



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S1 „Lernen und Lehren mit Neuen Medien“**

ANALYSE VON DATENVIDEOS MIT COACH6 – LERNMATERIALIEN FÜR LEHRER/INNEN UND SCHÜLER/INNEN

**Mag. Johannes Schüssling
Bundesgymnasium Bregenz Blumenstraße**

Bregenz, Juli 2006

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 ANALYSE VON VIDEOCLIPS MIT COACH6	5
1.1 Allgemeines zur Analyse von Videos	5
1.2 Videoanalyse in der Schule.....	6
1.2.1 Einsatz der Videoanalyse im Unterricht	7
1.2.2 Vieles lernt man/frau „so ganz nebenbei“ !.....	8
1.3 Das Programm-Handling von Coach6 im allgemeinen und speziell bei der Videoanalyse	9
1.3.1 Die Organisation des Arbeitens mit Coach6	9
1.3.2 Die Sprache im Programm Coach6	12
1.3.3 Das Videoanalysefenster (Data Video window)	14
1.3.4 Die wichtigsten Optionen des Video-Kontextmenüs	16
1.3.5 Andere Optionen des Video-fenster-Kontextmenüs.....	19
1.3.6 Die Auswertung von Daten in Diagrammen	25
2 COACH6-PROJEKTE ZUR VIDEOANALYSE	32
2.1 Topspeed von Zug und Sprinter.....	33
2.1.1 Topspeed eines Sprinters	33
2.1.2 Topspeed eines Zuges.....	35
2.2 Das Fallen von Ball und Fallschirm-Modell	38
2.2.1 Ein Ball fällt frei	38
2.2.2 Fallschirm-Modell in Turnhalle	40
2.3 Autos bremsen und Züge fahren an.....	42
2.3.1 Autos bremsen.....	42
2.3.2 Güterzug mit Tauruslok fährt an.....	44
2.3.3 Regiozug fährt an.....	46
2.4 Reale horizontale und schiefe Würfe	48
2.4.1 Der horizontale Wurf	48
2.4.2 Basketballkorbwurf – Schiefer Wurf	51
2.5 Schwingungen	53
2.5.1 Schwingung einer Wassersäule.....	53

2.5.2	Das Fadenpendel.....	55
2.5.3	Das Federpendel	57
2.6	Ein Rad rotiert	60
2.6.1	Das Vorderrad rotiert.....	60
3	ARBEITSBLÄTTER UND PROTOKOLLVORLAGEN	65
3.1	Topspeed eines Sprinters (ABPV)	65
3.2	Fallen eines Balles (ABPV)	67
3.3	Autos bremsen (ABPV).....	68
3.4	Der horizontale Wurf (ABPV)	69
3.5	Das Fadenpendel (ABPV).....	70
3.6	Das Vorderrad rotiert (ABPV).....	72
4	EIN MUSTER-PROTOKOLL	76
4.1	Protokoll zu: Das Vorderrad rotiert.....	76
5	LITERATUR.....	81

ABSTRACT

Mit der aus den Niederlanden stammenden Software Coach6 steht ein in mehreren europäischen Ländern eingesetztes leistungsfähiges eLearning Tool zur Verfügung, das im naturwissenschaftlichen Unterricht fächerübergreifend zum automatischen Erfassen und Auswerten von Messdaten, zum Auswerten von Datenvideos und zur Modellbildung und Simulation eingesetzt werden kann. Selbsttätiges Arbeiten der Schüler/innen, allein oder zu zweit, und auch das exemplarische Erarbeiten oder Demonstrieren von Lösungen zu zahlreichen Themenstellungen lassen sich damit bestens organisieren.

Seit Sommer 2006 gibt es eine Studioversion Coach6 MV, mit der man nur Modellbildung und Videoanalyse machen kann. Bei dieser gibt es eine deutschsprachige Version, bei der die Benutzeroberfläche auch von Englisch auf Deutsch und wieder zurück umgeschaltet werden kann.

Nach einer kurzen Einführung ins Thema Videoanalyse zur Untersuchung von Bewegungen wird das Programm-Handling von Coach6 im Allgemeinen und im speziellen unter dem Aspekt der Videoanalyse beschrieben. Coach6 ist im Vergleich zur Vorgängerversion leistungsfähiger und einfacher zu bedienen. Es versteht direkt fast alle Videoformate und ermöglicht es auch, mit einer webfähigen Kamera Videoclips direkt aufzunehmen. Danach werden insgesamt 13 Aufgaben so detailliert behandelt, dass sie von interessierten Lehrern/innen und Schülern/innen selber auch ausgeführt werden können. Zu jeder Aufgabe steht auch ein Coach6-Projekt-Ordner inklusive Videoclip, Lösungs-Aktivität und Vorlage-Aktivität zur Verfügung. Bei vielen Aufgaben wird auch ein konkretes umfangreiches Arbeitsblatt angeboten, das als Worddatei downloadbar an die eigenen Bedürfnisse angepasst und dann auch als Protokollvorlage benützt werden kann. Vier bereitgestellte Demofilme veranschaulichen wichtige Tätigkeiten bei der Videoanalyse mit Coach6. Bei konkreten Anfragen ist der Autor gerne bereit, auch kurzfristig mit einem kommentierten Demofilm weiter zu helfen.

Schulstufe: 7. bis 12. Schulstufe

Fächer: Physik

Kontaktperson: Mag. Johannes Schüssling

Kontaktadresse: BG Bregenz Blumenstraße, 6900 Bregenz; joschue@aon.at

1 ANALYSE VON VIDEOCLIPS MIT COACH6

Mit der Software Coach6, welche seit mehr als einem Jahrzehnt vom Centre for Microcomputer Applications (CMA) des AMSTEL-Instituts (Amsterdam Mathematics, Science and Technology Education Laboratory) der Universiteit van Amsterdam (www.cma.science.uva.nl) entwickelt wird, steht ein e-Learning-Tool zur Verfügung, das verschiedene Einsatzmöglichkeiten vor allem im naturwissenschaftlichen Unterricht bietet. Mit der entsprechenden Hardware wie Datenlogger und Messsonden können im Labor und im Freien automatisch Daten erfasst und übersichtlich ausgewertet werden. Unter Einsatz eines Datenloggers mit programmierbaren Ausgängen und unter Verwendung spezieller Aktuoren (Motoren, Lampen, Schalter, Relais, ...) kann auf unterschiedlichem Anspruchsniveau auch die Steuerung von Vorgängen programmiert werden.

Mit der Coach6-Software allein - also ohne jegliche andere nötige Hardware – ist anschaulich in einem Grafikmodus Modellbildung möglich. Dadurch können in Simulationen Phänomene erforscht werden, wobei sich Themen aus allen Naturwissenschaften sowie auch aus dem Bereich der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften behandeln lassen. Darüber wurde von mir ein umfangreicher Projektbericht im Jahr 2004/5 (Modellbildung und Simulation mit Coach6 – Lernmaterialien für Lehrer und Schüler) verfasst.

Mit einer Digitalkamera oder einem digitalen Camcorder lassen sich reale Bewegungen aller Art aufzeichnen und dann mit der Coach6-Software in naturwissenschaftlicher Hinsicht analysieren. Ort-Zeit-Diagramme können mit den Basisdaten der Videoauswertung gemacht werden. Mit Hilfe der zahlreich bereit gestellten mathematischen Operationen und Funktionen der Software erhält man leicht auch Geschwindigkeit-Zeit- und Beschleunigung-Zeit-Diagramme, die ihrerseits auch Grundlage für Kraft- und Energiebetrachtungen zu den gefilmten Bewegungen sein können.

Seit Sommer 2006 steht eine so genannte Studioversion von Coach6 zur Verfügung, die neben der englischen nun auch eine deutschsprachige Benutzeroberfläche anbietet und deren Leistungsumfang nur auf die Modellbildung und Simulation sowie auf die Videoanalyse beschränkt ist.

Die Software ist bestens geeignet für das selbständige Arbeiten von Schülern/innen oder das Forschen in Zweierteams. Das Konzipieren und Aufzeichnen von Videoclips über Bewegungen und Würfe, welche die Schüler/innen größtenteils auch als Akteure selber ausführen, ist mit den heutigen Digitalkameras, Webcams oder Camcordern einfach und macht Spaß.

Die Coach6-Software und ihre Vorgängerversionen, die Vollversion oder die eingeschränkte Studioversion, werden in zahlreichen europäischen Staaten schon seit Jahren an verschiedensten Bildungseinrichtungen erfolgreich eingesetzt.

1.1 Allgemeines zur Analyse von Videos

Im Zeitalter der digitalisierten Bilder bzw. Videos und der immer leistungsfähigeren PCs/Notebooks ist auch die Videoanalyse, welche prinzipiell seit der Existenz von Filmen schon Jahrzehnte lang möglich war, viel leichter, schneller durchführbar und leistungsfähiger geworden. Im Leistungssport spielt sie in vielerlei Hinsicht eine wichtige Rolle, aber auch bei der Vermittlung von Techniken im Freizeitangebot wie

etwa in einem Nordic Walking Grundkurs wird heute auf die Videoanalyse zurückgegriffen.

Ein Videoclip besteht aus Einzelbildern, aus Frames, welche von einem Camcorder oder einer Digitalkamera mit Videofunktion in möglichst exakt gleichen zeitlichen Abständen aufgenommen werden. Die Bildrate (engl. framerate), die Zahl der aufgenommenen Bilder pro Sekunde, spielt bei der Zuordnung des Zeitpunktes zu einer bestimmten Position des sich bewegenden Körpers eine wichtige Rolle.

Das übliche Verfahren zur Festlegung der Position eines bewegten Objektes in einem Videoclip ist die Markierung dieses Objektes durch einen Mausklick in jedem Einzelbild. Eine cleverere Methode zur Lokalisierung ist die automatische Punktverfolgung, bei der das Objekt nur einmal markiert werden muss, um dann in den restlichen Frames vom Programm automatisch lokalisiert zu werden. In der Zeit der nicht digitalisierten Bilder war diese automatische Analyse nicht möglich. Gute Videoanalyseprogramme bieten wie das Coach6-Programm beide Verfahren an.

Der erste Schritt der eigentlichen Videoanalyse ist also das Ausmessen des Videoclips. Dazu braucht es ein eindeutiges Bezugssystem. Am klarsten ist dieses durch eine fixe Kameraposition auf einem Stativ gegeben; falls die Kamera aber mit konstanter bekannter Geschwindigkeit parallel zur Bewegungsrichtung mitfährt, kann die Position gegenüber dem Bewegungsbeginn ebenfalls relativ einfach eindeutig bestimmt werden. Als Basisdaten der gesamten Auswertung entstehen so bei der Verfolgung eines einzigen Punktes im Videoclip Zahlentrippele, die sich aus einer Zeitinformation sowie aus der x- und der y-Koordinate zusammensetzen.

Ein Videoanalyseprogramm kann die Basisdaten und auch alle daraus berechneten weiteren Daten in Tabellen und Diagrammen darstellen. Oft lassen sich die Basisdaten auch in ein Tabellenkalkulationsprogramm exportieren. Dies ist etwa nötig, wenn das Analyseprogramm zu wenig leistungsfähig ist, oder vielleicht auch zweckmäßig, wenn Schüler/innen das Handling einer Tabellenkalkulation schon perfekt beherrschen oder erlernen sollten. Mit Coach6 erfolgt die ganze Auswertung am besten im Programm. Ein Datenexport ist aber trotzdem möglich.

Die Videoanalyse digitaler Clips kann auch als Messwerterfassungssystem eingesetzt werden, wenn andere Messsonden fehlen oder nur sehr schwierig einzusetzen sind. Die Beschleunigungswerte, welche z.B. ein geworfener Ball erfährt, könnten mit einer Funkmesssonde erfasst werden, wenn man das nötige Kleingeld für diese Hardwareausrüstung zur Verfügung hat. Mit der Videoanalyse lassen sich Geschwindigkeiten und Beschleunigungen solcher Bewegungen viel kostengünstiger und trotzdem schnell ermitteln.

Beim Einsatz der Coach6-Software ist auch das Zusammenwirken von Videoanalyse einerseits und Modellbildung und Simulation andererseits leicht möglich. Zahlenwerte für manche unbekannte Parameter in Modellen lassen sich so bestimmen. Der cw-Wert eines in Luft fallenden Karton-Kegel wird dadurch bestimmt, dass man im Modell für den senkrechten Fall in Luft den cw-Parameter solange verändert, bis z.B. die Graphen des Geschwindigkeit-Zeit-Diagrammes bei der Simulation und bei der Videoanalyse bestmöglich übereinstimmen.

1.2 Videoanalyse in der Schule

Da viele Schüler/innen heute Handys und Digitalkameras haben, welche auch über eine Videofunktion verfügen, sind sie auch schon mit manchen nötigen

Grundkenntnissen dazu vertraut. Das Überspielen solcher Videos auf einen PC oder auf ein Notebook bereitet ihnen drahtlos oder mit einem USB-Kabel keinerlei Probleme bzw. ist schnell vorgezeigt.

Die Physik-Themen Kinematik, Dynamik und Schwingungen können mit Hilfe der Videoanalyse viel interessanter und an realen, auch an komplexeren Beispielen behandelt werden, wobei fächerübergreifend auch Sportbewegungen wie Starts, Würfe, Sprünge u.s.w. untersucht werden können. Die Verkehrsphysik und damit verbundene wichtige Fragen zur Verkehrssicherheit der jungen angehenden motorisierten Verkehrsteilnehmer/innen kann zum Gegenstand eigener Forschungen gemacht werden.

Falls nicht eigene Videoclips zu den interessierenden Fragestellungen gemacht werden, können solche Clips auch auf mehreren Websites im Internet heruntergeladen werden.

1.2.1 Einsatz der Videoanalyse im Unterricht

Aufgabenstellungen zur Videoanalyse können am einfachsten in Notebookklassen als Einzelarbeit oder als Teamarbeit behandelt werden. Auch im PC-Netzwerksaal können Videoclips ausgewertet werden; dort ist es auch leicht möglich, dass alle Teams denselben Clip auswerten, der vorher gemeinsam aufgenommen oder von einer Internetseite heruntergeladen worden ist.

Das grundlegende Programmhandling für die Videoanalyse wie Anzeigen eines Clips oder Auswahl der Frames für die Analyse oder Festlegung und Skalierung der Achsen im Videofenster u.s.w. wird den Schülern/innen mit Hilfe eines Beamers vorgezeigt oder sie lernen das Handling mit Hilfe von Demokurzfilmen zu diesen zentralen Arbeitsschritten, die sie dort Schritt für Schritt abspielen und nachvollziehen können.

Auch in Sonderunterrichtsräumen oder im Klassenzimmer, wo nur ein PC/Notebook und ein Beamer zur Verfügung stehen, können die ersten Erfahrungen mit der Videoanalyse mit Coach6 gemacht werden. Die Lösung der Aufgabenstellungen wird gemeinsam erarbeitet. Schon nach zwei, drei Beispielen sind interessierte Schüler/innen in der Lage, das Coach-Programm zu bedienen. Ein Vorteil der Coach-Software liegt ja auch darin, dass die Bedienung des Programms in allen Teilbereichen (Messdaten erfassen und auswerten, Modellbildung, Videoanalyse) einheitlich ist.

