$A_{\text{Mittel}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \text{Steigung im Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm}$$

$$A_{\text{aktuell}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt}$$

Die Fläche unter dem Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 ergibt sich zu $\Delta d = (d_2 - d_1)$ als die Verschiebung (zurückgelegte Wegstrecke) zwischen t_1 und t_2 .

$$\text{Es gilt daher } \Delta d = \left(\sum_{t=1}^{t=2} v(\Delta t) \right) \quad \text{oder} \quad \Delta d = \int_{t=1}^{t=2} v(dt)$$



Beschleunigung/Zeit-Diagramm

Informationen für den Lehrer (Forts.)

Internet und Word Wide Web (WWW)

Auf unserer Web-Site <http://www.ti.com/calc> finden Sie unter anderem:

- Eine Liste zusätzlicher Materialien zur Verwendung mit dem CBR, dem CBL und graphischen TI-Taschenrechnern.
- Eine Bibliothek von Programmen zur Verwendung mit dem CBR, dem CBL und graphischen TI-Taschenrechnern.
- Eine Aktivitäten-Seite mit Anwendungen, die von Lehrern wie Ihnen entwickelt und freigegeben wurden.
- CBR-Programme, die zusätzliche Funktionen des CBR nutzen.
- Detailliertere Informationen über die Einstellungen und Programmierbefehle des CBR.

Zusätzliche Quellen

Die Übungsbücher von Texas Instruments enthalten zusätzliche Materialien zu den graphischen TI-Taschenrechnern. Dazu gehören auch Bücher mit cbr-Experimenten für Mathematik- und Physikkurse der Mittel- und Oberstufe.

CBR-Daten werden in Listen gespeichert

Die erhobenen Daten werden in den Listen L1, L2, L3 und L4 gespeichert

Bei der Erfassung von Daten überträgt der CBR diese automatisch zum Taschenrechner, wo sie in Listen gespeichert werden. Jedesmal, wenn Sie das RANGER-Programm verlassen, werden Sie daran erinnert, wo die Daten gespeichert sind.

- L1 enthält Zeitdaten
- L2 enthält Entfernungsdaten
- L3 enthält Geschwindigkeitsdaten
- L4 enthält Beschleunigungsdaten

So repräsentiert beispielsweise das fünfte Element der Liste L1 den Zeitpunkt, zu dem der fünfte Meßwert erfaßt wurde, und das fünfte Element der Liste L2 repräsentiert die Entfernung des Objekts zu diesem Zeitpunkt.

Im Modus REALTIME=YES werden nur die Daten für das angeforderte Diagramm (Weg, Geschwindigkeit oder Beschleunigung) berechnet und übertragen. Im Modus REALTIME=NO werden alle Daten berechnet und übertragen.

Einstellungen werden in der Liste L5 gespeichert

Der Bildschirm RANGER SETUP gestattet die einfache Änderung der meistgebrauchten CBR-Parameter (siehe Seite 38).

Wenn Sie das RANGER-Programm vom CBR übertragen, wird L5 automatisch durch eine neue Liste mit den Standardwerten ersetzt.

Auf den Seiten 40–41 finden Sie Informationen über Programmierbefehle zur Änderung der anderen Einstellungen.

Verwendung der Datenlisten

Die Listen werden beim Verlassen des RANGER-Programms nicht gelöscht. Sie stehen somit für zusätzliche graphische, statistische und numerische Untersuchungen und Analysen zur Verfügung.

Sie können die Listen graphisch gegeneinander auftragen, sie im Listeneditor betrachten und Regressionsanalysen und andere analytische Verfahren durchführen. So könnten Sie beispielsweise mittels RANGER die Daten einer Pendelbewegung erfassen, RANGER verlassen und dann zur Untersuchung elliptischer Funktionen die Geschwindigkeit gegen die Beschleunigung auftragen. (In diesem Fall müssen Sie möglicherweise das Fenster anpassen.)

RANGER-Einstellungen

Ändern der RANGER-Einstellungen

RANGER zeigt vor Beginn der Datenerfassung die gebräuchlichsten Einstellungen an.

