

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 1

Sammlung aktueller Beiträge aus der
physikdidaktischen Forschung

ISBN 3 - 7896 - 0090 - 3

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1989

Anmerkung:

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

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Roman Dengler

Auge und Gehirn - Kamera und Computer

Im Rahmen der Bestrebungen die Möglichkeiten der modernen Datenverarbeitung sinnvoll in der experimentellen Lehre (d.h. im Schulunterricht, bei Schülerübungen, in Vorlesungen an der Uni, im Praktikum) anzuwenden, haben wir uns angesichts der vielen verschiedenen Verfahren zum Erfassen von Bewegungsabläufen (z.B. Lichtschranken, stroboskopische Aufnahmen) um eine Vereinheitlichung bemüht. Aus dem gleichzeitigen Wunsch nach universeller Verwendbarkeit und einer einfachen Handhabung entstand die Idee der Objektregistrierung mit Videokamera und Computer (kurz ORVICO). [1]

Die Entwicklungsarbeit und die technischen Details der Methode, die mittlerweile auch in den USA (NTSC-System) Verwendung findet, werden hier nicht beschrieben. Sie finden sich zusammen mit etlichen Beispielen an anderer Stelle [2,3,4,5].

Aber nicht nur in die didaktische Literatur sondern auch in das Medium Fernsehen hat ORVICO bereits Einzug gehalten.

Im Rahmen der Reihe "Beiträge zur informationstechnischen Grundbildung" ist das Bayerische Fernsehen an den Lehrstuhl herangetreten, um ORVICO als eine typische Möglichkeit für die informationstechnische Grundbildung vorzustellen. In der Sendung "Das digitale Auge" wurden das Prinzip der Erfassung, Darstellung und Auswertung von Daten mit Videokamera und Computer erläutert und mehrere Experimente vorgeführt. Im folgenden sei der im Begleitmaterial [6] erschienene Artikel reproduziert.

Das digitale Auge

Inhalt

Autofahrer auf einer Schnellstraße werden bei Geschwindigkeitsübertretungen ertappt, obwohl weit und breit kein verdächtiger Radarwagen in Sicht ist. Das Geheimnis besteht in einer kleinen, unauffälligen Lichtschrankenanlage am Straßenrand, deren Strahlen von den durchfahrenden Autos zweimal unterbrochen werden. Die Signale der Anlage werden dann in einem versteckt aufgestellten Meßwagen ausgewertet.

In Studioexperimenten wird anschließend das Prinzip der Lichtschrankenmessung erläutert und durch mehrere Lichtschranken und Compu-

terauswertung auf die Messung ungleichförmiger Bewegungen ausgeweitet. Weit komfortabler ist aber die Erfassung bewegter Objekte mit einer Videokamera und die anschließende Auswertung der Bewegungsdaten mit einem Personal-Comuter. Diese Möglichkeit eröffnet sich auch dem interessierten Physiklehrer durch das System ORVICO, das an der Universität München entwickelt wurde. Beispiele der Erfassung beschleunigter Bewegungen, periodischer Bewegungen und Beobachtung von Vielteilchenbewegungen vermitteln einen Eindruck von der Einsatzfähigkeit des Systems im Physikunterricht und darüber hinaus auch in anderen Unterrichtsfächern.

Abschließend wird die Experimentierausführung eines "sehenden Autos" gezeigt, bei dem Videokameras charakteristische Merkmale des Straßenverlaufs erfassen. Die Daten werden in einem angeschlossenen Rechner mit Hilfe aufwendiger Programme ausgewertet, der Rechner kann dann weitgehend die Steuerung des Autos übernehmen und so den Fahrer entlasten.

Fakten zum Thema

ORVICO

Video und Computer erleichtern den Unterricht

Zur Untersuchung von Bewegungsabläufen ist in der Regel erheblicher Aufwand erforderlich: Schon bei einem so einfachen Vorgang wie dem freien Fall oder bei Versuchen mit der Fahrbahn benötigt man zur Aufnahme des Ortes und der Geschwindigkeit entweder viele Lichtschranken, die geeignet angeordnet sind, oder viele einzelne Messungen mit jeweils veränderter Stellung einer Lichtschranke. Hierbei ist der Meßeinrichtung mehr Aufmerksamkeit zu widmen, als der eigentlichen Versuchsdurchführung. Beliebte ist auch die stroboskopische Aufnahme. Allerdings ist die Auswertung recht mühsam und das Ergebnis steht nicht sofort zur Verfügung (Filmentwicklung). Bei nicht geradlinigen Bewegungen wächst der Aufwand zur Registrierung erheblich und die entwickelten Verfahren sind nur für ganz spezielle Versuche geeignet.