Abhängig vom Alter, vom Vorwissen und Interesse der Schüler/innen, aber auch davon, wie oft sie schon Aufgaben zur Videoanalyse im Klassenverband oder in Arbeitsteams erlebt haben, könnte man drei Schwierigkeitslevel anführen, bei denen unterschiedlich große Ansprüche an die Ausführenden gestellt werden:

- **Level 1:** Die Schüler/innen bekommen ein so weit vorbereitetes Projekt zur Verfügung gestellt, dass sie nur noch die manuelle Auswertung machen und die dabei entstehenden Graphen in den vorgefertigten Diagrammen interpretieren müssen. Sie beantworten die gestellten Fragen und dokumentieren das durch die Übernahme der Diagramme aus dem Coach6-Projekt in ein ebenfalls bereitgestelltes Wordprotokoll. Bei diesem Anspruchsniveau ist fast kein spezielles Know how für die nötigen Vorbereitungen für die Videoanalyse in Coach6 nötig. Die elementaren Diagramme der gleichförmigen oder der gleichmäßig beschleunigten

Bewegung könnten so von den Schülern/innen erarbeitet und erforscht werden. Auch die Abnahme der Geschwindigkeit eines Fahrzeuges in Abhängigkeit von der Zeit bzw. vom Ort können auf diese Art schon die älteren Schüler/innen der Hauptschule bzw. AHS-Unterstufe kennen lernen.

- **Level 2:** Die Aufgabenstellung wird mit den Schülern/innen gemeinsam vorbesprochen. Die Lehrperson stellt den Videoclip zur Verfügung, der eventuell schon in einem Coach6-Projektfile in einer Videoanalyse-Aktivität betrachtet werden kann. Die Arbeitsteams treffen selbsttätig alle Vorbereitungen für die händische und/oder automatische Basisauswertung des Clips und deren Darstellung in Diagrammen und Tabellen. Wie bei Level 1 werden die gestellten Fragen beantwortet und dokumentiert.
- **Level 3:** Die Schüler/innen bekommen eine Aufgabenstellung, welche nur verbal formuliert ist. Sie haben die Aufgabe, selbst einen passenden Videoclip im Internet zu suchen oder nach eigener Konzeption einen solchen zu erstellen. Obwohl sie dabei Tipps für die Konzeption von Bewegungsvideos bekommen, nehmen sie diese manchmal erst zur Kenntnis, wenn sich die ersten Clips nicht ordentlich auswerten lassen. Beim Einsatz ihrer eigenen Digitalkameras können sich auch Kompatibilitätsprobleme hinsichtlich des Videoformates ergeben; falls das Coach6-Programm ein „exotisches“ Videoformat einer Digitalkamera eventuell nicht versteht, kann dieses Problem sicher mit einem Konvertierungsprogramm gelöst werden. Als Aufgabenstellung könnten Schüler/innen auch sinnvolle Fragestellungen erarbeiten müssen. Eine Dokumentation der Aufgabe wird auch hier verlangt.

1.2.2 Vieles lernt man/frau „so ganz nebenbei“!

Hauptziel der Videoanalyse zu einer gestellten Aufgabe ist selbstverständlich das bessere Verständnis der zu untersuchenden Bewegung. Der Weg dorthin verlangt und schult aber zusätzlich einiges.

Die Videoanalyse mündet eigentlich immer in der Darstellung und Interpretation eines oder mehrerer Diagramme. Das Gestalten, Skalieren und Interpretieren von Diagrammen ist so ein ganz wichtiger Teil der nötigen Arbeit. Nach dem Glätten des bei der Basisauswertung (Ort-Zeit-Diagramm) erhaltenen Graphen kann durch die Anwendung mathematischer Operatoren, vor allem durch das numerische Differenzieren, leicht auch Geschwindigkeit und Beschleunigung der gefilmten Bewegung in Diagrammgraphen dargestellt werden. Durch das Einpassen mathematischer Funktionen in einen Graphen, durch das Bestimmen der Steigung oder der durchschnittlichen Steigung eines Graphen oder durch das Bestimmen der Fläche zwischen Graph und Diagrammachse können weitere Detailerkennnisse der Bewegung herausgearbeitet werden.

Die Software Coach6 bietet behutsame Unterstützung für den Mathematik-Einsatz bei der Auswertung von Daten an, die bei der Videoanalyse oder bei der Durchrechnung von Modellen entstehen. Die Verwendung der Mathematik fällt so recht leicht, vorhandene Kenntnisse in diesem Bereich werden durch ihre Anwendung vertieft, ihr erfolgreicher Einsatz macht sogar Spaß.

1.3 Das Programm-Handling von Coach6 im allgemeinen und speziell bei der Videoanalyse

In der Mitte des Jahres 2006 kommen Vollversion und Studioversion von Coach6 auf den Markt. Während die Vollversion nur mit einer englischen oder einer holländischen (an einem Institut der Universität van Amsterdam wird Coach6 entwickelt) Benutzeroberfläche zu bekommen ist, bietet die Studioversion Coach6 MV die Möglichkeit an, zwischen der englischen und einer deutschen Benutzeroberfläche hin und her zu schalten. Mit älteren Schülern/innen ist das Arbeiten mit der englischen Oberfläche sicher gar kein Problem und vielleicht angebracht, da im internationalen Austausch von naturwissenschaftlichem Wissen Englisch die führende Sprache ist. Für den Einsatz des Programms bei jüngeren Schülern/innen hat die neu angebotene deutsche Benutzeroberfläche Vorteile.

In meinen weiteren Ausführungen werde ich mich an den deutschsprachigen Bezeichnungen orientieren, manchmal aber auch die englischen Termini ergänzend anführen.

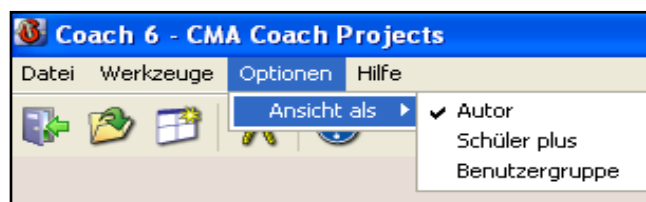
Während man mit der Vollversion von Coach6 bei entsprechender Hardwareunterstützung zusätzlich automatisch Messdaten erfassen und auswerten sowie Vorgänge steuern kann, bietet die Studioversion von Coach6 MV nur die Modellbildung und die Videoanalyse an

1.3.1 Die Organisation des Arbeitens mit Coach6

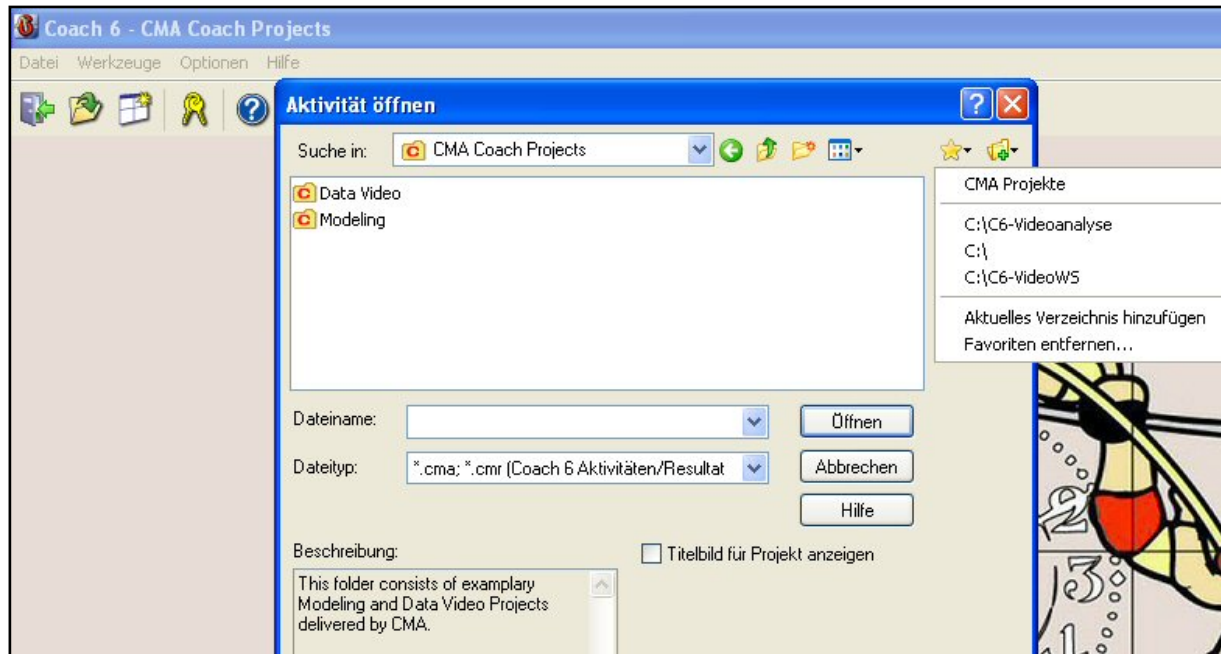
Nach dem Starten der Software Coach6 Studio MV bietet sich folgendes Hauptmenü:



Das Fragezeichen bietet Hilfe, das Schlüssel-Icon erlaubt das Einstellen des gewünschten Profils (Autor, Schüler plus, Benutzer nach Voreinstellung), das leere Blatt das Anlegen einer neuen Aktivität (ist nur im Autor-Profil möglich), der aufgeklappte Ordner das Öffnen einer bestehenden Aktivität und das erste Schaltzeichen links das Beenden des Programms. Die Hauptmenüs sind wie folgt organisiert:



Die Tätigkeiten werden in Coach6 in Projekten organisiert; für jedes Projekt wird ein im Windows-Explorer speziell mit einem roten C gekennzeichneter Ordner angelegt, in dem alle seine Dateien gespeichert sind. Innerhalb der Projekte gibt es mindestens eine Aktivität. Die eigentliche Arbeit passiert in diesen Aktivitäten, wobei die Studioversion MV nur die Typen für Modellbildung und für Videoanalyse kennt.



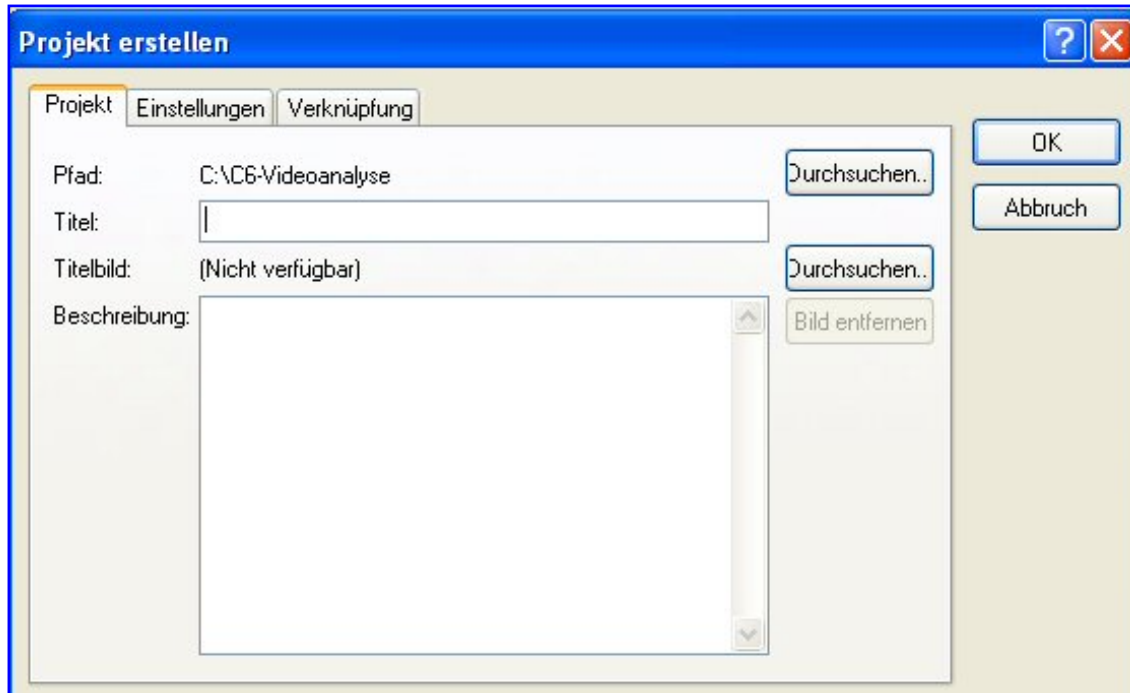
In der obersten Zeile des Coach-Bildschirms steht von links beginnend „Coach6“ und durch einen Bindestrich getrennt der aktuell eingestellte Standard-Ordner; hier ist es noch „CMA Coach Projects“, ein Ordner, der bei der Installation von Coach6 standardmäßig im Windows-Ordner „Programme“ eingerichtet wird.

Beim Öffnen einer Aktivität kann am einfachsten ein neuer Standardordner eingestellt werden: Es öffnet sich der oben dargestellte Dialog „Aktivität öffnen“; wie im Windows-Explorer wechselt man in jenes Verzeichnis des PCs, in dem man die eigenen Coachprojekte abspeichern will; dabei kann auch mit dem bekannten Windows-Icon ein neues Verzeichnis erzeugt werden. Mit einem Klick auf die kleine Stern-Schaltfläche „Favoriten“ öffnet sich das oben rechts sichtbare Submenü, in dem mit „Aktuelles Verzeichnis hinzufügen“ das aktuelle Verzeichnis zu einem Favoriten-Ordner gemacht werden kann; in diesen kann immer wieder schnell über dieses Favoriten-Icon gewechselt werden.

Wird nun ein bestimmtes Projekt z.B. im Favoriten-Ordner „C6-Videoanalyse“ ausgewählt, kann eine Aktivität geöffnet werden, falls dieses Projekt schon Aktivitäten enthält.

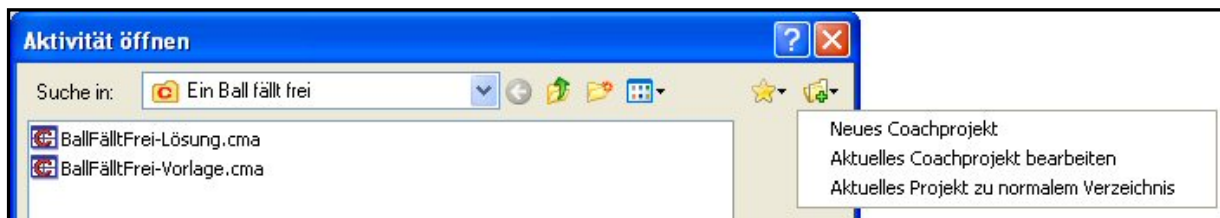
Soll ein neues Projekt eingerichtet werden, würde man jetzt diesen „Aktivität öffnen“-Dialog abbrechen und über ‚Datei/Coachprojekt/Erzeuge...‘ ein neues Projekt anlegen. Sobald dies geschehen ist, ist dieser Projektordner das Standard-Verzeichnis.

