Kurven

10. Februar 2012

1 Einführung

In diesem Modul untersuchen Sie Bewegungen, die Sie zuvor selbst auf einem Video aufgezeichnet haben. Sie können dabei viele völlig unterschiedliche Ideen verwirklichen:

- Interessiert Sie die Kurve, die ein Kopf beim „normalen“ Gehen beschreitet?
- Welchen Verlauf nimmt der Körperschwerpunkt beim Tiefstart zum 100m-Lauf im Vergleich zum Hochstart?



- Wie bewegt sich der Körperschwerpunkt beim Weitsprung?
- Wie sieht es aus mit der Bewegung eines Katzenauges beim fahrenden Fahrrad?



- Wie sieht der Einparkvorgang eines Bobby Cars (siehe Modul 3 „Die Einparkformel“) „in Wirklichkeit“ aus – und wie steht es um den Vergleich mit den theoretischen Ergebnissen?
- Welche Kurve nimmt ein hochgeworfener/ein springender/ein geprellter Ball?
- usw.

Das Ziel ist dabei
1. die Darstellung der Bewegung mittels eines Videos,
2. die Analyse des Videos mit einem entsprechenden Analyseprogramm und
3. die Übertragung der Ergebnisse in eine Exceltabelle inklusive der entsprechenden graphischen Darstellung.

Als optionaler 4. Punkt könnte sich die numerische Auswertung anschließen (hier würden z. B. physikalische Fragestellungen im Vordergrund stehen: Welche Kraft wird beim Tiefstart im Vergleich zum Hochstart aufgewendet? usw.). Da hierzu aber mächtige Computeralgebrasysteme (CAS) wie Mathematica, Maple oder andere benötigt werden, um eine differenzierbare Spline-Darstellung zu erhalten, muss dies eigenen Studien vorbehalten bleiben.

2 Videoaufzeichnung

Nehmen Sie – womöglich erst nach dem Durcharbeiten von Kapitel 3 und 4 – eine Bewegung mit einer Kamera auf. Schon die Videokamera eines neueren Handys reicht in aller Regel völlig aus. Um das Ergebnis nicht zu verfälschen, sollte die Kamera möglichst nicht bewegt werden. Die Bewegung sollte außerdem nur in zwei räumlichen Dimensionen geschehen.
Markieren Sie auf dem bewegten Objekt zuvor einen Punkt farbig so, dass er sich von der Umgebung deutlich absetzt. Das macht es Ihnen (und dem Programm) später leichter, die Bewegung zu verfolgen.

© Dr. A. Bornhoff, Dr. A. Rolf, Dr. J. Rolf 2012

Achten Sie darauf, dass Ihr Video nicht allzu lang wird. Es reichen schon 1-2 Sekunden (das sind dann ja schon 25-50 Einzelbilder!); länger als 12 Sekunden sollte die Bewegung zunächst nicht dauern.
Übertragen Sie den Videoclip auf den Computer.

3 Videoanalyse mit Kinovea

3.1 Einführung

Zur Einführung in das Programm Kinovea (auf den Schulrechnern installiert oder unter www.kinovea downloaden), mit dem die Videoanalyse erfolgt, verwenden wir das Beispielvideo spacebal.avi, ein kurzes Video mit einem doppelten Pendel (siehe www.langemathenacht.de).
Öffnen Sie zunächst das Programm Kinovea und machen Sie sich mit den grundlegenden Bedienelementen vertraut:

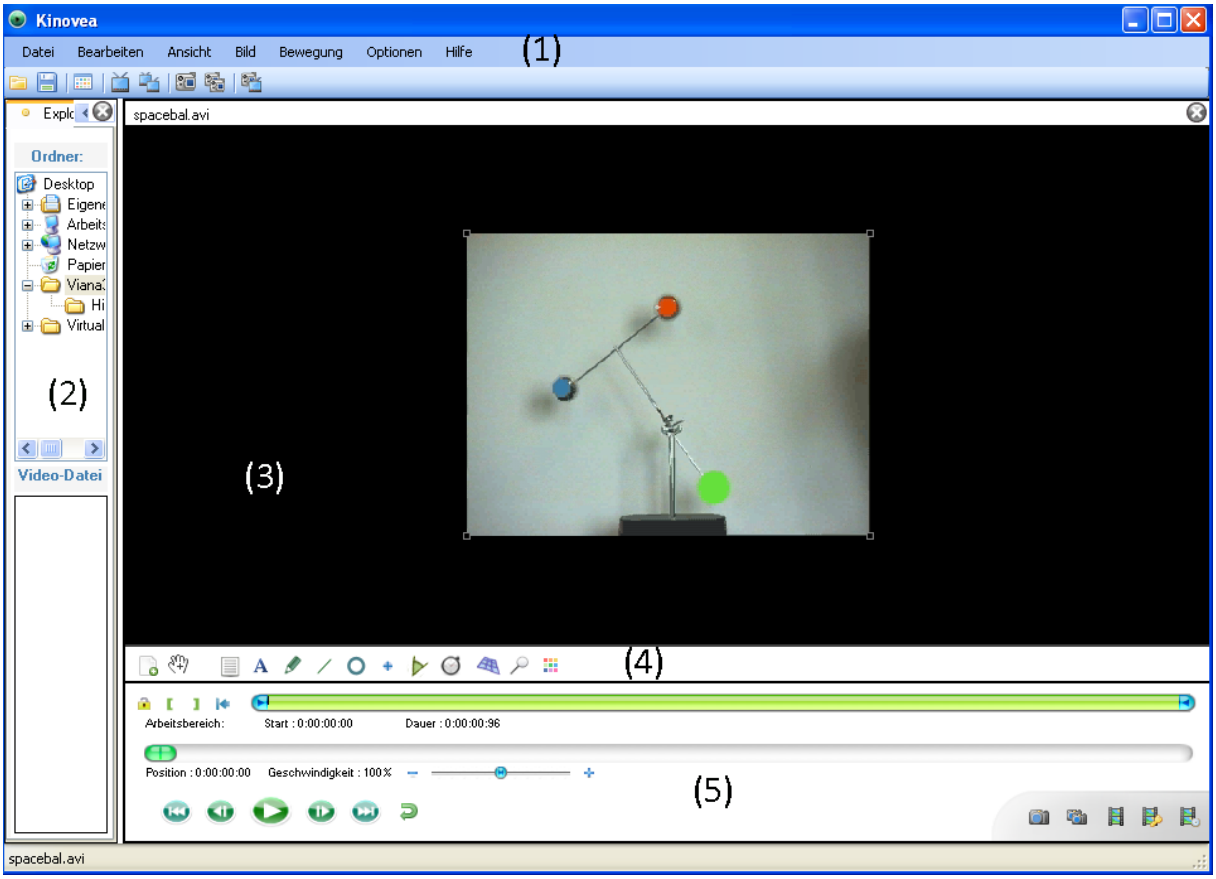


Abb. 1: Die Struktur des Programmfensters von Kinovea

Unterhalb der Menüleiste (1) befindet sich – neben einigen Icons zur Fensterdarstellung – das Videofenster (3). Links daneben ist der Dateibrowser (2). Der Bereich unterhalb des Videofensters ist zweigeteilt: Ganz unten sehen Sie die Schaltknöpfe zur Videosteue-

rung und Geschwindigkeitsanpassung (5), darüber sind die Icons zur eigentlichen Analyse zu finden(4). Dieser Bereich erweitert sich, wenn Sie einzelne Videobilder bearbeiten und als Schlüsselbilder speichern.
Generell können Sie die Werkzeuge aus dem Bereich (4) auf einzelne/alle Videobilder anwenden. Anschließend können Sie in das Bild klicken und z. B. wie in einem Grafikprogramm an den Eckpunkten ziehen (um z. B. Linien zu verändern), oder Sie machen einen Rechtsklick, um weitere Optionen zu bekommen.