Deshalb besteht die Forderung nach einem Registrierverfahren, das eine einfache Erfassung von Meßdaten und deren unmittelbare Darstellung und Auswertung erlaubt; dies führt zum Einsatz von Videokamera und Computer, wobei die zusätzlich erforderlichen Investitionen erstaunlich gering sind.

Das hier vorgestellte Verfahren zur "Objektregistrierung mit Videokamera und Computer", kurz "ORVICO", weist darüber hinaus eine Reihe weiterer Vorzüge auf, die im folgenden deutlich werden:

1. ORVICO: Beschreibung des Verfahrens

Um das Beobachtungsobjekt hervorzuheben, wird es mit einem hellen Punkt markiert. Im Signal der Videokamera (jeder normgerechte Schwarzweiß- oder Farbtyp ist geeignet) ist die Information über die Lage des Punktes enthalten. Da ein Fernsehbild aus Zeilen aufgebaut ist, genügt es, diese abzuzählen bis der Punkt zum ersten Mal gefunden ist. Dies ist ein Maß für seine vertikale Koordinate (y). Die horizontale Koordinate (x) ist durch die Position des Punktes innerhalb

dieser Zeile festgelegt. Die Zeitskala ist durch den Bildtakt gegeben. Die für MS-DOS Rechner entwickelte elektronische Schaltung, die aus dem Videosignal computergerechte Daten erzeugt, befindet sich auf einer Karte, die mühelos in einen 62-poligen Erweiterungssteckplatz eines PCs eingesetzt werden kann. Die einzige Verbindung nach außen stellt eine Buchse dar, über die das Videosignal zugeführt wird. Die Steuerung (wie Einstellen des Schwellwertes zur Erkennung des Punktes) erfolgt über die Tastatur bzw. durch die Software und kann am Bildschirm verfolgt werden. Das Programm ermöglicht die direkte (d.h. online-) Darstellung und das Abspeichern der Daten. Die online-Darstellung (es erfolgen 50 Messungen pro Sekunde) liefert z.B. die momentane Lage (x,y) des Punktes (woraus seine Spur entsteht) oder auch Zeit-Weg-Diagramme (t-x, t-y). Die abgespeicherten Daten (t,x,y) können zur späteren detaillierten Auswertung (Bestimmen der Geschwindigkeit usw. und deren graphische Darstellung in Abhängigkeit der Zeit) weiterverwendet werden. Natürlich sind auch "anspruchsvollere" Berechnungen möglich (z.B. Fourieranalyse). Da die Software in Turbo-Pascal abgefaßt ist, kann sie vom ORVICO-Anwender selbst an besondere Aufgaben angepaßt werden.

2. Anwendungsmöglichkeiten

Voraussetzung für die Erfassung, Darstellung und Verarbeitung von Meßwerten mit ORVICO ist ein heller Punkt vor dunklem Hintergrund. Dies kann in der Mechanik durch eine helle Markierung, d.h. durch einen Klebepunkt, weiße Farbe oder eine Lampe bzw. Leuchtdiode (angebracht auf dem sich bewegenden Körper) geschehen. Aber auch bei anderen Versuchen erleichtert ORVICO die Arbeit: Liefert das Experiment z.B. ein elektrisches Signal, das sich am Oszilloskop darstellen läßt, so übernimmt ORVICO bei langsam ablaufenden Vorgängen die Rolle eines Speicheroszilloskops mit dem Vorteil bequemer Weiterverarbeitung der erzielten Meßwerte. Auch das mühsame, zeitraubende Beobachten eines Lichtzeigers (etwa bei der Gravitationsdrehwaage) besorgt die Kamera, und der Computer liefert das Ergebnis.

3. Einsatz im Unterricht

Außer dem Anbringen einer hellen Markierung bei den Versuchen zur Mechanik sind keine Eingriffe ins Experiment nötig. Die Verwendung von ORVICO ist also ohne große Vorbereitungen möglich. Dies gilt im besonderen für Versuche mit Oszilloskop oder Lichtzeiger.

Da das Signal für ORVICO selbstverständlich auch von einem Videorekorder stammen kann ist es möglich Vorgänge außerhalb des Klassenzimmers (z.B. beim Sport) aufzuzeichnen und später auszuwerten. So wird man der immer wieder gestellten Forderung nach Realitätsbezug gerecht.

Stehen mehrere Rechner zur Verfügung lassen sich die auf Diskette abgelegten Meßergebnisse auch im Gruppenunterricht nach verschiedenen Gesichtspunkten auswerten.

Bei der eigenen Erstellung oder der Änderung von Programmteilen können sich darüber hinaus Impulse für den Informatikunterricht (Finden geeigneter Algorithmen u.ä.) ergeben.

Beispiel Fahrbahn: Auf einer geneigten Luftkissenbahn wird der mit einem weißen Klebepunkt markierte Schlitten im Punkt A losgelassen. Er bewegt sich mit zunehmender Geschwindigkeit nach rechts, wird

dort an einer Feder reflektiert und bewegt sich wieder nach links. Aufgrund von Reibungsverlusten (vor allem beim Reflexionsvorgang) erreicht er nicht mehr die Ausgangsposition.