Falls Ordner und Pfad für das neue Projekt einmal nicht passen sollte, kann dies im Dialog „Projekt erstellen“ beim oberen [Durchsuchen] korrigiert werden. Nach der Eingabe des Projekttitels kann auch noch ein Titelbild ausgewählt werden, wozu die zweite untere [Durchsuchen]-Schaltfläche verwendet wird.



Im Register ‚Einstellungen‘ des „Projekt erstellen“-Dialogs kann die Benutzergruppe festgelegt werden, die dieses Projekt bearbeiten darf und bei ‚Verknüpfung‘ lässt sich eine Verknüpfung auf den Desktop des PC einstellen.

Über den „Aktivität öffnen“-Dialog direkt kann ebenfalls ein neues Projekt angelegt werden:

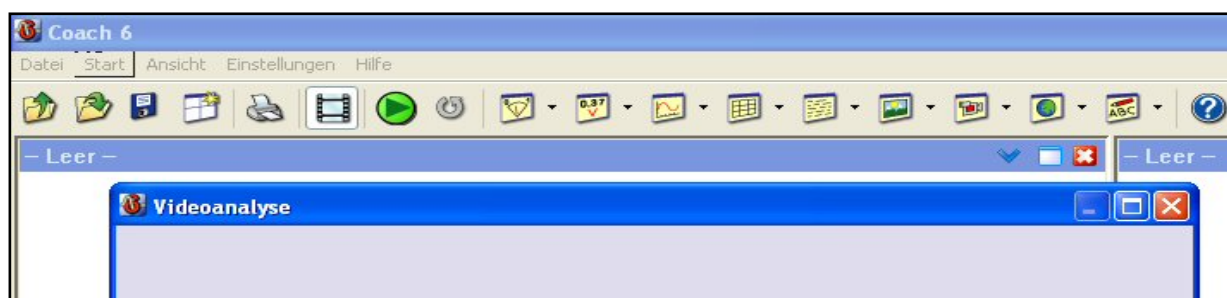


Mit dem Icon ganz rechts im „Aktivität öffnen“-Dialog wird das aufgeklappte Menü sichtbar gemacht; mit ‚Neues Coachprojekt‘ wird wieder der oben dargestellte Dialog „Projekt erstellen“ geöffnet. Mit ‚Coachprojekt bearbeiten‘ könnten etwa Titel, Titelbild, Einstellungen oder Verknüpfungen geändert werden. Würde im oben dargestellten Zustand ein neues Coachprojekt erstellt, entstünde innerhalb des Projektes „Ein Ball fällt frei“ ein anderes neues Projekt. Eine solche Projektorganisation ist meistens nicht zweckmäßig. Um neben „Ein Ball fällt frei“ ein anderes „gleichwertiger“ Projekt zu erstellen, müsste hier zuerst mit dem Windows-Icon ‚Pfeil nach oben‘ in ein um eine Stufe höheres Verzeichnis gewechselt und dann erst das neue Projekt angelegt werden. Mehrere Projekte innerhalb eines Projektordners zu sammeln, macht aber etwa dann Sinn, wenn z.B. innerhalb eines Coachprojektordners „Projekte 2aKlasse“ alle in dieser 2aKlasse bearbeiteten Projekte zusammengefasst werden sollen. Ein Coachprojektordner „Videoanalyse xyz“ könnte auch alle Video-Projekte enthalten, welche Kollege/Kollegin xyz zusammengestellt hat.

Für eine neue Video-Aktivität sind über ‚Datei/Neu‘ folgende Einstellungen zu treffen:



Nach dem [OK] befinden wir uns im Hauptbildschirm einer Videoanalyse-Aktivität, dessen Menü und Schaltflächen wie folgt aussehen:



Gleichzeitig wird ein leeres, geöffnetes Videoanalysefenster angezeigt, in dem der Videoclip anschließend angezeigt und ausgewertet werden soll.

Das Film-Icon verrät, dass wir uns in einer Videoanalyse-Aktivität befinden. Mit diesem Icon kann das Videofenster aus- und eingeblendet werden.

1.3.2 Die Sprache im Programm Coach6

Coach6 gibt es in mehreren Sprachen. Wenn z.B. mit der deutschen Version gearbeitet wird, kann auch auf die englische umgeschaltet werden. Mit einer bestimmten „Sprachversion“ wird die „verbindende englische Version“ jeweils auch mitgeliefert. Um Projekte mit anderssprachigen Kollegen/innen austauschen zu können, ist es nötig, in den selbst hergestellten Aktivitäten Englisch als Coach-Sprache zu verwenden. So kann z.B. ein Kollege in Spanien eine Coach6-Aktivität auf seiner spanischen Sprachversion laufen lassen, die mit der deutschen Coach6-Version erstellt worden ist.

Es ist zwischen der **Sprache der Benutzeroberfläche** und der in den Programm-Aktivitäten verwendeten **Coach-Sprache** zu unterscheiden.



Die Sprache der Benutzeroberfläche wird im Hauptmenü-Punkt ‚Werkzeuge‘ bzw. ‚Tools‘ geändert. Der linke Dialog zeigt an, dass gerade Deutsch als Sprache eingestellt ist; die Menüs sind alle in deutscher Sprache und bei ‚Deutsch‘ ist ein Haken. Hier könnte Englisch als Benutzeroberfläche eingestellt werden. Dazu muss danach das Programm verlassen und wieder neu gestartet werden.

Im Dialog ‚Projekt bearbeiten‘ kann für alle Aktivitäten und Resultate eines Projektes die Coach-Sprache voreingestellt werden, und zwar im Register ‚Einstellungen‘:



Wenn hier „Sprache für Coach per Voreinstellung“ angewählt ist, ist die Coach-Sprache mit der Sprache der Benutzeroberfläche identisch.

Die Coach-Sprache ist jene Sprache, in der die Namen der Funktionen, Operatoren und Befehle geschrieben werden. Ab dem Zeitpunkt der Änderung der Coach-Sprache bieten die Formeleditoren nur noch Befehle in dieser Sprache an und das Programm versteht nur noch Coach-Befehle in dieser eingestellten Sprache. Dass das Programm automatisch bei der Ausführung bestehender Aktivitäten „Coachbefehle“ in die aktuell eingestellte Coach-Sprache übersetzt, ist leider (noch) nicht der Fall.

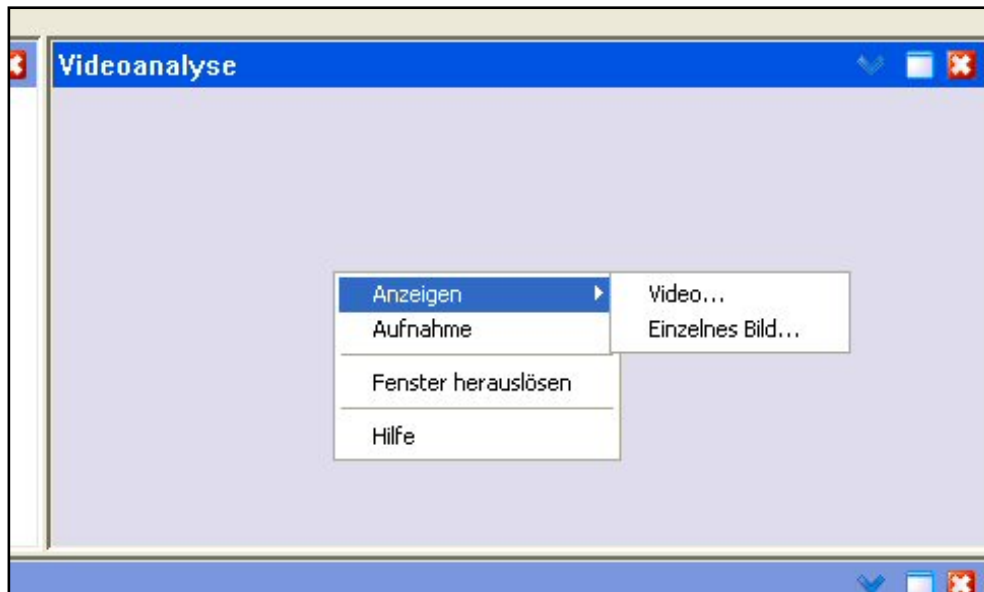


Im Dialog ‚Einstellungen für Aktivitäten‘ kann bei ‚Erweitert‘ ebenfalls die Coach-Sprache verändert werden. Die Einstellung hier

wird nirgends sonst im Programm überstimmt. Für einen Austausch von Coach6-Aktivitäten über Sprachgrenzen hinweg ist hier die Einstellung Englisch als Coach-Sprache nötig. Wie sich die Coach-Sprache Deutsch auf das Messen und das Steuern (diese zwei Aktivitätstypen gibt es nur in der Vollversion von Coach6) auswirkt, kann ich noch nicht beurteilen. Beim Steuern wird auch programmiert. Übersetzungen von Programmiersprachen vom Englischen ins Deutsche waren aber schon öfter sehr seltsam.

Beim Anlegen einer neuen Aktivität wäre ein günstiger Zeitpunkt für eine Änderung der Coach-Sprache. Wenn man internationale Coach-Aktivitäten, z.B. jene vom Programm-Hersteller CMA in Amsterdam, mit der deutschen Coachversion öffnet, kommt eine Fehlermeldung. Falls dann innerhalb der Aktivität die Sprache auf Englisch gestellt wird, laufen diese Aktivitäten korrekt.

1.3.3 Das Videoanalysefenster (Data Video Window)



Das links dargestellte Videofenster ist andockt an den geteilten Hauptbildschirm von Coach6.

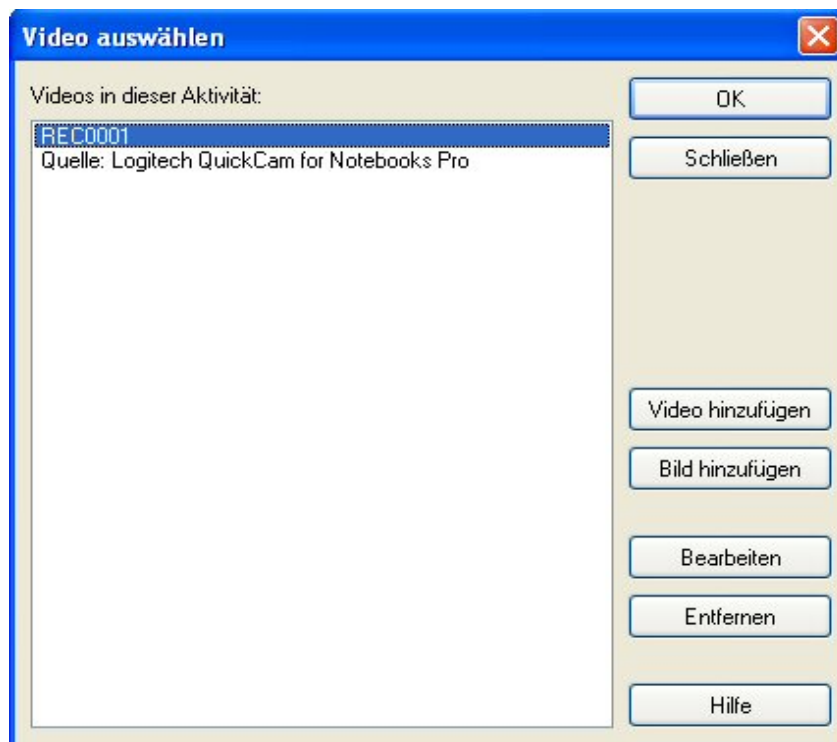
Es enthält keinen Clip, sondern es ist noch leer.

Das hier angezeigte Kontextmenü

erhält man - wie immer - mit einem rechten Mausklick.

Mit dem Menüpunkt „Fenster herauslösen“ kann dieses andockte Analysefenster in ein freies Fenster beliebiger Größe umgewandelt und dann auf dem Bildschirm beliebig positioniert werden. Wenn man ein freies Videofenster bei gedrückter Shift-Taste und gedrückter linker Maustaste in Richtung eines BS-Viertels verschiebt und dann die Maustaste loslässt, dockt es an dieses angestrebte BS-Viertel an.

Der Menüpunkt „Aufnahme“ ist nur anwählbar, wenn gerade eine webcamfähige Kamera angeschlossen ist, um direkt Videoaufnahmen ins Coach6-Programm zu machen.



Über ‚Anzeigen/Video..‘ kann der gewünschte Videoclip im Videofenster angezeigt werden.

Es öffnet sich der links sichtbare Dialog:

REC0001 ist der Name eines Videofiles, das davor in Coach6 direkt aufgenommen worden ist. Die dafür verwendete Webcam ist immer noch über USB angeschlossen und wird deshalb angezeigt: ‚Logitech QuickCam for Notebooks Pro‘.

Über [Video hinzufügen]

wird jener Clip auf dem PC gesucht, der schließlich im Videofenster untersucht werden soll. Dabei öffnet sich dieser hier dargestellte Dialog.



Hier wählt man den Videoclip aus; er wird in die Liste des vorherigen Dialoges aufgenommen und bleibt dort markiert. Mit [OK] wird der Clip dann ins Videofenster eingelesen und dort angezeigt.

Das unten dargestellte Videofenster zeigt das 89.Einzelbild des Clips inkl. der Maßstabsleiste, mit deren Hilfe die gelben Achsen skaliert werden.

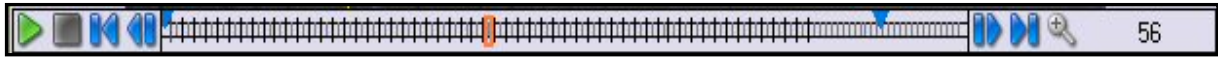


Der Abstand des linken und rechten Randes der 4 Fenster beträgt 6,2m, wie eine Messung während eines Stopps im Bahnhof Bregenz gezeigt hat.