- 1 Wählen Sie im Menü MAIN MENU des RANGER-Programms den Eintrag SETUP/SAMPLE. Nun werden die aktuellen Einstellungen angezeigt. ► bezeichnet die Position des Cursors.

MAIN MENU START NOW

REALTIME: → YES oder NO
TIME (S): → TOTAL TIME = 1–99 SEKUNDEN (nur bei REALTIME=NO)
DISPLAY: → DISTANCE, VELOCITY oder ACCELERATION
BEGIN ON: → [ENTER], [TRIGGER], oder 10-SECOND DELAY
SMOOTHING: → NONE, LIGHT, MEDIUM oder HEAVY
UNITS: → METRES oder FEET

- 2 Drücken Sie ▼ oder ▲, um zu der zu ändernden Einstellung zu gelangen.
- 3 Drücken Sie [ENTER], um durch die verfügbaren Optionen zu blättern. Drücken Sie bei der richtigen Einstellung ▼, um zur nächsten Option zu gelangen. Zum Ändern der Zeit geben Sie eine oder zwei Ziffern ein und drücken ▼ oder ▲.
- 4 Wenn alle Einstellungen stimmen, drücken Sie ▼ oder ▲, bis der Cursor auf START NOW steht.
 - Um fortzufahren, drücken Sie [ENTER].
 - Um zum Menü MAIN MENU zurückzukehren, drücken Sie [1] und dann [ENTER].

Die neuen Einstellungen bleiben erhalten, bis Sie SET DEFAULTS oder eine Anwendung aufrufen oder ein anderes Programm starten, das die Einstellungen ändert. Wenn Sie außerhalb des RANGER-Programms L5 ändern oder löschen, können beim nächsten Aufruf des RANGER-Programms die Standardeinstellungen wiederhergestellt werden.

Wiederherstellen der Standardeinstellungen des RANGER

Die Standardeinstellungen eignen sich für eine Vielzahl von Meßsituationen. Wenn Sie sich über die besten Einstellungen nicht klar sein sollten, so beginnen Sie mit den Standardeinstellungen, und ändern Sie diese schrittweise.

- 1 Wählen Sie im Menü MAIN MENU des RANGER-Programms den Eintrag SET DEFAULTS.
Die Einstellungen werden auf die Standardwerte gesetzt, und der SETUP-Bildschirm wird angezeigt.
- 2 Zum Ändern von Einstellungen folgen Sie den obigen Anweisungen.
- 3 Um fortzufahren, positionieren Sie den Cursor auf START NOW und drücken [ENTER].

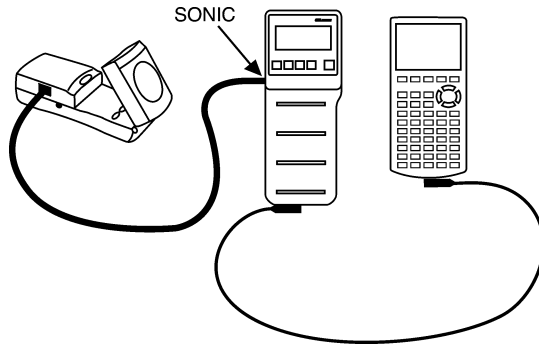
Andere RANGER-Einstellungen

Zwar hat das RANGER-Programm Zugriff auf die gebräuchlichsten Einstellungen, doch verfügt der CBR über weitere Einstellungen. Auf den Seiten 40–41 finden Sie Informationen über Programmierbefehle zur Änderung der anderen Einstellungen.

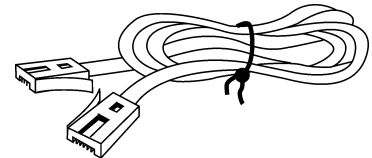
CBR-Einsatz mit dem CBL oder mit CBL-Programmen

Verwendung des CBR als konventioneller Bewegungsdetektor mit dem CBL

Der CBR kann im Zusammenhang mit dem Texas Instruments CBL™-System (calculator based laboratory, taschenrechnerbasiertes Labor) als konventioneller Bewegungsdetektor eingesetzt werden.



Das zur Verbindung des CBR mit dem CBL benötigte Spezialkabel wird mitgeliefert.