3.2 Kalibrierung

Öffnen Sie durch den entsprechenden Befehl in der Menüleiste die Datei Spacebal.avi, die Sie zuvor von www.langemathenacht.de heruntergeladen haben. Vergrößern Sie das Videofenster und spielen Sie das Video ab.
Verändern Sie die Abspielgeschwindigkeit, klicken Sie das Video Bild für Bild durch und probieren Sie auch die weiteren Schaltflächen einmal aus.

Für die weitere Arbeit ist die Kalibrierung wichtig: Damit Kinovea vernünftige Daten ausgibt, müssen zunächst der gedacht „Ursprung“ eines Koordinatensystems und eine zuvor gemessene Länge eingegeben werden.

Legen Sie zuerst den Koordinatenursprung fest: Klicken Sie in der Menüleiste auf den Befehl Bild: Koordinatenursprung setzen. Klicken Sie dann im Video auf einen geeigneten Punkt, z. B. auf den Sockel des Standfußes.

Anschließend kalibrieren Sie eine Länge: Verwenden Sie z. B. als Grundmaß den Abstand des blauen und roten Endes des Pendels. Klicken Sie dazu im Bereich (4) von Kinovea auf das Werkzeug „Linie/Längenmessung“. Anschließend markieren Sie im Video die zu messende Länge. Mit einem Rechtsklick auf die erzeugte Linie gelangen Sie zum Optionsfenster; dort wählen Sie den Befehl „Messung kalibrieren“.



Abb. 2: Kalibrierung einer Länge

Geben Sie im dann folgenden Fenster z. B. „20 cm“ für die tatsächliche Länge ein und bestätigen Sie mit „Anwenden“.

3.3 Verfolgung einer Bewegung

Nun wollen wir zunächst die Bewegung des roten Pendelendes verfolgen. Dazu klicken Sie im Videofenster mit einem Rechtsklick auf den roten Punkt und wählen im Optionsmenü den Befehl „Verfolge Trajektorien“. Unter einer Trajektorie versteht man den Bewegungspfad eines Objektes. Wenn das zu verfolgende Objekt sich gut vom Hintergrund abhebt, kann Kinovea nun selbstständig den Bewegungspfad aufzeichnen; dazu klicken Sie einfach auf „Abspielen“ (im Bereich (5)). Das Ergebnis sollte etwa so wie in Abb. 3 aussehen:

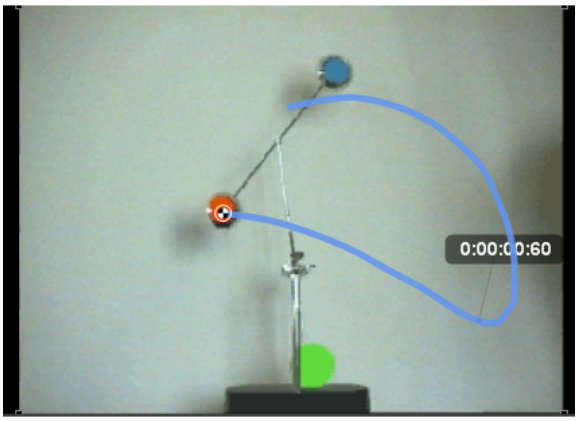


Abb. 3: Bewegungspfad des roten Punktes

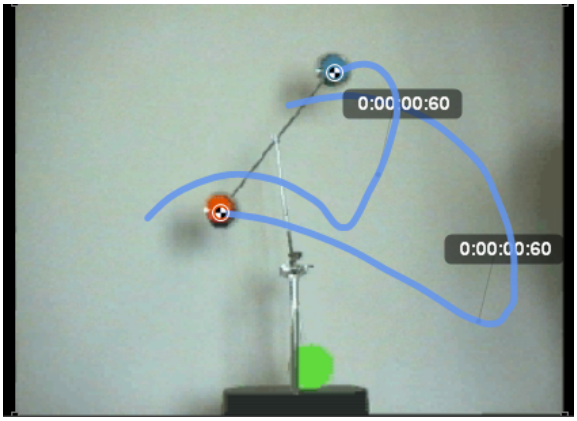


Abb. 4: Pfade des roten und blauen Punktes

Kinovea kann mehrere Bewegungen gleichzeitig verfolgen; klicken Sie also – nachdem Sie an den Anfang des Videos zurückgesprungen sind – mit der rechten Maustaste auf den blauen Punkt und fügen Sie eine weitere Trajektorie hinzu (Abb. 4).