Interessiert man sich für Details, so kann man bei der Aufnahme die Zoomeinstellung der Kamera geeignet wählen oder wie bei diesen Bildern - durch das Programm einen Ausschnitt herausgreifen (Fig. 1).

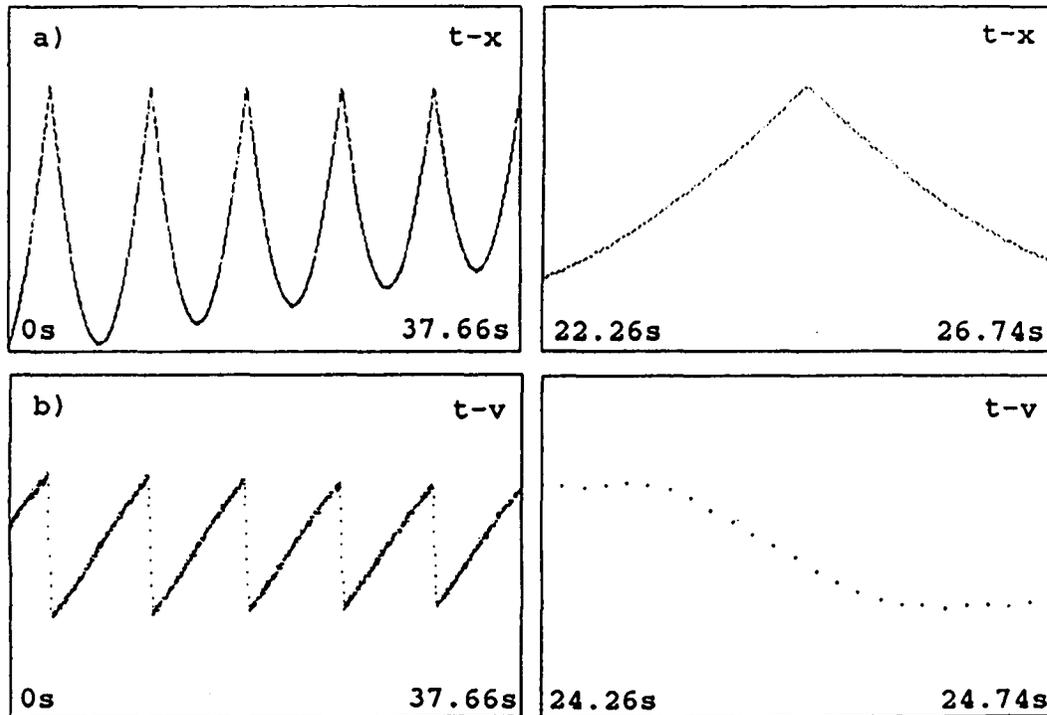


Fig. 1 a) t-x-Diagramm b) t-v-Diagramm

Am Schluß soll ein physikalisch anspruchsvolleres und auch für Studenten attraktives Anwendungsbeispiel für ORVICO stehen: Die empirische Erarbeitung der Trägheitskräfte im rotierenden System. Hierzu die entsprechende Passage aus einer der letzten Arbeiten.

Moving frames of reference

The frame of reference in all ORVICO recordings obviously rests within the camera (in the examples described above the camera was on rest in the laboratory). All consequences concerning moving frames of reference may be drawn from the data delivered by a moving camera. As an example, we show the fictitious forces derived from the data delivered by a rotating camera. The idea to use a rotating camera certainly is not new (for example see Daw [7]), but still, the method to collect the data and process them by ORVICO to us seems to be new.

The camera is fixed to a horizontal rotating table (angular speed $\vec{\omega}$), and it is looking vertically upward. Above the camera, a horizontal air track is mounted; the slider on it is marked with a bright spot vi-

sible for the camera from below, and it moves with constant speed along the air track. Fig. 2 shows this motion seen by the rotating camera.

With this stroboscopic picture the interpretation towards the appearance of fictitious forces may be performed, either point by point evaluating for apparent speed ($\vec{v}' = d\vec{r}/dt$) and force ($\vec{F}_{tot} \sim d^2\vec{r}/dt^2$), or directly by using the stored data and software. The result of the latter evaluation is displayed by the inserted arrows. The total force, \vec{F}_{tot} (heavy arrows), in each instant can be represented by two components: A force \vec{F}_{cf} which always points outward from the center of rotation (M), and a force \vec{F}_{co} which always is perpendicular to the apparent speed \vec{v}' . \vec{F}_{cf} is the centrifugal force (note that its magnitude comes out to be proportional to the magnitude of \vec{r} towards M; the dependence on $\vec{\omega}$ only can be shown with another recording, employing another $\vec{\omega}$ for the table; the total outcome is $\vec{F}_{cf} \sim r\omega^2$); \vec{F}_{co} is the Coriolis force (note that its magnitude comes out to be proportional to v' ; again to show the dependence on $\vec{\omega}$ requires another recording; the total outcome is $F_{co} \sim v'\omega$).