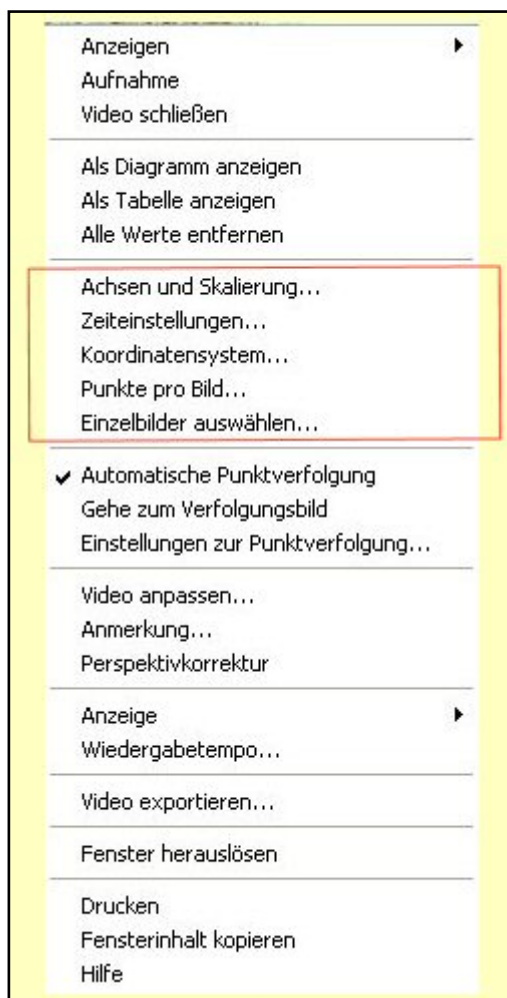
Vorne unten am Zug erkennt man den rechteckigen blauen Suchbereich und den kleinen kreisrunden Verfolgungsbereich der automatischen Punktverfolgung.

1.3.4 Die wichtigsten Optionen des Video-Kontextmenüs

Zuerst soll die sog. Bildsteuerleiste (frame controller) besprochen werden. In diesem werden u.a. auch manche Einstellungen für das Abspielen und Auswerten des Videos sichtbar.



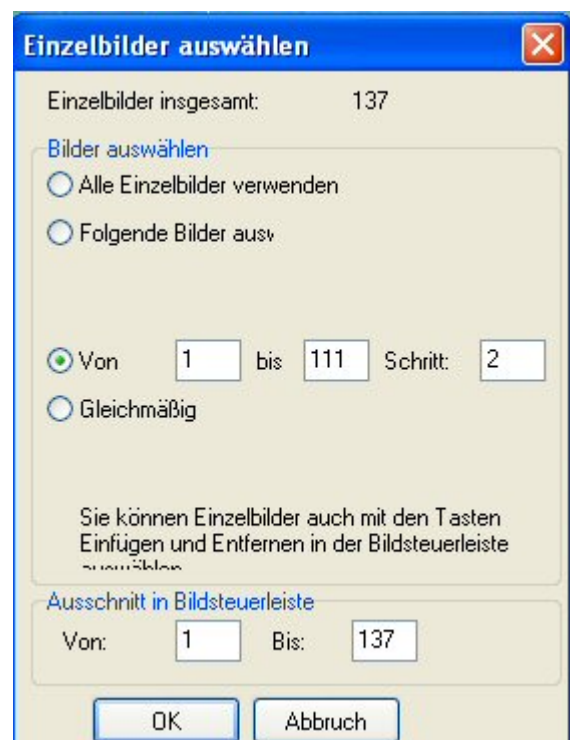
Die Schaltflächen der Bildsteuerleiste sind selbsterklärend. Die schwarzen etwas längeren Strichlein kennzeichnen die zu Auswertung ausgewählten Frames des Clips; im Videofenster wird gerade Bild 56 angezeigt; die hellgrauen kürzeren Strichlein kennzeichnen Frames des Clips, die nicht ausgewertet werden; wenn man ganz genau hinschaut, sieht man, dass nur jedes zweite Bild ausgewertet wird; das letzte Bild, das ausgewertet wird, hat die Nummer 111; insgesamt werden 137 Bilder in der Bildsteuerleiste angezeigt; mit den kleinen blauen Dreieckschiebern am oberen Rand der Bildsteuerleiste kann man den Bereich der Frames, die abgespielt werden sollen, ebenfalls einschränken; rechts wurde das derart gemacht, dass der Clip nur bis Bild123 abläuft, bei der Auswertung läuft er aber nur bis zum letzten dunkeln Strichlein, also bis Bild 111.



Am wichtigsten sind die Optionen der dritten rechteckig eingerahmten Gruppe. Hier müssen vor der eigentlichen Videoauswertung die entsprechenden Einstellungen gemacht werden.

Eine günstige Reihenfolge wird dabei eingehalten, wenn man diese 5 Optionen von unten nach oben bearbeitet.

1. Einzelbilder auswählen:



Bevor man diese Einstellung macht, schaut man sich den Clip ein paar Mal an, um herauszufinden, welche Frames für die

Auswertung interessant sind; es sollte klar sein, bei welcher Einzelbildnummer diese beginnen und enden soll.

Wenn der selbst aufgenommene Clip nicht vorher auf den wesentlichen Teil zugeschnitten worden ist (was normalerweise nicht gemacht wird), werden für eine bessere Übersicht oft nicht alle Frames sondern nur ein Ausschnitt davon in der Bildsteuerleiste angezeigt.

Der Grund für die Tatsache, dass die Bilder mit den Nummern 112 bis 137 für die Auswertung nicht verwendet werden, liegt darin, dass bei Bild 112, 113 oder 114 die Markierung auf dem Zug, welche als Verfolgungsbereich gewählt worden ist, aus dem Bild hinausfährt und deshalb nicht mehr lokalisiert werden kann.

In der Bildsteuerleiste direkt kann ebenfalls das eine oder andere Bild für die Auswertung zusätzlich ausgewählt bzw. aus der Auswahl entfernt werden; dazu wird das Strichlein des Bildes mit der linken Maustaste angeklickt, das Bild somit im Videofenster angezeigt und danach die Taste [Einf] bzw. [Entf] gedrückt.

2. Punkte pro Bild



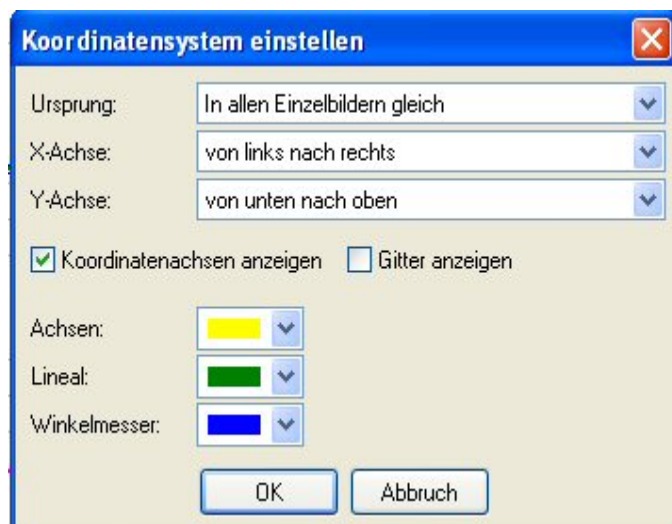
Normalerweise wird pro bewegtem Objekt ein einziger Punkt markiert und bei der Analyse ausgemessen. Für jeden dieser Punkte kann Symbol und Farbe ausgewählt werden.

Bei einem Hochspringer wäre es auch möglich, 3 oder gar 4 Punkte zu messen und daraus einen Schwerpunkt berechnen zu lassen.

Bei „Standardaufgaben“ zur Videoanalyse wird pro Einzelbild

ein Punkt gemessen und keiner berechnet.

3. Koordinatensystem ...



Nach den hier dargestellten Einstellungen werden die Koordinatenachsen gelb angezeigt.

Die Farben für Lineal und Winkelmesser sind grün bzw. blau.

Die x-Achse kann von links nach rechts oder umgekehrt eingestellt werden, analoges gilt für die y-Achse. Diese Achsenorientierungen haben großen Einfluss auf die Diagrammgraphen, da die Koordinaten dann unterschiedliche Vorzeichenbekommen.

Wenn der Clip mit einem Stativ aufgenommen wird, gilt für den Ursprung ‚In allen Einzelbildern gleich‘. Dort kann auch ‚Erster angeklickter Punkt in allen Einzelbildern‘ ausgewählt werden.

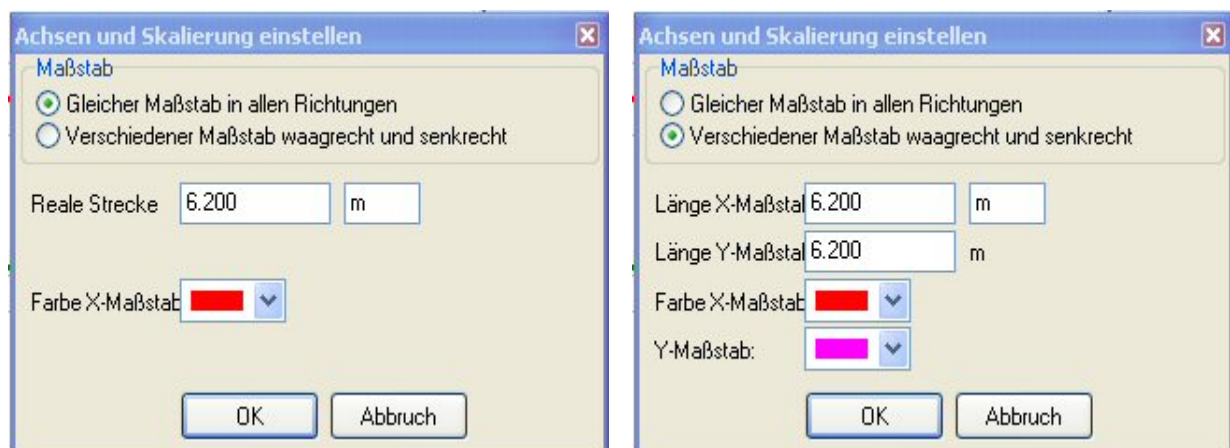
4. Zeiteinstellungen ...



Im oberen Bereich ‚Zeitverlauf‘ dieses Dialogs wird die Bildfrequenz = Bildrate angezeigt, mit der das Video aufgenommen worden ist. Sie wird vom Programm aus der Videodatei ausgelesen. Falls die Option ‚Zeit zwischen Einzelbildern‘ ausgewählt wird, wird diese Frequenz in ein Zeitintervall umgerechnet und angezeigt. Dann verschwindet die Information aus der ersten Zeile. Falls hier Veränderungen vorgenommen werden, bekommen alle zeitabhängigen Größen wie etwa Geschwindigkeit und Beschleunigung in den Diagrammen falsche Zahlenwerte.

Im unteren Bereich wird der Nullpunkt der Zeitskala eingestellt. Die gebräuchlichste Option ist die hier als dritte angezeigte: ‚t = 0 beim ersten markierten Bild‘

5. Achsen und Skalierung ...



Meistens wird der links dargestellte Fall gebraucht: beide Achsen werden gleich skaliert; dann braucht es auch nur einen Maßstab. Andernfalls gilt der rechte Dialog.

In der Ebene der Bewegung muss eine Länge bekannt sein. Diese wird einerseits im Dialog eingegeben, andererseits wird der rote Maßstab im Videofenster auf jene Länge gedehnt oder gestaucht, wie diese Strecke im Bild zu sehen ist. Bevor man mit [OK] abschließt, muss noch das gelbe Koordinatensystem im Videofenster positioniert werden. Bei einer horizontalen Bewegung ist es zweckmäßig, wenn die y-Achse durch den Verfolgungspunkt geht, bei einer vertikalen Bewegung die x-Achse.



Die Lage der Koordinatenachsen bestimmt die bei der Auswertung sich ergebenden Koordinaten entscheidend mit.

1.3.5 Andere Optionen des Videofenster-Kontextmenüs

Anzeigen ►

Wenn ein neuer/anderer Clip im Videofenster gezeigt werden sollte, würde der dort befindliche geschlossen. Vernünftig ist es, zuerst den aktuellen Clip mit ‚Video schließen‘ zu schließen.

Aufnahme

Kann nur angewählt werden, wenn eine webfähige Kamera über USB oder ein Camcorder über die Firewire-Schnittstelle angeschlossen ist.

Fensterinhalt kopieren

Der Inhalt des Videoanalysefensters wird inklusive der Bildsteuerleiste in die Zwischenablage kopiert und kann so leicht in eine Textverarbeitung oder in ein Präsentationsprogramm übertragen werden.

Drucken

Der Videofensterinhalt wird ohne Bildsteuerleiste ausgedruckt. Die Druckereinstellung erfolgt im Hauptmenü ‚Datei‘.

Fenster herauslösen

Das andockte Videofenster wird zu einem freien Fenster gemacht.

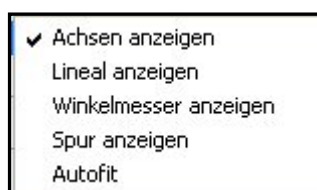
Wiedergabetempo...

Erhöhungen machen wenig Sinn; der Computer ist bei der automatischen Punktverfolgung so wie so schon an der Grenze seiner Leistungsfähigkeiten.

Video exportieren...

Ein Videoclip, der mit der Option ‚Aufnahme‘ direkt in Coach6 aufgenommen worden ist, kann über diese Option als .avi-File exportiert werden. So kann es in jedem Ordner gespeichert und auch anderen Nutzern zur Verfügung gestellt werden.

Manche Videoclips mit der Kennung .mov (ein QuickTime-Format) zeigt Coach6 nicht ganz exakt im Videofenster an. Eventuell kommt bei der Anzeige sogar eine Fehlermeldung. Oft kann man dieses Problem dadurch lösen, dass man über die Option ‚Video exportieren‘ den Clip als .avi-Film exportiert und diesen exportierten Clip danach im Videofenster wieder anzeigt. Beim Export als .avi-File können auch verschiedenste Codecs (z.B Cinepak oder IndeoVideo 5.10 oder...) ausgewählt werden.



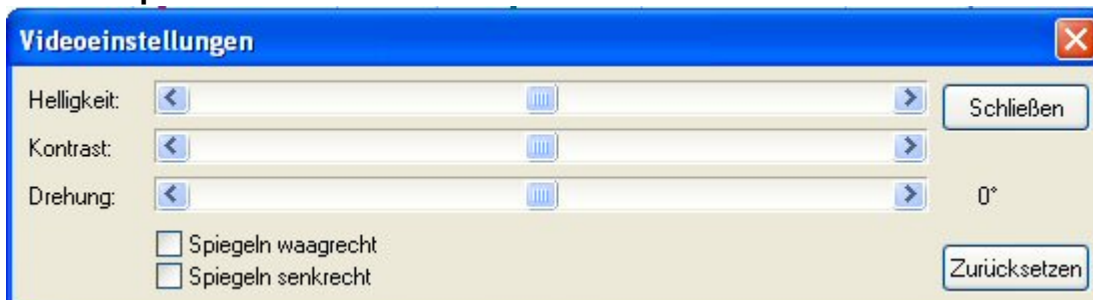
Anzeige ►

Links sieht man, was Coach6 im Videofenster anzeigen kann. Mit dem Lineal kann man Entfernungen messen, mit dem Winkelmesser Winkel. Manchmal soll im Videofenster die Spur der Messpunkte angezeigt werden.