Verbinden Sie den CBR nicht mit dem CBL, wenn der CBR mit einem Taschenrechner verbunden ist. In dieser Konfiguration muß der Taschenrechner mit dem CBL verbunden werden.

Möglicherweise müssen Sie das CBL-Programm wie im folgenden erläutert ändern. Das RANGER-Programm funktioniert mit dem CBL nicht.

Verwendung des CBR mit für das CBL geschriebenen Programmen

Sie können ohne oder mit nur geringen Programmänderungen den CBR mit den meisten für nur einen Bewegungsdetektor geschriebenen CBL-Programmen verwenden.

Stoppen der Messung: Bei einigen CBL-Programmen, die Datenerfassung im Modus REALTIME=YES betreiben, hört der CBR nicht mehr mit der Messung auf. Sie haben die beiden folgenden Möglichkeiten, die Meßsequenz am Ende der Meßzeit zu stoppen:

- Drücken Sie **TRIGGER** auf dem CBR.
- Fügen Sie dem vorhandenen CBL-Programm Anweisungen hinzu, um den Befehl {6,0} an den CBR zu senden. Diese Anweisungen müssen ausgeführt werden, nachdem die Daten übertragen und angezeigt wurden. Ein Beispiel:

{6,0}→L6:SEND L6

Ein- und Ausschalten des akustischen Signals: Zum Ausschalten des akustischen Signals können Sie dem vorhandenen CBL-Programm Anweisungen hinzufügen, um den Befehl {6,3} an den CBR zu senden. Diese Anweisungen müssen vor Beginn der Datenerfassung ausgeführt werden. Ein Beispiel:

{6,3}→L6:SEND L6

Zum Einschalten des akustischen Signals starten Sie einfach das RANGER-Programm.

Bei Schwierigkeiten: Wenn Sie ein CBL-Programm laufen lassen, und der CBR scheint nicht zu reagieren oder scheint sich aufgehängt zu haben, so starten Sie das RANGER-Programm. Auf der TI Web-Site (siehe Seite 36) finden Sie möglicherweise eine aktualisierte Version des CBL-Programms.