Tipp: Sollte sich der zu verfolgende Punkt nicht so ideal vom Hintergrund abheben wie im Beispielvideo, dann können Sie sich auch Bild für Bild durch das Video klicken und die Position im Videofenster manuell korrigieren.

3.4 Weitere Optionen

Kinovea bietet die Option, die Trajektorien zu konfigurieren. Neben Farbanpassung und Darstellung ist besonders die Möglichkeit interessant, den zurückgelegten Weg oder die Geschwindigkeit eines bewegten Objektes anzuzeigen. Klicken Sie dazu z. B. auf den roten Punkt mit der rechten Maustaste und wählen Sie im Optionsmenü „Konfigurieren“. Unter Messung wählen Sie dann, ob der zurückgelegte Weg oder die Momentangeschwindigkeit des Objektes angezeigt werden soll. (Abb. 5)

© Dr. A. Bornhoff, Dr. A. Rolf, Dr. J. Rolf 2012

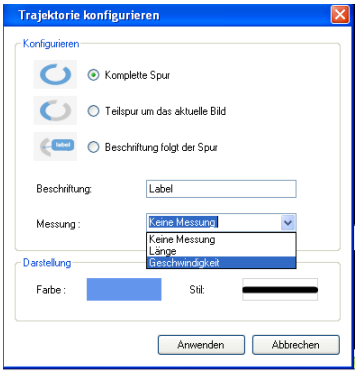


Abb. 5: Anzeige der Momentangeschwindigkeit

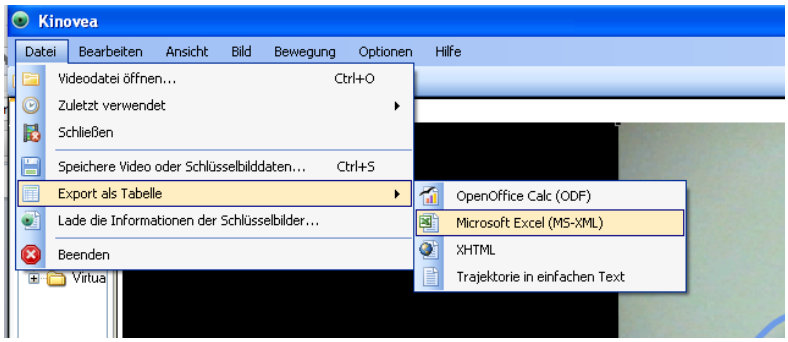
Wählen Sie im Beispiel die Geschwindigkeit. Gehen Sie ebenso für den blauen Punkt vor und ermitteln Sie anschließend für jeden Punkt den Moment der maximalen Geschwindigkeit, indem Sie sich Bild für Bild durch das Video klicken. Experimentieren Sie dann auch mit den anderen Optionen im Konfigurationsmenü.

Schön ist auch die Möglichkeit, einzelne Bilder oder die gesamte Filmsequenz als Bildfolge auszugeben. Dies bietet sich etwa für eine Präsentation oder einen Vortrag an. Klicken Sie dazu im Fensterbereich (5) auf einen der Buttons, nachdem Sie zuvor z. B. Trajektorien eingezeichnet haben, bestimmte Längen oder Winkel gemessen haben usw.

Anregung – über die Lange Mathenacht hinaus: Mit Kinovea können Sie hervorragend den Fußball-Experten geben: Laden Sie ein Fußball-Video, kalibrieren Sie die Länge – und messen Sie dann z. B. die Entfernung vom Tor beim Freistoß, markieren Sie mit den Trajektorien Laufwege, messen Sie die Geschwindigkeit eines Balles usw.