Perspektivenkorrektur

Diese spielt vor allem bei der Auswertung einzelner Fotos eine größere Rolle. Sie wird hier nicht behandelt. Auch bei Videos kann eine Perspektivenkorrektur gemacht werden. Erfolgreiche Erfahrungen dazu liegen mir leider wenige bis keine vor. Bei der Analyse der Fahrt eines Zuges mit konstanter Geschwindigkeit habe ich mich zu diesem Thema versucht. Das Quantifizieren der Korrektur ist dabei ein Problem. Es ist aber eine nicht außer Acht zu lassende Tatsache, dass die perspektivischen Verzerrungen zu Verfälschungen in den Messergebnissen führen können. Meines Erachtens darf man deshalb die quantitativen Ansprüche an die Videoanalyse von Bewegungen mit diesem System auch nicht überfordern.

Video anpassen...



Es ist toll, was man da alles machen kann. Trotzdem sollte man danach trachten, gleich ein qualitativ gutes Video bei der Aufnahme zu machen. Vor allem das Spiegeln und Drehen verlangt viel Rechnerleistung vom Computer. Beim Exportieren eines Videos besteht auch die Wahlmöglichkeit, dies mit oder ohne die selbst gemachten Videoanpassungen zu tun.

1.3.5.1 Die automatische Punktverfolgung

Bei der manuellen Punktverfolgung wird z.B. in jedem ausgewählten Frame des Clips die Position eines Balls derart fixiert, indem das Zentrum dieses Balls mit der linken Maustaste angeklickt wird. Danach springt der Film von selbst zum nächsten ausgewählten Einzelbild weiter. Dies muss voller Konzentration bis zum letzten ausgewählten Bild gemacht werden.

Die automatische Punktverfolgung (point tracking) funktioniert nur, wenn das Videomaterial es auch zulässt. Der sich bewegende Körper sollte sich deutlich vom Hintergrund abheben; auf dem Körper sollte eine markante Stelle sein, die als Verfolgungsbereich geeignet ist. Im Video-Kontextmenü gibt es eine Option ‚Einstellungen zur automatischen Punktverfolgung...‘:



Wenn die Bewegung horizontal ist, wird der rechteckige Suchbereich (search area) deutlich breiter als hoch gewählt. Der Verfolgungsbereich (tracking area) wird durch einen Kreis gekennzeichnet, dessen Radius variabel von 1 bis 12 Pixel sein kann.

Während der Punktverfolgung sucht das Programm andauernd im Suchbereich den Verfolgungsbereich und fixiert nach (mehr oder weniger) erfolgreicher Suche die aktuelle Position des Objektes im Zentrum des kreisrunden Verfolgungsbereiches.

Wenn der oben dargestellte Dialog mit [OK] geschlossen wird, macht Coach6 das erste zur Auswertung ausgewählte Frame zum „Verfolgungsbild“ (tracking-frame); es wird durch ein rot-oranges Strichlein in der Bildsteuerleiste gekennzeichnet; nur in diesem Einzelbild wird der Such- und Verfolgungsbereich strichliert angezeigt und kann mit der linken Maustaste auch richtig auf der „markanten Stelle“ positioniert werden. Falls die automatische Punktverfolgung bei den ersten Versuchen ab einem bestimmten Frame misslingt, ist es am einfachsten, wenn der Verfolgungsvorgang nicht abgebrochen wird, sondern bis zum letzten ausgewählten Frame durchläuft. So kommt es zu keiner Verschiebung des in der Bildsteuerleiste rot-orange gekennzeichneten tracking frame. Nach eventuell nur kleinen Änderungen der Einstellungen zur Punktverfolgung könnte der nächste Versuch schon klappen.

Mit der Video-Kontextmenü-Option ‚Gehe zum Verfolgungsbild‘ kann schnell zu jenem Frame gewechselt werden, in dem Such- und Verfolgungsbereich angezeigt werden.

Wenn die Videomessung einmal ausgeführt ist, sieht man in jedem ausgewählten Einzelbild den rechteckigen Suchbereich und die erfolgte Punktmarkierung.

1.3.5.2 Die Direktaufnahme eines Videoclips mit Coach6

Diese kann über ‚Aufnahme‘ im kleinen und im großen Video-Kontextmenü gestartet werden. Im Kapitel 1.3.2 war schon einmal davon die Rede.

Dafür ist ein digitaler Camcorder (wir verwenden eine „Sony TRV 19E“) mit Firewire-Verbindungskabel zum PC/Notebook oder eine Digitalkamera mit Webcamfunktion (so etwas besitzen wir leider nicht) oder eine Webcam (wir setzen die „Logitech Quickcam for Notebooks Pro“ ein) mit USB-Anschlusskabel nötig. Mit der Software dieser Kameras müssen sie auch installiert werden. Wenn diese Software nicht läuft, kann auch innerhalb von Coach6 nichts aufgenommen werden.

Die Kamera sollte laut englischem Manual angesteckt und eingeschaltet sein, bevor das Coach-Programm gestartet wird; nach meinen Erfahrungen funktioniert eine USB-Webcam, wenn man sie vor dem Öffnen oder vor der Neuanlage einer Aktivität angeschlossen hat. Wenn Coach die „Aufnahmekamera“ sieht, ist die Option ‚Aufnahme‘ im Video-Kontextmenü schwarz geschrieben und somit auch anwählbar.



Falls jemand nur schnell ein Video aufnehmen will, ohne es gleich auszuwerten, kann der Einstieg in dieses „Aufnahmeprozedere“ auch über das Icon „Video“ im Hauptmenü einer

Video-Aktivität erfolgen. Gleich im ersten Dialog muss die angeschlossene Kamera angezeigt sein und ausgewählt werden. Das Zeichen einer Videokamera wird dann in einem normalen Bildschirm-Viertel positioniert. Über diesen Einstieg kann man das Video nie richtig auswerten, da man sich in keinem Videoanalysefenster befindet. Wenn der aufgenommene Film angezeigt wird, kann er zwar abgespielt werden, für die Auswertung fehlt aber das nötige Kontextmenü.

Als nächstes soll jetzt das Aufnahme-Handling besprochen werden, welches mit ‚Aufnahme‘ im Videoanalyse-Kontextmenü gestartet wird.



Mit ‚Anzeigen‘ kann ein auf dem PC/Notebook gespeichertes Video geladen und angezeigt werden.

Mit der Auswahl der Option ‚Aufnahme‘ wird nach Augenblicken im Videofenster das angezeigt, worauf die Webcam gerade gerichtet ist. Außerdem befinden sich dann im linken unteren Eck des Videoanalysefensters ein roter runder Aufnahme- und ein quadratischer Stopp-Button.



Im Folgenden ist das Kontextmenü während der Videoaufnahme in Coach6 angezeigt. Da der Aufnahmemodus schon läuft, kann dieser mit ‚Aufnahme beenden‘ abgeschlossen oder abgebrochen werden. Weil noch kein Video aufgenommen worden ist, ist die Option ‚Aufgenommenes

Video verwenden‘ nur grau geschrieben und nicht anwählbar.

Als erstes wird die Option ‚Informationen zur Aufnahme‘ angeklickt; so werden die aktuellen Aufnahmeeinstellungen sichtbar.

Als nächstes werden über die Option ‚Aufnahmeeinstellungen...‘ alle Einstellungen getroffen. Dazu öffnen sich folgende Dialoge:



Die maximale Dauer des Clips kann frei in einer sinnvollen Länge fixiert werden. Eine zweckmäßige Auflösung für diese Webcam ist 320x240 Pixel. Ihre Standard-Bildfrequenz ist 15 fps (frames per second), sie schafft aber auch 20 oder gar 25 fps. Zur Entlastung der nötigen Rechenleistung des PC/Notebooks könnte die Vorschau weggeschaltet werden. Nach dem [OK] schließt sich der Dialog ‚Aufnahmeeinstellungen‘ und die Anzeige oben rechts im Videofenster wird aktualisiert.

Über die Schaltfläche [Erweitert] im ‚Aufnahmeeinstellungen‘-Dialog kann auch der gewünschte Video-Codec aus einer längeren Liste und die Farbtiefe (in der Einheit Bit) ausgewählt werden. Damit lauffähige Clips im avi-Format entstehen können, muss der eingestellte Codec von Coach6 und Kamera verstanden werden. Es ist zweckmäßig, zuerst einmal unter [Erweitert] keine Veränderungen der Einstellungen zu treffen.

Die eigentliche Aufnahme wird mit dem roten runden Aufnahme-Button in der linken unteren Ecke des Videofensters gestartet. Nach Ablauf der eingestellten Maximalzeit wird die Aufnahme automatisch beendet. Falls aus irgendeinem Grund vor Ablauf der Maximalzeit die Aufnahme beendet werden soll, muss der Stopp-Button oder [ESC] gedrückt werden.

Datei aufgenommen:	Ja
Dauer:	2,7s
Auflösung:	320 x 240
Bildfrequenz:	15
Codec:	Indeo® video 5.10
Anzahl Bilder:	33
Anzahl verpasste Bilder:	4
Zeitlimit:	10s

Nach einer erfolgten Aufnahme werden die Aufnahmeinformationen aktualisiert angezeigt.

Bei ‚Datei aufgenommen‘ steht dann Ja.

Die Dauer des Clips wird auf Zehntelsekunden gerundet angezeigt.

Die Anzahl der Bilder wird leicht fehlerhaft angezeigt.

Die Anzahl der verpassten Bilder wird wahrscheinlich umso größer, je mehr man mit den Aufnahmeeinstellungen die Hard- und Software überfordert.

Anzeigen	▶
Aufnahme	
Aufnahme beenden	
<hr/>	
Anzeigen	▶
<input checked="" type="checkbox"/> Informationen zur Aufnahme	
Aufnahmeeinstellungen...	
Aufgenommenes Video verwenden	
<hr/>	
Hilfe	

Nach der Aufnahme kann die Option ‚Aufgenommenes Video verwenden‘ angewählt werden. Dabei wird der neue Clip im Videofenster zur Bearbeitung angezeigt und einer Liste von Videos beigefügt, welche aber erst später innerhalb der Coach6-Aktivität gespeichert werden.

Falls das aufgenommene Video als eigenständiges Videofile zur Verfügung stehen sollte, muss es vom Videoanalysefenster aus mit ‚Video exportieren‘

abgespeichert werden.

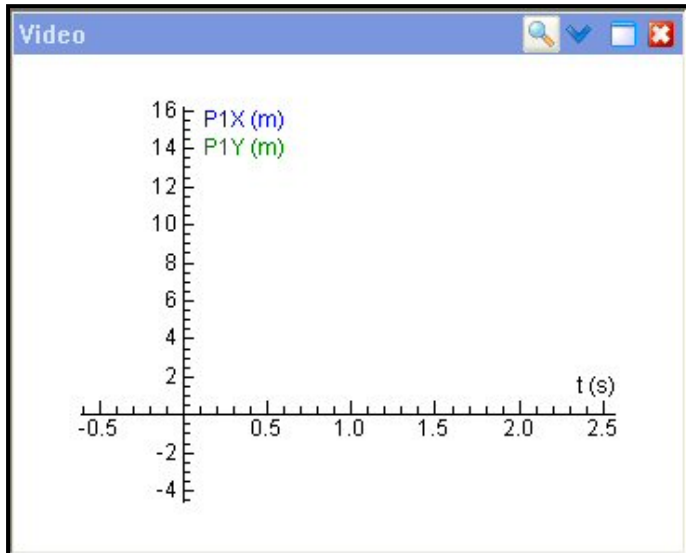
Nach der Wahl von ‚Aufgenommenes Video verwenden‘ ist der Aufnahmemodus beendet. Im Videofenster kann das angezeigte Video planmäßig bearbeitet werden.

1.3.5.3 Basisauswertung mit der Option ‚Als Diagramm anzeigen‘

Die Auswertung eines Bewegungsclips liefert die ausgemessenen Punkte lauter Zahlentrippl, welche in Tabellen und Diagrammen dargestellt werden können. Bei geradlinigen Bewegungen interessieren nur Zahlenpaare, die aus einem Zeitwert und einem Ortskoordinatenwert bestehen; eine der beiden Ortskoordinaten verändert

sich nicht und wird deshalb auch im Laufe der Auswertung bald einmal ausgeblendet und nicht weiter bearbeitet.

Wenn die Einstellungen im Videofenster für die Auswertung gemacht sind, soll jetzt das Diagramm für die Basisauswertung entstehen.



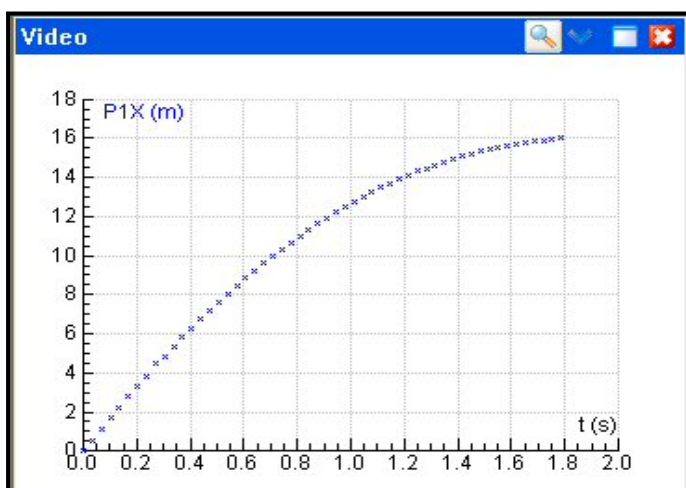
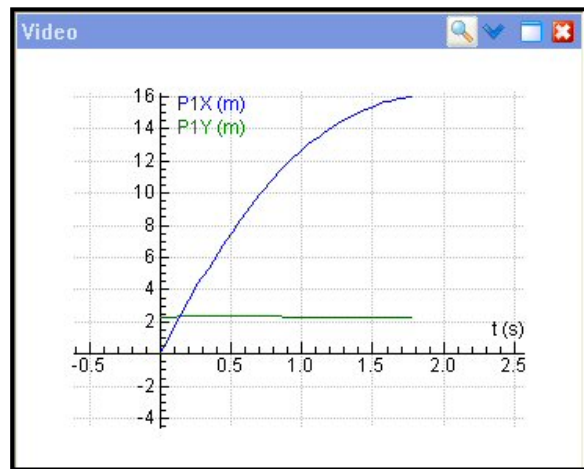
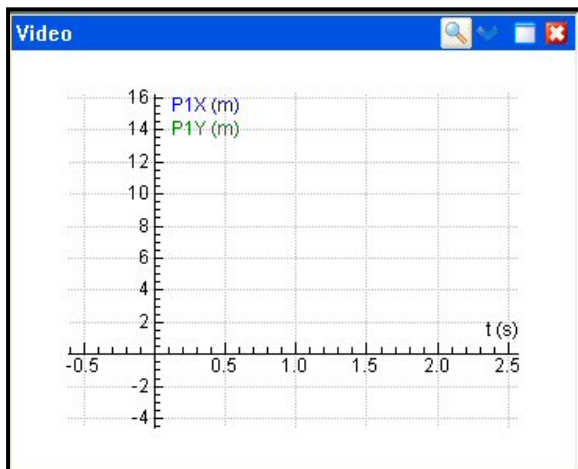
Ein Seat Leon bremsst voll. Zu Beginn der Messung hat er noch etwa 60 km/h.