Programmierbefehle

Befehl 0	System löschen und rücksetzen	{0}
	Löscht alles und stellt die Standardeinschaltwerte wieder her. Kanal 11 wird automatisch ausgewählt.	
Befehl 1	Kanal löschen	{1,0}
	Löscht kanal.	
Befehl 1	Kanal	{1,11,Operation,Nachverarbeitung,0,Temperaturkompensation}
<i>Operation</i>		Auswirkungen
0	(REALTIME=NO)	Löscht alles und stellt die Einschalt-Standardwerte wieder her.
1	(REALTIME=NO)	Meter
2	(REALTIME=NO)	Meter
3	(REALTIME=NO)	Fuß
<i>Operation</i>		Auswirkungen
0	(REALTIME=YES)	Löscht alles und stellt die Einschalt-Standardwerte wieder her.
1	(REALTIME=YES)	Meter, CBR gibt {Abstand,ΔZeit} zurück
2	(REALTIME=YES)	Meter, CBR gibt {Abstand,ΔZeit} zurück
3	(REALTIME=YES)	Fuß, CBR gibt {Abstand,ΔZeit} zurück
4	(REALTIME=YES)	Meter, CBR gibt {Abstand,Geschwindigkeit,ΔZeit} zurück
5	(REALTIME=YES)	Fuß, CBR gibt {Abstand,Geschwindigkeit,ΔZeit} zurück
6	(REALTIME=YES)	Meter, CBR gibt {Abstand,Geschwindigkeit,Beschleunigung,ΔZeit} zurück
7	(REALTIME=YES)	Fuß, CBR gibt {Abstand,Geschwindigkeit,Beschleunigung,ΔZeit} zurück
<i>Nachverarbeitung</i>		Auswirkungen
0	(Standard)	Keine
1	(REALTIME=NO)	d/dt (Erste Ableitung)
2	(REALTIME=NO)	d ² /dt ² (Zweite Ableitung)
<i>Temperaturkompensation</i>		Auswirkungen
0	(Standard)	Deaktiviert die Temperaturkompensation
1		Aktiviert die Temperaturkompensation
Befehl 2	Einrichten der Daten	{2,Datentyp,0,0,0,0,0,0}
<i>Datentyp</i>		Auswirkungen
1	(Standard)	Liste
Befehl 3	Messung/Trigger	{3,Meßzeit,Messungen,Trigger,0,0,0,0,Zeitaufzeichnung,Filter}
<i>Meßzeit</i>		Auswirkungen
0.005–1500 (0.1)		Zeit in Sekunden zwischen den Einzelmessungen
0.0001–0.005		Wird auf 0.005 gerundet
1500<x<16000		Wird auf 1500 gerundet
<i>Messungen</i>		Auswirkungen
-1		Wählt den Datenerfassungsmodus REALTIME=YES aus
1–512 (REALTIME=NO)		1 bis 512 Messungen
<i>Trigger</i>		Auswirkungen
0		Beginnt die Messungen ohne Trigger
1 (Standard)		Beginnt bei Druck auf TRIGGER mit den Messungen
7		Wartet 10 Sekunden und beginnt dann mit den Messungen
<i>Zeitaufzeichnung</i>		Auswirkungen
0 (Standard)		Keine
1 (REALTIME=NO)		Absolute Zeit (startet beim Zeitpunkt 0 und paßt dann die Meßzeit an)
2 (REALTIME=NO)		Relative Zeit (startet beim Zeitpunkt 0 und paßt dann die Meßzeit an)
<i>Filter (siehe auch Befehl 1, Feld Operation)</i>		Auswirkungen
0 (Standard)		Keine Filterung
1 (REALTIME=NO)		5-Punkt-Glättung nach Savitzsky-Golay
2 (REALTIME=NO)		9-Punkt-Glättung nach Savitzsky-Golay
3 (REALTIME=NO)		17-Punkt-Glättung nach Savitzsky-Golay
4 (REALTIME=NO)		29-Punkt-Glättung nach Savitzsky-Golay
5 (REALTIME=NO)		3-Punkt-Median-Schneidefilter
6 (REALTIME=NO)		5-Punkt-Median-Schneidefilter
7 (REALTIME=YES)		Schwacher REALTIME=YES Tracking-Filter
8 (REALTIME=YES)		Mittlerer REALTIME=YES Tracking-Filter
9 (REALTIME=YES)		Starker REALTIME=YES Tracking-Filter