4 Auswertung in Excel

Wenn Sie das Video spacebal.avi wie oben beschrieben analysiert haben, dann haben Sie den roten und blauen Punkt jeweils durch eine Trajektorie verfolgt. Die entsprechenden Messwerte können Sie in einer Excel-Tabelle ausgeben:
Klicken Sie dazu im Menü Datei den Befehl „Export als Tabelle“ und dort den Unterpunkt „Microsoft Excel“ an:



Wählen Sie dann einen geeigneten Speicherort und Dateinamen. Öffnen Sie dann die Datei in Excel. Die Datei enthält für jede Trajektorie eine Tabelle: Je Bild die x- und y-Koordinate des verfolgten Objektes sowie die Zeitangabe (Abb. 7). Außerdem enthält die Tabelle Angaben zu Schlüsselbildern, gemessenen Längen usw., die aber im Folgenden nicht benötigt werden.

Track		
Label :	Label	
Coords (x,y:cm; t:time)		
x	y	t
-25,24	29,99	0:00:00:00
-21,38	33,55	0:00:00:04
-16,63	35,93	0:00:00:08
-11,28	37,41	0:00:00:12
-6,23	37,11	0:00:00:16
-1,78	35,93	0:00:00:20
1,78	34,14	0:00:00:24
4,45	32,36	0:00:00:28
6,23	30,58	0:00:00:32
7,42	29,1	0:00:00:36
8,61	28,5	0:00:00:40
9,8	28,8	0:00:00:44
10,69	29,99	0:00:00:48
11,88	32,07	0:00:00:52
13,36	34,74	0:00:00:56
14,55	37,71	0:00:00:60

Abb. 7

Um ein Diagramm aus den Messwerten zu erstellen können Sie selbst etwas experimentieren. Markieren Sie die Zellen mit den x- und y-Koordinaten und verwenden Sie die entsprechenden Schaltflächen in Excel.

Empfehlenswert ist die Erstellung eines Punktdiagrammes; je nach Excel-Version klicken Sie dazu z. B. im Bereich Diagramme auf die Schaltfläche „Punkt“, um ein Ergebnis wie in Abb. 8 dargestellt zu bekommen:

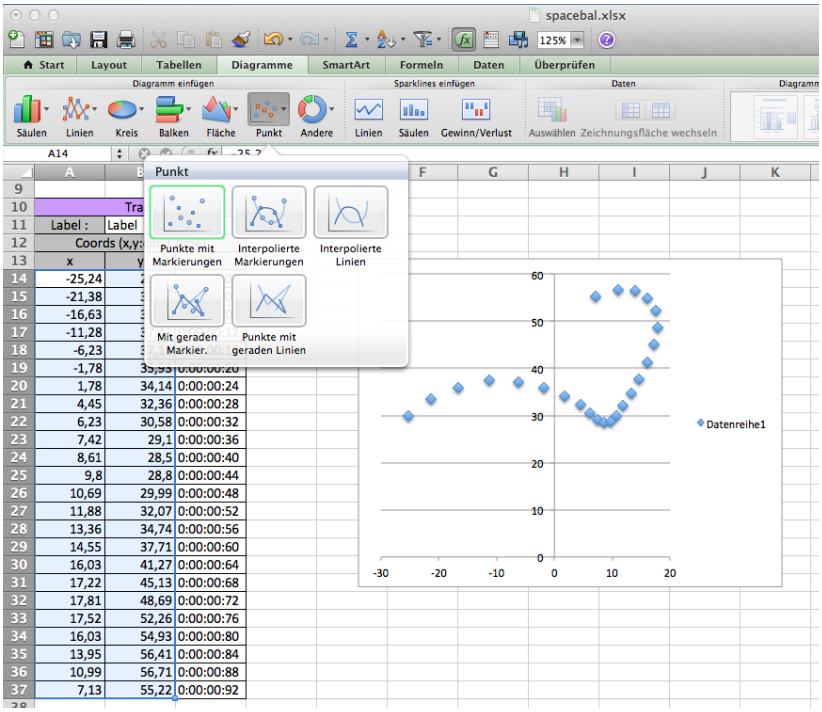


Abb. 8

Die Diagrammdarstellung mit Excel können Sie für jede Trajektorie gesondert vornehmen. Sie können aber auch mehrere Datenreihen in ein Diagramm zeichnen lassen. Dazu markieren Sie das Diagramm und klicken – je nach Excel-Version – z. B. im Menü Diagramm auf den Befehl „Datenquelle ...“ Klicken Sie dann auf „Hinzufügen“ (Abb. 9) und geben Sie für die neuen x- und y-Koordinaten die entsprechenden Bereich an; im Beispiel (siehe die Datei auf www.langemathenacht.de) waren es für x die Werte =spacebal!$A$43:$A$66 und für y entsprechend =spacebal!$B$43:$B$66.

© Dr. A. Bornhoff, Dr. A. Rolf, Dr. J. Rolf 2012

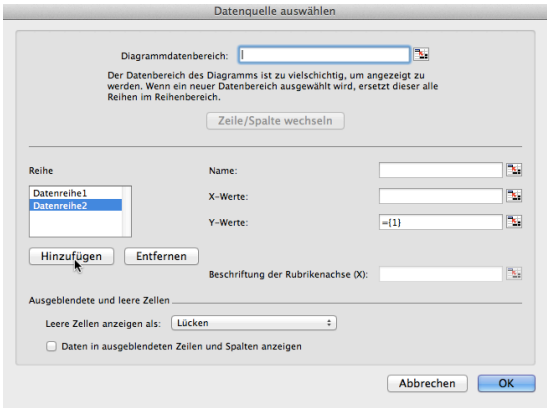


Abb. 9

Abschließend können Sie die Punkte noch durch Linien verbinden; klicken Sie dazu z. B. auf den Menübefehl Format:Datenreihe:Linie und wählen Sie eine Option für die Farbe und die Darstellung („Linie glätten“):

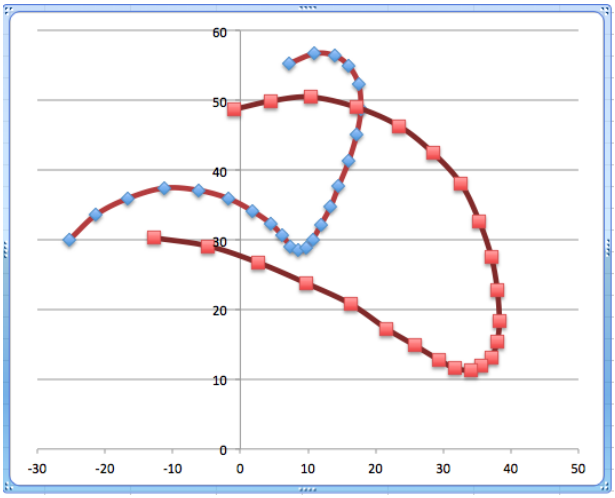


Abb. 10

5 An die Arbeit!

Nun ist es Zeit, mit der eigenen Arbeit zu beginnen. Wenn Sie geeignete Filme erstellt haben – Anregungen dazu finden Sie oben; seien Sie aber auch gerne kreativ! – und die Auswertung in Kinovea und Excel vollzogen haben, dann können Sie über die Homepage der Langen Mathenacht Ihre Beobachtungen mitteilen und zu einen Austausch über Ihre Ergebnisse kommen; mailen Sie dazu das Video und die zugehörigen Dateien (v. a. Bilder und kurze Texte) an info@langemathenacht.de. Die Hompage-Crew wird sich bemühen, die Resultate möglichst unmittelbar online zu stellen.

© Dr. A. Bornhoff, Dr. A. Rolf, Dr. J. Rolf 2012

© Dr. A. Bornhoff, Dr. A. Rolf, Dr. J. Rolf 2012