Mit der Option ‚Als Diagramm anzeigen‘ erscheint diese Diagrammdarstellung.

Die Position eines einzigen gelben Punktes auf der Seitentüre wird ausgemessen.

Das fehlende Gitternetz im Diagramm muss im Diagramm-Kontextmenü über ‚Diagramm einfügen/bearbeiten‘ gezeichnet werden. Die Auswertung kann

gestartet werden.



Das dritte Diagramm zeigt, dass es geklappt hat.

Das fertige Basisauswertungsdiagramm ist links dargestellt: Die Kreuzlein sollen verdeutlichen, dass die Daten von zahlreichen Einzelmessungen stammen. Die Anzeige der y-Koordinate des Messpunktes wird ausgeblendet. Die Achsen werden zweckmäßig skaliert.

Nachfolgend ist der überaus wichtige Diagramm-Bearbeitungsdialog abgebildet, in dem alle nötigen Einstellungen und Änderungen zu machen sind.



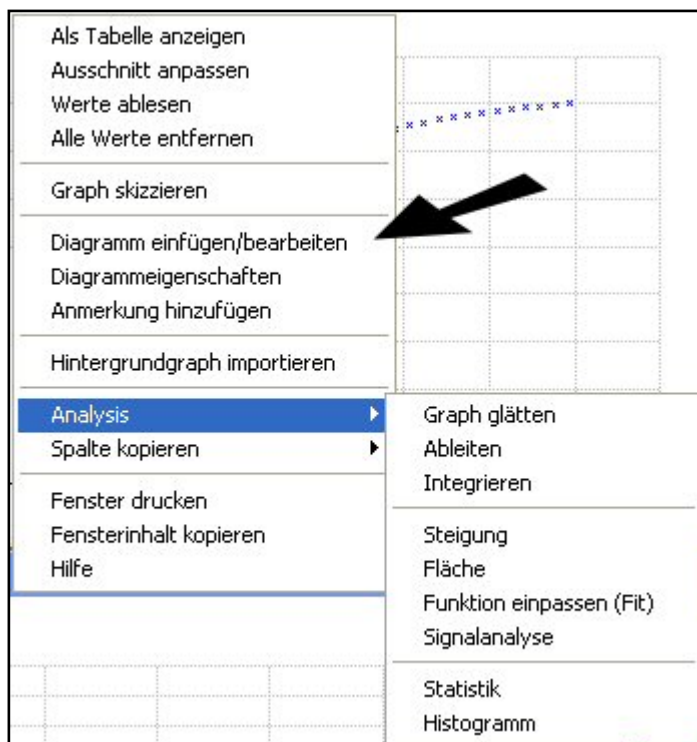
In der Daten-Spalte C1 ist die Stoppuhr die Datenquelle; die Daten sind der waagrechten Achse zugeordnet; die Skalierung geht von 0 bis 1.8 Sekunden.

Die Daten von C2 enthalten die x-Werte der Messpunkte; sie werden auf der linken senkrechten Achse skaliert. Die Darstellung erfolgt mit Kreuzlein ohne Linie (bei ‚Typ‘ steht ‚(keine)‘).

Der Spalte C3 wird als Datenquelle ‚(leer)‘ zugeordnet. So werden die P1-Y-Werte nicht mehr angezeigt.

1.3.6 Die Auswertung von Daten in Diagrammen

Das Auswerten von Daten in Tabellen und vor allem in Diagrammen ist eine zentrale Sache beim Arbeiten mit Coach6. Das Diagramm-Kontextmenü ist deshalb auch das mächtigste Menü, das bei allen vier Coach6-Modulen (Messen, Modellbildung, Videoanalyse, Steuern) zum Einsatz kommt.



Eine der beiden wichtigsten Optionen ist durch den Pfeil gekennzeichnet:

‚Diagramm einfügen/bearbeiten‘

Damit werden die für Coach6 so wichtigen Diagramme gestaltet. Der Dialog ist am Ende des vorigen Abschnittes zu sehen.

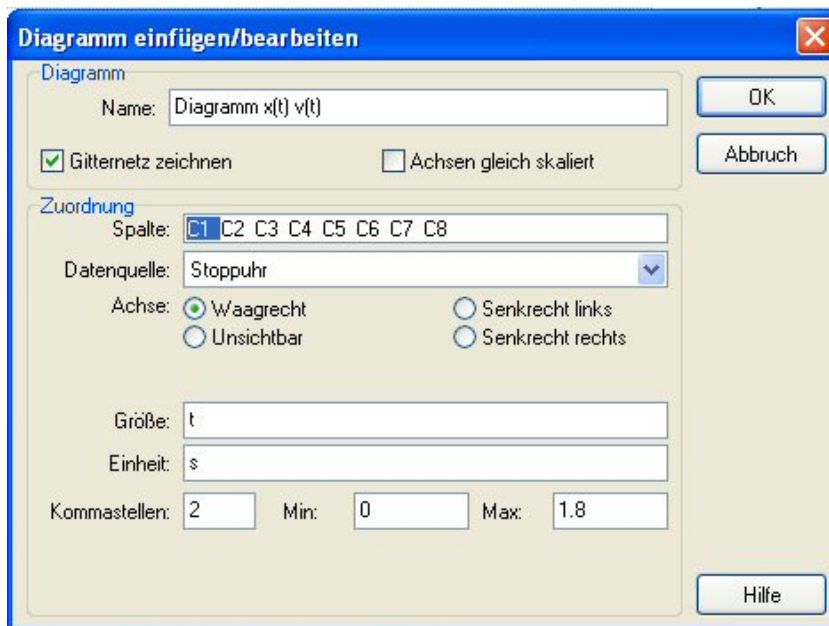
Die Option ‚Analysis‘ (besser Analyse genannt) bietet mit den ersten 3 Unteroptionen an, einen bestehenden Diagrammgraphen weiter zu verarbeiten. Mit den 4 nächsten Optionen im Analyse-Menü können bestehende Graphen genauer untersucht werden. Die Mathematik wird dabei behutsam unterstützt in das Arbeiten mit Coach6 einbezogen.

Die Option ‚Werte ablesen‘, das Scannen, ist auch in vielen Fällen bei der Interpretation von Diagrammen hilfreich.

Um nun in einem neuen Diagramm ein x-t- und ein v-t-Graph des bremsenden Seat Leon entstehen zu lassen, ist wie folgt vorzugehen:



Wenn auf den Dropdown-Pfeil rechts des Diagramm-Icons im Hauptmenü geklickt wird, wird deutlich, dass es schon ein Diagramm gibt. Es handelt sich das Diagramm ‚Video‘, das durch die Basisauswertung des Films entstanden ist. In der Liste der Diagramme dieser Aktivität soll ein neues hinzugefügt werden. Wir klicken also auf ‚Neu hinzufügen‘, wodurch sich der schon bekannte Diagrammgestaltungsdialog öffnet.



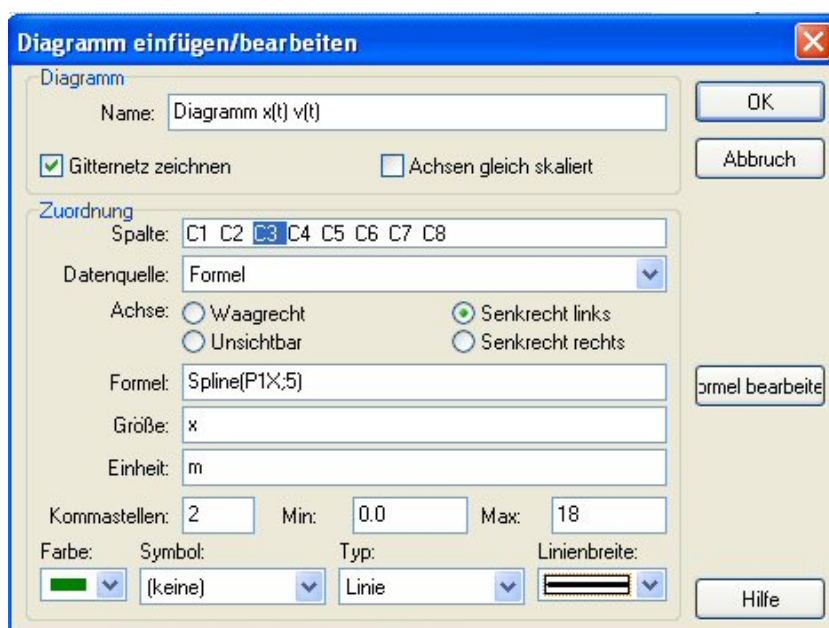
Wir geben den Diagrammnamen wie links sichtbar ein;

aktivieren das Kontrollkästchen fürs Gitternetz;

ordnen in der Spalte C1 die Daten der Stoppuhr der waagrechten Achse zu; die Zeitskalierung soll von 0 bis 1.8 Sekunden laufen.

Der Spalte C2 ordnen wir die Daten von P1-X zu und stellen bei Achse auf ‚unsichtbar‘. Damit man in der neuen

Diagrammtabelle mit den P1-X-Daten rechnen kann, müssen diese auch - wenn auch nicht angezeigt - in der Tabelle sein.



Mit Hilfe der Werte von P1-X sollen in der Spalte C3 durch eine Formel Daten entstehen, mit denen das Programm eine stetige Kurve als Ortsgraphen zeichnen kann.

Datenquelle ist eine Formel;

die Bezeichnung von Größe und Einheit ist links sichtbar;

die Berechnungs-Formel ‚Spline(P1X;5)‘ wird mit dem Formel-Assistenten eingegeben, der mit der

Schaltfläche [Formel bearbeiten] geöffnet wird. Diese Formel produziert die Zahlenpaare für eine geglättete Kurve durch die Messpunkte; je größer in der Klammer des Operators ‚Spline‘ die Zahl ist, desto stärker wird geglättet.

Durch Ableiten (Differenzieren) des Ortsgraphen nach der Zeit entsteht der Geschwindigkeitsgraph. Auch dafür bietet Coach6 einen Operator ‚Ableitung(‘) bzw. ‚Derivative(‘) im Formel-Assistenten an.



In der Spalte C4 sollen die Daten für die Geschwindigkeit v gespeichert werden;

v wird auf der zweiten senkrechten (rechten) Achse skaliert werden;

der v -Graph soll rot gezeichnet werden; die Skala von 0 bis 18 m/s laufen.

Der Formel-Assistent differenziert mit dem Operator ‚Ableitung(‘) bzw. ‚Derivative(‘) immer nach jener Größe, welche auf der waagrechten Achse abgetragen wird. Hier ist es die Zeit; deshalb entsteht durch das Differenzieren des Ortes auch die Geschwindigkeit v .

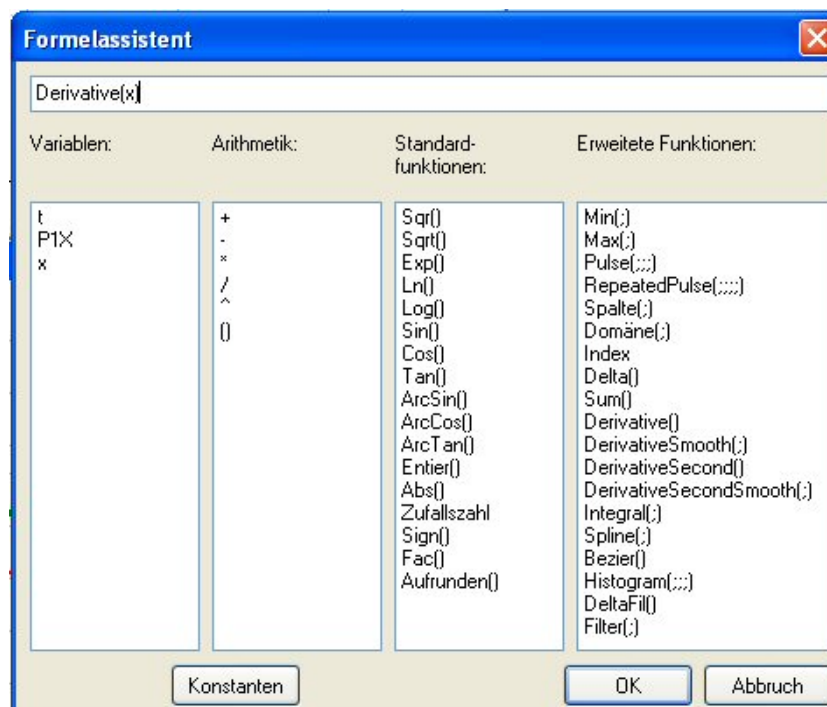
Mit dem Operator

‚DerivativeSecondSmooth(;)‘

bzw. ‚ZweiteAbleitungGlatt(;)‘

ermittelt man die zweite Ableitung einer Größe und glättet danach gleichzeitig den entstehenden Graphen.

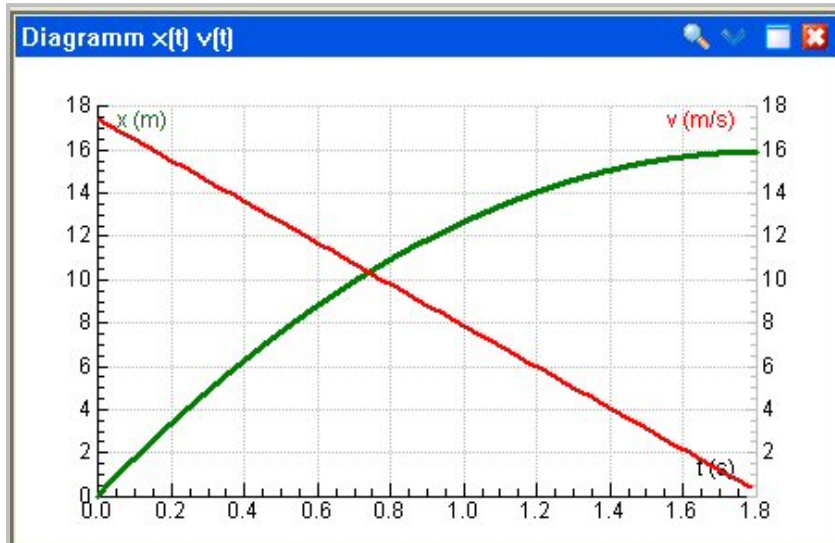
‚Derivative(x)‘ bzw. ‚Ableitung(x)‘ entsteht in



der Editierzeile so: wenn man in der Spalte ganz rechts auf ‚Derivative(‘) bzw. ‚Ableitung(‘) klickt, dann steht dieses Wort in der obersten Zeile und der Cursor blinkt zwischen den Klammern. Anschließend ist noch ein Klick auf x in der Spalte der Variablen nötig und der Assistent mit [OK] zu beenden.