Befehl 4 Temperaturkompensation		{4,GleichungsNr,Gleichungstyp,Temperatur,Einheiten}
<i>GleichungsNr</i>		Auswirkungen
0 (Standard)		Löscht alle Gleichungen
4		Wählt Gleichung 4 aus
<i>Gleichungstyp</i>		Auswirkungen
0 (Standard)		Löscht die Gleichung
13		Wählt die Temperaturkompensation aus
<i>Temperatur</i>		Auswirkungen
Gleitkommazahl		Setzt die aktuelle Temperatur
<i>Einheiten</i>		Auswirkungen
0 (Standard)		Keine (wird vom CBR ignoriert). Setzt die Temperatureinheit auf Celsius
1		Setzt die Temperatureinheit auf Fahrenheit
2		Setzt die Temperatureinheit auf Celsius
3		Setzt die Temperatureinheit auf Kelvin
4		Setzt die Temperatureinheit auf Rankin ($R = F + 459,7$)
Befehl 5 (REALTIME=NO) Einrichten des Datenbereichs		{5,ErsterKanal,Datenauswahl,Datenanfang,Datenende}
<i>ErsterKanal</i>		Auswirkungen
0 (Standard)		Wählt den untersten aktiven Kanal aus
1, 2, 3, 11, 21		Legt den Ultraschallkanal fest
-1		Hält die Zeitliste fest
<i>Datenauswahl</i>		Auswirkungen
0		Filterdaten {Abstand}
1		Filter d/dt-Daten {Geschwindigkeit}
2		Filter d ² /dt ² -Daten {Beschleunigung}
3		Rohdaten {Abstand}
4		Rohdaten d/dt {Geschwindigkeit}
5		Rohdaten d ² /dt ² {Beschleunigung}
<i>Datenanfang</i>		Auswirkungen
1-512		Erstes Datenelement für GET
<i>Datenende</i>		Auswirkungen
0-512		Letztes Datenelement für GET (0 = letzte Messung)
Befehl 6 Systemoptionen		{6,Systembefehl[,Operation]}
<i>Systembefehl</i>		Auswirkungen
0		Stoppt die Messung (zwecks Kompatibilität mit dem CBL)
2 (Standard)		Stoppt die Messung
3		Deaktiviert das beim Einschalten aktivierte akustische Signal
4		Aktiviert das beim Einschalten aktivierte akustische Signal
5		Setzt die ID-Nummer (<i>Operation</i> notwendig)
6		Wendet auf die vorherigen Daten einen neuen Filter an (<i>Operation</i> notwendig)
<i>Operation</i>		Auswirkungen
Gleitkommazahl		ID-Nummer der Form <i>n.nnnnn</i> (<i>Systembefehl</i> = 5)
0-6		Neuer Filter für die zuvor erhobenen Daten (<i>Systembefehl</i> = 6)
Befehl 7 Statusabfrage		{7}
Ergibt eine Liste mit dem folgenden Inhalt:		
10.rrrr		Gerätecode.Romversion
0-99		Letzter Fehlercode (0 = kein Fehler)
0-2		Batteriezustand (0 = OK; 1 = schwach während der Messung; 2 = immer schwach)
11		Bezeichner des Ultraschallkanals
Meßzeit		Aktuelle Meßzeit in Sekunden
Triggerzustand		Aktuell verwendete Triggeroption
Funktion		Aktuelle Kanalfunktion (1-9)
Nachverarbeitung		Aktuelle Nachverarbeitungsoption (0-2)
Filter		Aktuelle Filterebene (0-9)
Messungen		Anzahl verfügbarer Messungen; 0-512 bei REALTIME=NO; -1 bei REALTIME=YES
Zeitaufzeichnungsoption		Zeitaufzeichnungsoption(0-2)
Temperatur		verwendete Temperatur (°C)
Signal		0 = akustisches Signal deaktiviert; 1 = akustisches Signal aktiviert
Systemzustand		1 = nicht eingerichtet; 2 = eingerichtet; 3 = messend; 4 = fertig
Fensteranfang		0 = bisher noch kein Befehl 5 ausgeführt; 1-512
Fensterende		0 = Anzahl der Elemente verwenden; 1-512
ID-Nummer		sechsstellige ID-Nummer (Standard = 0.00000), die durch Befehl 6 (<i>Systembefehl</i> = 5) gesetzt wurde

Batterietyp

Der CBR wurde für den Betrieb mit vier AA-Alkaline-Batterien entworfen. Wenn der CBR mit einem CBL verbunden ist, funktioniert er auch ohne Batterien.

Einsetzen der Batterien

Halten Sie den CBR mit der Oberseite nach unten und schieben Sie den Batteriefachdeckel mit dem Daumen zur Rückseite des CBR. Legen Sie die Batterien entsprechend der Skizze im Batteriefach ein. Zwei Batterien müssen mit dem Pluspol nach oben in die mit + bezeichneten Positionen eingelegt werden, zwei Batterien mit dem Minuspol nach oben in die mit - markierten Positionen. Schieben Sie den Batteriefachdeckel wieder zu. Der CBR ist nun für Messungen bereit.

Warnungen bei schwachen Batterien

Der CBR warnt auf zweierlei Weise bei schwachen Batterien:

- Das RANGER-Programm zeigt beim Versuch einer Messung auf dem Bildschirm des Taschenrechners eine Warnung an.
- Das rote Licht blitzt regelmäßig auf, während der CBR Meßdaten sammelt.

Überprüfung des Batteriezustands

Vor dem Beginn einer Messung können Sie den Zustand der Batterien überprüfen. Wählen Sie dazu im Menü MAIN MENU den Eintrag TOOLS und dann CBR STATUS. Es wird der Batteriestatus OK oder REPLACE (Austauschen) angezeigt.

Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Batterien

- Tauschen Sie immer alle vier Batterien auf einmal aus. Mischen Sie keine verschiedenen Batteriemarken oder Batterietypen einer Marke.
- Legen Sie die Batterien entsprechend den Skizzen im Batteriefach ein.
- Sorgen Sie für eine ordnungsgemäße Entsorgung verbrauchter Batterien. Halten Sie diese von Kindern fern.
- Sie dürfen Batterien nicht erhitzen, verbrennen oder öffnen. Batterien enthalten gefährliche Chemikalien und können explodieren oder auslaufen.
- Mischen Sie keine wiederaufladbaren und nicht wiederaufladbaren Batterien.
- Versuchen Sie nicht, nicht wiederaufladbare Batterien wieder aufzuladen.

Problembehebung

Problem:	Mögliche Abhilfe:
Probleme beim Übertragen des RANGER-Programms oder bei der Datenerfassung	Überprüfen Sie die Verbindung zwischen Taschenrechner und CBR. Stecken Sie immer beide Enden des Kabels fest ein. Überprüfen Sie den Batteriezustand (siehe Seite 42).
CBR beginnt von selbst mit der Erfassung von Daten	Wenn Sie den CBR mit der TRIGGER -Taste nach unten ablegen, kann die TRIGGER -Taste gedrückt werden und die Messung auslösen. Zum Stoppen der Messung drücken Sie erneut auf TRIGGER . Verlassen Sie vor dem Verstauen des CBR ordnungsgemäß das RANGER-Programm (mittels QUIT) bzw. jedes andere CBR- oder CBL-Programm.
Meldung LINK ERROR	Verbinden Sie mit Hilfe des Verbindungskabels den CBR mit dem Taschenrechner. Überprüfen Sie die Verbindung zwischen Taschenrechner und CBR. Stecken Sie immer beide Enden des Kabels fest ein. Wenn Sie den CBR nicht mit dem Taschenrechner verbinden möchten (oder nicht können), so drücken Sie ON zum Abbruch des Programms, und wählen Sie dann QUIT.
Ungenügender Speicher	Sie benötigen ausreichend Speicher für das RANGER-Programm und die Datenlisten. Programm und Listen benötigen etwa 17.500 Bytes. Löschen Sie ggf. andere Programme und/oder Daten.
Taschenrechner entspricht nicht den Anweisungen in den Experimenten	Dieses Handbuch gilt für alle TI-Taschenrechner, die mit dem CBR verwendet werden können. Es kann daher vorkommen, daß manche der in diesem Handbuch erwähnten Menünamen, Bildschirme oder Tastenbezeichnungen nicht exakt mit denen Ihres Taschenrechners übereinstimmen. Nehmen Sie in diesem Fall die nächstliegende Auswahl. Wenn es in der Anweisung beispielsweise heißt: „Wählen Sie DISTANCE MATCH“, so wählen Sie auf dem TI-83 den Eintrag DIST MATCH.
Daten sehen falsch aus: <ul style="list-style-type: none"> ■ Punkte sind nicht auf der Kurve ■ zerklüftete Diagramme ■ flache Diagramme ■ unterbrochene Diagramme 	Wiederholen Sie die Meßsequenz und stellen Sie sicher, daß der CBR direkt auf das Objekt zielt. Beachten Sie die Seiten 6–12 zur effektiven Messung. Überprüfen Sie, daß sich im <i>freien Bereich</i> keine Schüler, Tische oder sonstigen Objekte befinden. Werden im gleichen Raum zwei CBR-Geräte gleichzeitig verwendet, so sollte die erste Gruppe ihre Messung beenden, bevor die zweite Gruppe mit ihrer Messung beginnt. Überprüfen Sie die Verbindung zwischen Taschenrechner und CBR. Stecken Sie immer beide Enden des Kabels fest ein. Überprüfen Sie den Batteriezustand (siehe Seite 42). Überprüfen Sie, ob der Glättungsgrad nicht zu hoch oder niedrig gesetzt ist.
Der CBR funktioniert nicht mit einem TI-85	Überprüfen Sie, ob die Seriennummer auf der Rückseite des Taschenrechners mit „CBL“ endet. Dies kennzeichnet die Kompatibilität mit CBL und CBR. Der TI-85 verfügt über keine statistischen Diagrammfunktionen; daher sind manche Untersuchungen (wie die Verwendung von TRACE auf graphisch dargestellten Daten) mit dem TI-85 nicht möglich.
Das Taschenrechner-CBR-Verbindungskabel ging verloren	Sie können das mit Ihrem Taschenrechner gelieferte Kabel zur Verbindung von Taschenrechnern untereinander verwenden. (Dieses Verbindungskabel ist jedoch wesentlich kürzer, daher sollten Sie ein Ersatzkabel bestellen.)
Häufig leere Batterien	Vor dem Verstauen des CBR sollten Sie das RANGER-Programm ordnungsgemäß (mittels QUIT) beenden (ebenso alle anderen CBR- oder CBL-Programme) und die Verbindung zwischen dem CBR und dem Taschenrechner lösen.
Beim Aufruf des RANGER-Programms geschieht nichts	Wenn Sie das RANGER-Programm bearbeiten oder betrachten, benötigt der Taschenrechner beim nächsten Aufruf bis zu zwei Minuten zur Vorbereitung des Programms. Dies ist völlig normal.
Fehlermeldung: Variable is locked or protected (nur TI-92)	Sie müssen die Variablen L1, L2, L3, L4 und L5 entsperren. Beachten Sie dazu das Handbuch zum Taschenrechner.