This inductive way of treatment of course cannot replace the usual theoretical considerations, but still, it might help to induce a better kind of physics intuition, which perhaps sometimes is missed to be cultivated.

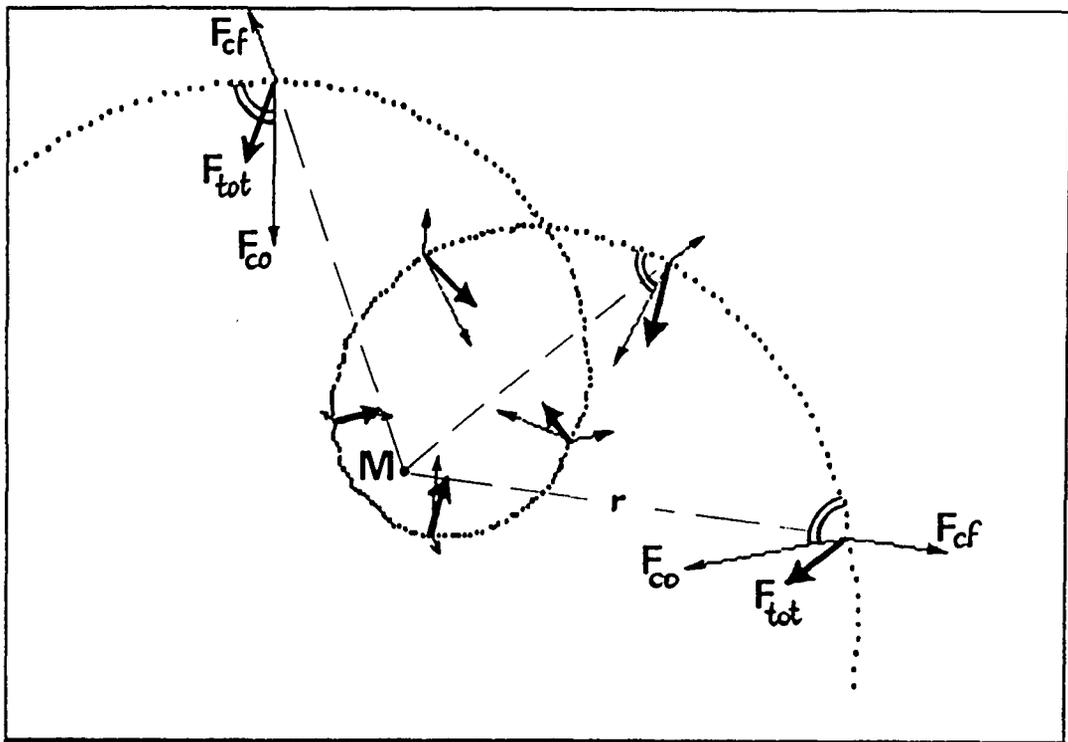


Fig. 2
Rotating camera: Trace of a body moving with $\vec{v} = \text{const}$ in an inertial system; stroboscopic mode. Arrows are calculated by computer, but optically enhanced by hand (the screen display does this by using different colours). \vec{F}_{tot} as derived from $d^2\vec{r}/dt^2$; \vec{F}_{cf} (pointing outwards from center of rotation, M) and \vec{F}_{co} (perpendicular to trace) in their magnitudes are defined such, that $\vec{F}_{cf} + \vec{F}_{co} = \vec{F}_{tot}$. The result is $F_{cf} \sim r\omega^2$; $F_{co} \sim v'\omega$.

Literatur:

- [1] R. Dengler, K. Luchner, R. Worg
ORVICO - Eine neue Methode zur Auswertung von Bewegungsvorgängen
in: PhuD 2, 1987 (128-131)

- [2] R. Dengler, K. Luchner
"ORVICO - Objektregistrierung mit Videokamera und Computer"
in: Tagungsbericht DPG 1987

- [3] R. Dengler, K. Luchner
"Experimente mit dem Datenerfassungssystem ORVICO"
in: Tagungsbericht DPG 1988

- [4] R. Dengler
"Erfassen, Darstellen und Auswerten von Meßdaten mit ORVICO"
in: BUS 15 (1988)

- [5] R. Dengler, K. Luchner
"Object Recording by Video and Computer"
in: European Journal of Physics 10 (1989) 106-110

- [6] R. Dengler
"Das digitale Auge"
in: Familie und Schule Heft 9, Mai 1989

- [7] Daw H.A., 1987, American Journal of Physics, 55, 11, p.733