Das Ergebnis ist recht beachtlich. Offensichtlich verringert der Seat Leon, der mit ABS ausgestattet ist und von einem Fachmann des Verkehrsübungsplatzes des

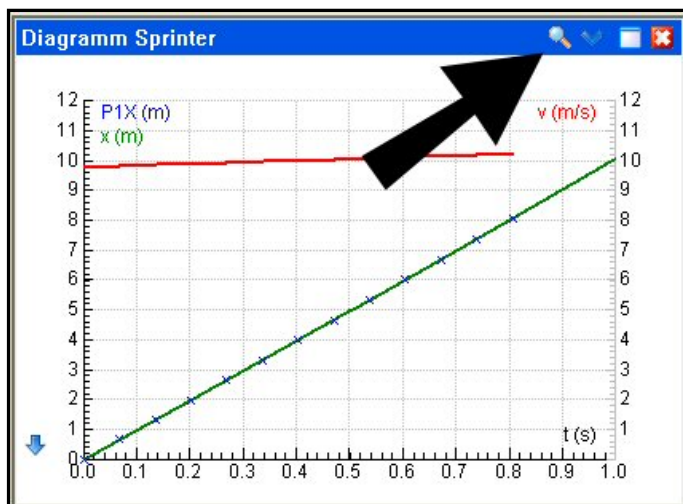
ÖAMTC gesteuert wird, zeitlich linear die Geschwindigkeit, wie das entstandene Diagramm verdeutlicht.



Darstellung des Bremsvorganges eines Seat Leon mit ABS

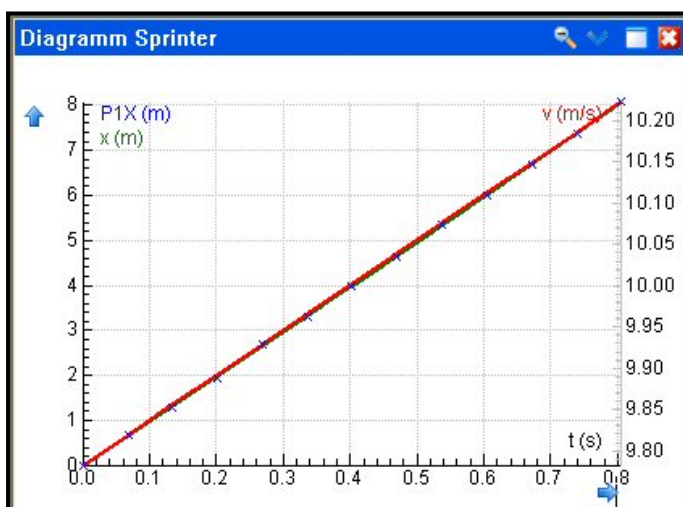
Beim Bremsvorgang interessiert natürlich

auch die Bremsverzögerung. Diese könnte durch die erste Ableitung der Geschwindigkeit berechnet und ebenfalls auf der rechten senkrechten Achse skaliert werden. Hier soll die Bremsverzögerung aber durch eine Analyseaktion am Geschwindigkeitsgraphen ermittelt werden.



Diese Lupe links ist eine wichtige Schaltfläche eines Diagramms. Sie erlaubt den ‚Ausschnitt anzupassen‘ bzw. wieder zu ‚erweitern‘.

Manchmal hat der Benutzer den Eindruck, dieser Ausschnitt verändere sich von selbst. Über dieses Icon könnte also eine Ausschnittsveränderung wieder rückgängig gemacht werden.

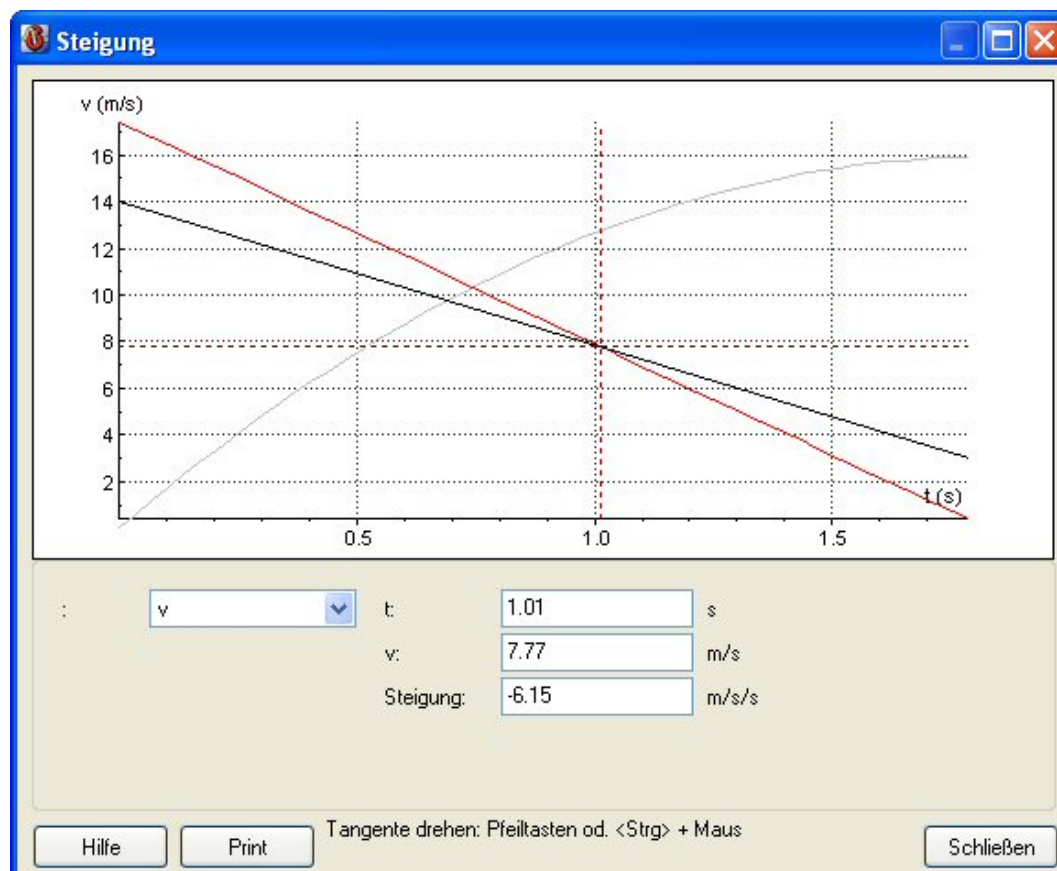


Durch Aufziehen eines Rechtecks mit der gedrückten linken Maustaste kann der Diagrammausschnitt gezielt verändert werden. An den Einstellungen zur Skalierung des Diagramms ändert sich dabei aber nichts, nur die Diagrammansicht passt sich dabei wunschgemäß an.

Das links dargestellte Diagramm hat dieselben Daten und Einstellungen als Grundlage wie das darüber stehende Diagramm. Anders ist nur der Ausschnitt! Beachte dazu speziell die Beschriftung der Achsen.

1.3.6.1 Bestimmung der Steigung eines Graphen

Im Diagramm-Kontextmenü startet man dazu mit ‚Analysis/Steigung‘ (engl. analyze/slope) folgenden Dialog:



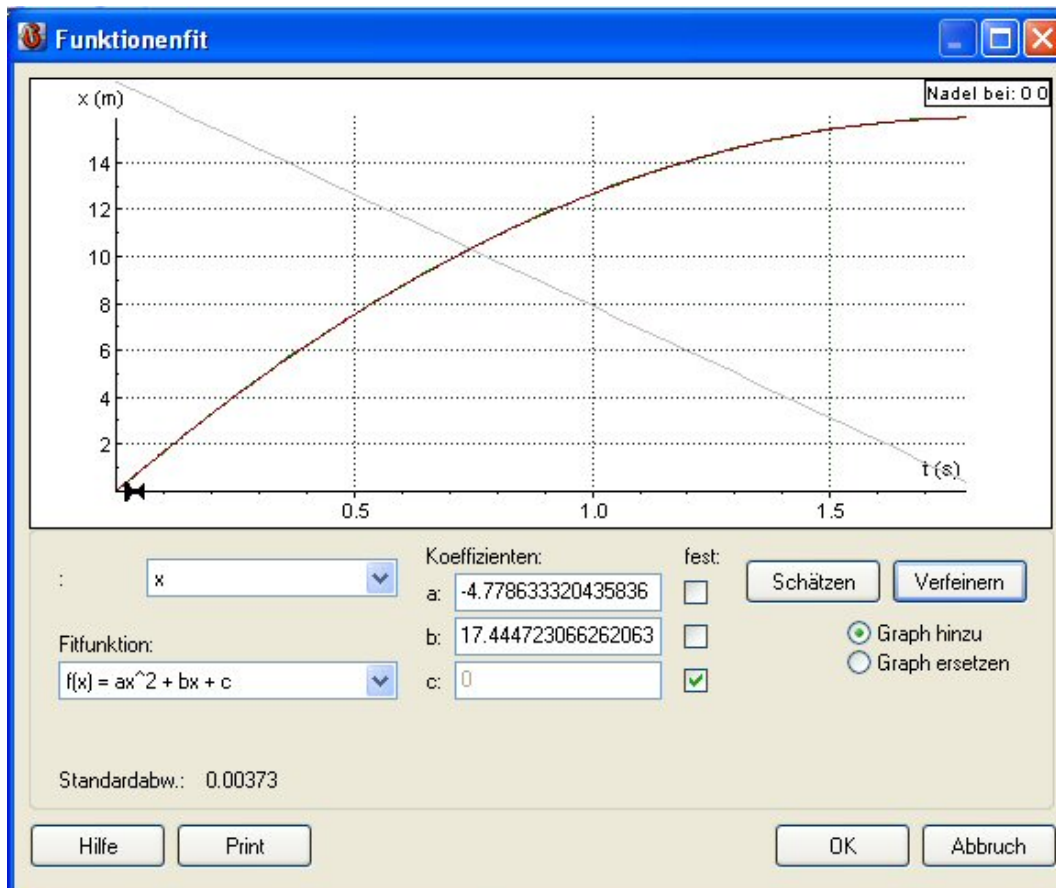
Wenn im Diagramm mehr als ein Graph dargestellt ist, muss links unten der Graph ausgewählt werden, dessen Steigung ermittelt werden soll. Hier soll die Steigung des v -Graphen bestimmt werden. Bei einem linken Mausklick auf die gewünschte Stelle des roten v -Graphen erscheint eine Gerade, deren Steigung mit den Pfeiltasten oder mit der <STRG> - Taste und der Maus verändert werden kann. Der Zahlenwert dieser Gerade-Steigung wird ebenfalls angezeigt. Der ganze Dialog kann mit einem rechten Mausklick und anschließender Auswahl von ‚Fensterinhalt kopieren‘ über die Zwischenablage in eine Textverarbeitung übernommen werden.

Die Bremsverzögerung beträgt übrigens um die 9 m/s^2 , ein sehr hoher Wert, der fast an der Skalierung der Achsen ein bisschen zweifeln lässt.

1.3.6.2 Einpassen einer mathematischen Funktion in einen Messdatengraphen

Eine wichtige Analyse-Option ist auch ‚Funktion einpassen (Fit)‘ für das Einpassen einer mathematischen Funktion in einen Graphen, der aus Messdaten entstanden ist.

Aus den Koeffizienten der eingepassten Funktionen können Werte physikalischer Parameter direkt oder indirekt bestimmt werden. Für die Auswahl der Erfolg versprechenden Fit-Funktion und die Interpretation der Parameter ist mathematisches und physikalisches Wissen hilfreich. Hier der Funktionenfit-Dialog:



Eine Parabel 2. Ordnung wird hier in den Graphen $x(t)$ für den Bremsvorgang eingepasst. Im Hintergrund ist auch der $v(t)$ -Graph sichtbar, der sich im selben Diagramm befindet. Der kleine Wert der Standardabweichung von nur 4 Tausendstel, der links unten im Dialog angezeigt wird, deutet an, dass der Einpassvorgang geglückt ist. Da die Parabel durch den Ursprung geht, muss der Parameter c gleich Null sein. Deshalb schreibt man bei c Null hinein und fixiert diesen Wert durch das Aktivieren seines Kontrollkästchens, sodass beim Aufruf des Einpassvorganges durch [Verfeinern] nur mehr die Parameter a und b verändert werden. Mit gerundeten Parameterwerten heißt die Gleichung des Funktionsgraphen:

Fitfunktion:

- $f(x) = ax^2 + bx + c$
- $f(x) = ax + b$
- $f(x) = ax$
- $f(x) = ax^2 + bx + c$
- $f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$
- $f(x) = a \cdot \exp(bx) + c$
- $f(x) = ab^x + c$
- $f(x) = a(x + b)^c + d$
- $f(x) = ax^b$
- $f(x) = a / (1 + \exp(-bx - c)) + d$
- $f(x) = a \cdot \exp(-(bx + c)^2) + d$
- $f(x) = a \cdot \exp(-bx) \cdot \sin(cx + d) + e$
- $f(x) = a \cdot \sqrt{bx + c} + d$
- $f(x) = a \cdot \ln|bx + c| + d$
- $f(x) = a/(x + b) + c$
- $f(x) = a/(x + b)^2 + c$
- $f(x) = a \cdot \sin(bx + c) + d$

$f(x) = -4,77 \cdot x^2 + 17,44 \cdot x$ bzw. mit aktuellen Variablen: $x(t) = -4,77 \cdot t^2 + 17,44 \cdot t$

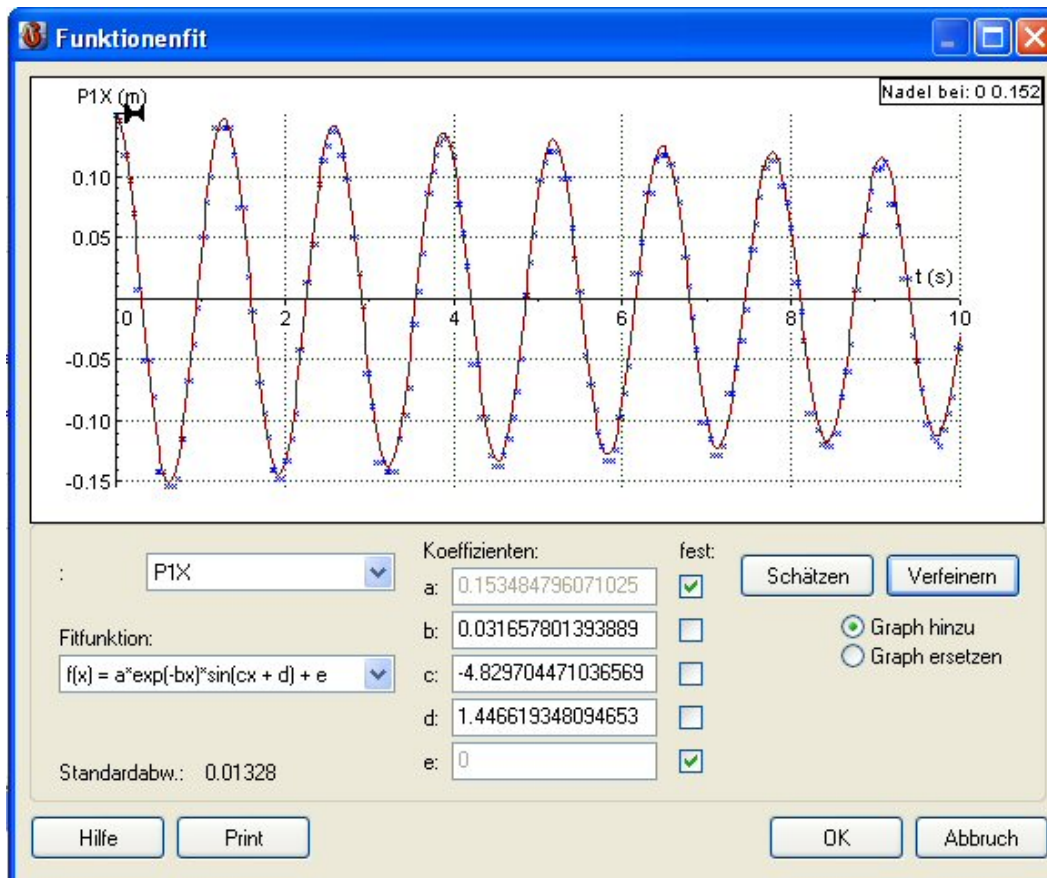
Der Parameterwert von a ist die Hälfte der Bremsverzögerung.