Hinweise zu TI Produktservice und Garantieleistungen

Informationen über Produkte und Dienstleistungen von TI

Wenn Sie mehr über das Produkt- und Serviceangebot von TI wissen möchten, senden Sie uns eine E-Mail oder besuchen Sie uns im World Wide Web.

E-Mail-Adresse: ti-cares@ti.com

Internet-Adresse: <http://www.ti.com/calc>

Service- und Garantiehinweise

Informationen über die Garantiebedingungen oder über unseren Produktservice finden Sie in der Garantieerklärung, die dem Produkt beiliegt. Sie können diese Unterlagen auch bei Ihrem Texas Instruments Händler oder Distributor anfordern.

RANGER

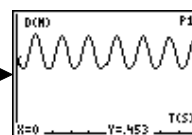
MAIN MENU

SETUP / SAMPLE

SET DEFAULTS

MAIN MENU		▶START NOW
REALTIME:	.	
TIME (S):	.	
DISPLAY:	.	
BEGIN ON:	.	
SMOOTHING:	.	
UNITS:	.	

MAIN MENU		▶START NOW
REALTIME:	YES	
TIME (S):	15	
DISPLAY:	DIST	
BEGIN ON:	CENTER	
SMOOTHING:	NONE	
UNITS:	METERS	



NO
YES

1-99
(REALTIME=NO)

DISTANCE
VELOCITY
ACCELERATION

[ENTER]
[TRIGGER]
DELAY

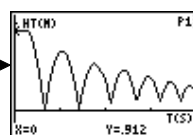
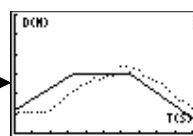
NONE
LIGHT
MEDIUM
HEAVY

METERS
FEET

APPLICATIONS

UNITS
METERS
FEET

APPLICATIONS
DISTANCE MATCH
VELOCITY MATCH
BALL BOUNCE
MAIN MENU



OPTIONS
SAME MATCH
NEW MATCH
APPLICATIONS
MAIN MENU
QUIT

PLOT MENU

REALTIME=NO

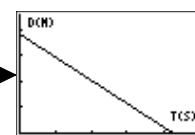
REALTIME=YES

DISTANCE-TIME
VELOCITY-TIME
ACCELERATION-TIME
PLOT TOOLS
REPEAT SAMPLE
MAIN MENU
QUIT

SHOW PLOT
SELECT DOMAIN
REPEAT SAMPLE
MAIN MENU
QUIT

PLOT TOOLS
SELECT DOMAIN
SMOOTH DATA
PLOT MENU

DATA SMOOTHING
LIGHT
MEDIUM
HEAVY
NONE



TOOLS

QUIT

TOOLS
GET CBR DATA
GET CALC DATA
CBR STATUS
STOP/CLEAR CBR
MAIN MENU