Links sind die Funktionstypen dargestellt, welche Coach6 beim Einpassen unterstützt. Das Herz jedes/jeder Naturwissenschaftlers/in schlägt höher beim Anblick dieser Liste.

Der Einpassvorgang kann durch den Benutzer beeinflusst werden. Händisch veränderte Parameterwerte wirken sich sofort auf den dargestellten Graphen der Fitfunktion aus. Mit einer Kombination von händischem und automatischem Einpassen werden die besten Ergebnisse erzielt.

Im Folgenden sei noch ein Einpassbeispiel

angeführt; die Videoauswertung eines schwingenden Fadenpendels ergibt z.B. diese hier sichtbar gemachten P1X-Werte:



Der positive Wert des Parameters b sorgt für die kleiner werdende Amplitude, also für die Dämpfung, da die Fitfunktion bei der Exponentialfunktion schon ein Minuszeichen vereinbart hat.

Weil sich bei der automatischen Einpassung ein negativer Parameter a für die Amplitude ergab, wurde dort das Minuszeichen entfernt und danach der Parameterwert fixiert.

Unüblich ist im Beispiel oben schon das Minuszeichen beim Parameter c ; dieses könnte auch entfernt werden; c muss als Kreisfrequenz ω der Schwingung interpretiert werden. Die Periodendauer T ist $2\pi/\omega = 2\pi/4,83 = 1,30$ Sekunden. Von der Richtigkeit dieses T -Wertes kann man sich leicht mit einem Blick aufs Diagramm überzeugen: 7 Schwingungen dauern etwa 9 Sekunden, also dauert eine Schwingung 1,29 Sekunden.

2 COACH6-PROJEKTE ZUR VIDEOANALYSE

In diesem Kapitel werden Aufgaben vorgestellt, die von Lehrern/innen sowie von Schülern/innen mit den Hilfestellungen dieser Arbeit bearbeitet werden können. Voraussetzung dafür sind der Besitz des Coach6-Programmes und Grundkenntnisse im Bedienen dieses Programms; letztere kann man sich auch über das Studium des Kapitels 1.3 dieser Arbeit beschaffen.

Zu vielen der hier vorgestellten Aufgaben wird auch eine Lösung in Form eines Coach6-Datenfiles sowie im Kapitel 3 ein detailliertes Arbeitsblatt angeboten. Wichtige Tätigkeiten des Programm-Handlings werden zusätzlich mit vier TurboDemofilmen veranschaulicht, die im Downloadbereich dieser Studie stehen.

Diese Aufgaben können so ohne all zu viel Aufwand von Lehrern/innen sowie von interessierten Schülern/innen realisiert werden.

Da die zur Verfügung gestellten Arbeitsblätter und Protokollvorlagen als Word-Dokumente vorliegen, können die damit arbeitenden Lehrpersonen den Schwierigkeitsgrad der Fragestellungen an die Vorkenntnisse und Leistungsfähigkeit ihrer Schüler/innen anpassen.

In der einen oder anderen Aufgabe wird auch die Gelegenheit genützt, das in Kapitel 1.3 beschriebene Handling-Repertoire ein bisschen zu erweitern.

Für zusätzliches selbstständiges Üben werden auch Videoclips angeboten, die ähnlich wie die hier behandelten analysiert werden können.

Die Liste der hier bearbeiteten Projekt-Themen:

- Topspeed bei Sprinter und Zug
- Fallen eines Balls und eines Fallschirm-Modells
- Anfahren/Bremsen von Moped und Auto
- Anfahren einer Tauruslok mit Güterzug
- Horizontaler und schiefer Wurf
- Schwingungen (Wassersäule, Faden- und Federpendel)
- Rotierendes Vorderrad eines Bikes

Die Dateinamen der vier TurboDemofilme, welche als .exe-Files und als .asf-Files (mit Windows Mediaplayer abspielbar) zur Verfügung gestellt werden:

- ProjektAnlegenFilmAnzeigen.exe bzw. *.asf
- AktivitaetOeffnenUndVideoEinstellungen.exe bzw. *.asf
- BasisAuswertungDesVideoclips.exe bzw. *.asf
- Erweiterte AuswertungInDiagrammen.exe bzw. *.asf

2.1 Topspeed von Zug und Sprinter

2.1.1 Topspeed eines Sprinters

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Topspeed eines Sprinters**;
Arbeitsblatt/Protokollvorlage **ABPV-Videoanalyse-SprinterTopspeed.doc**

a) Kurzbeschreibung

Ein sprintender Student wird im Stadion mit einer Digitalkamera mit Videofunktion gefilmt. Ziel ist es, seine Geschwindigkeit etwa 30m nach dem Start zu ermitteln. Als austrainierter Sprinter ist er auf den gemessenen ca. 10 m bei vollem Speed mit wahrscheinlich konstanter Geschwindigkeit unterwegs.

Kameraposition: etwa 25m von der Bewegung entfernt; rechtwinklig zur Bewegungsrichtung; das Zentrum der Bilder ist so perspektivisch nicht verzerrt.

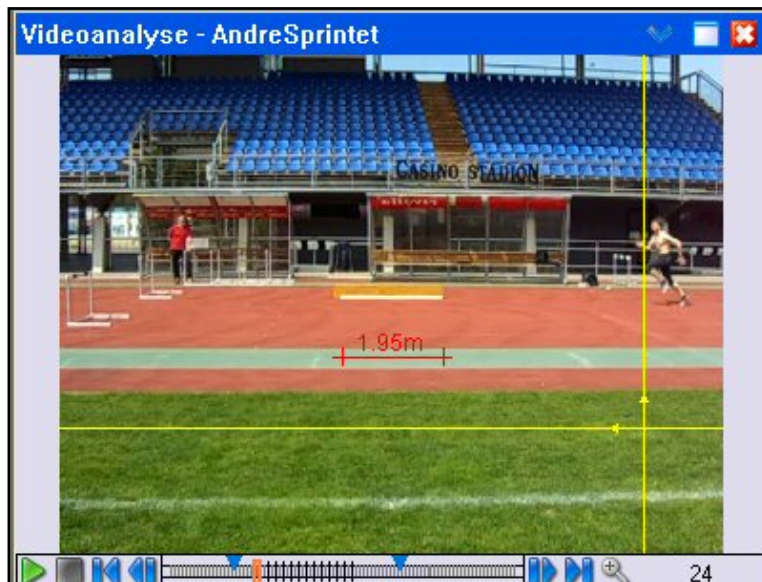
Achsenkalierung: mit zwei 1m-Linealen aus der Schule; sie liegen am hinteren Rand der vom Sprinter verwendeten Laufbahn.

Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; AndreSprintet.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(Je nach Grad der von der Lehrperson präparierten Vorlage sind manche Tätigkeiten nicht mehr auszuführen!)

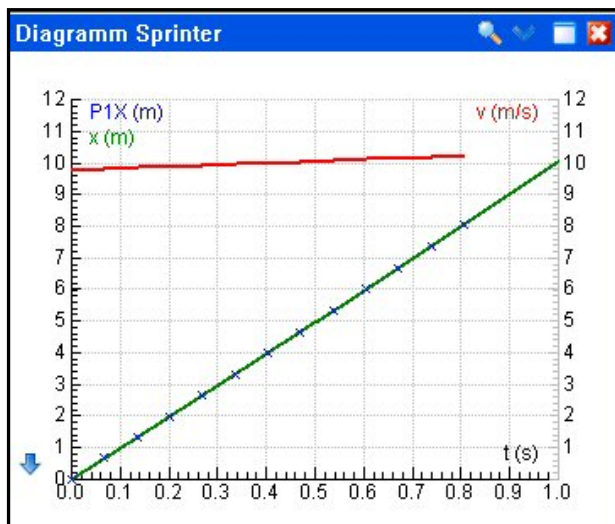
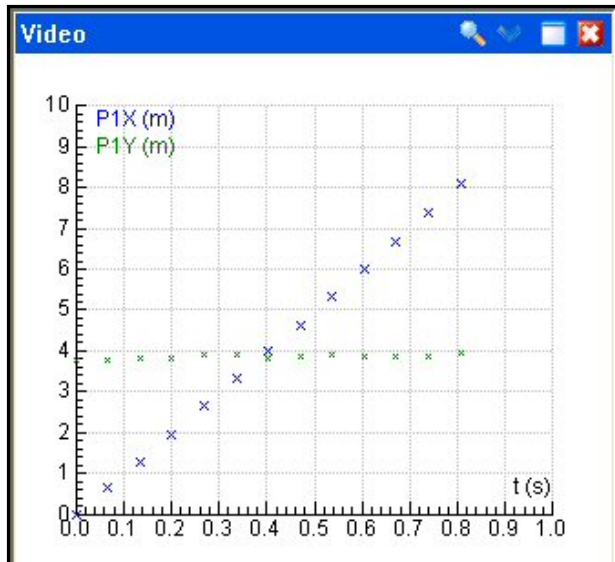
(1) Richte ein Projekt „Topspeed eines Sprinters“ ein und lege eine Video-Aktivität „Topspeed“ an. Als Variante könnte auch im zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner die Aktivitätsvorlage ‚Topspeed-Vorlage‘ bearbeitet werden.



(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende z.B. jedes zweite Frame von Bild 25 bis 49 für eine händische Auswertung. Orientiere die x-Achse von rechts nach links. Skaliere mit den ausgelegten 2 weißen 1m langen Schullinealen die Achsen. Berücksichtige dabei, dass die Länge dieser zwei 1m-Lineale zusammen hinsichtlich der Ebene der Bewegung etwas kürzer erscheint, weil sie weiter entfernt sind als die Ebene

der Bewegung. Ziehe den Maßstab auf die Länge der weißen Lineale und bemaße ihn z.B. mit 1.95 m (Achtung: das Dezimalkomma ist ein Punkt in diesem Programm).

(3) Mache über die Video-Kontextmenüoption ‚Als Diagramm anzeigen‘ das Diagramm ‚Video‘ für die händische Basisauswertung des Clips, führe diese aus und bearbeite das Diagramm danach so weit, bis es wie links dargestellt aussieht. Als



Verfolgungspunkt könnte der Kopf oder die Brust des Sprinters verwendet werden. Die y-Achse sollte beim ersten Auswertungsbild durch den Verfolgungspunkt gehen. Bei der Zeiteinstellung wird wie fast immer „t=0 bei erstem markierten Bild“ angewählt.

Damit keine Linien im Diagramm gezeichnet werden, müssen sie ganz unten im Diagramm-Bearbeitungsdialog ausgeschaltet und bei ‚Symbol‘ große bzw. kleine Kreuzlein als Markierung vereinbart werden.

(4) Richte ein zusätzliches Diagramm „Diagramm Sprinter“ ein. Die Zeit (Stoppuhr) soll auf der waagrechten Achse von 0 bis 1s laufen, beide vertikalen Achsen sollen von 0 bis 12 skaliert werden.

Die eigentlichen P1X-Messwerte sollen als Kreuzlein angezeigt, der durchgezogene Graph über ‚Analysis/Graph glätten‘ mit der Methode ‚Spline(P1X;5)‘ gemacht werden. Das Ziel ist ja ein möglichst glatter Graph $x(t)$; deshalb bekommt der Spline-Operator als zweite Parameter für die Filterbreite den relativ großen Wert 5. Der $v(t)$ -Graph soll an der

rechten vertikalen Achse skaliert sein. Über die Option ‚Analysis/Ableiten‘ wird der $x(t)$ -Graph differenziert und die sich ergebende Ableitungsfunktion als $v(t)$ Graph rot angezeigt.

Der Geschwindigkeitsgraph ist keine perfekte konstante Funktion. Entweder war der Sprinter doch nicht immer genau gleich schnell oder es haben sich Auswertungsungenauigkeiten eingeschlichen. Im Projekt „Top speed eines Zuges“ wird näher auf perspektivische Verzerrungen eingegangen. Die Durchschnittsgeschwindigkeit liegt während des betrachteten Zeitintervalles bei 10 m/s.

(5) Lies aus dem Diagramm den zurückgelegten Weg nach 0.5 Sekunden ab und vergleiche diesen Wert mit der Fläche, welche zwischen dem $v(t)$ -Graphen und der Zeitachse im Zeitintervall $[0 ; 0.5]$ liegt. Verwende zur Flächenbestimmung die Option ‚Analysis/Fläche‘. Wähle im sich öffnenden Dialog den $v(t)$ -Graphen aus und stelle den ‚Anfang‘ auf 0 und das ‚Ende‘ auf 0.5; darunter ist die ermittelte und im Diagramm auch eingefärbte Fläche angezeigt. Die Fläche zwischen $v(t)$ -Graphen und Zeitachse ist offensichtlich der im betrachteten Zeitintervall zurückgelegte Weg.

2.1.2 Topspeed eines Zuges

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner *Topspeed eines Zuges*

a) Kurzbeschreibung

Ein Eilzug fährt auf gerader Strecke dahin und wird mit einer Digitalkamera mit Videofunktion gefilmt. Ziel ist es, seine - wahrscheinlich konstante - Fahrgeschwindigkeit zu ermitteln.

Kameraposition: etwa 100m von der Bewegung entfernt; rechtwinklig zur Richtung der Schienen; das Zentrum der Bilder ist so perspektivisch nicht verzerrt.

Achsenkalierung: mit z.B. fünf jeweils 5m langen Schallschutzelementen, die gleich hinter der vom Zug befahrenen Eisenbahnstrecke aufgebaut sind.

Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; EilzugFahrt.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte ein Projekt „Topspeed eines Zuges“ ein und lege eine Video-Aktivität ‚ZugTopspeed-Lösung1‘ an. Als Variante könnte auch im zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚ZugTopspeed-Vorlage‘ bearbeitet werden.

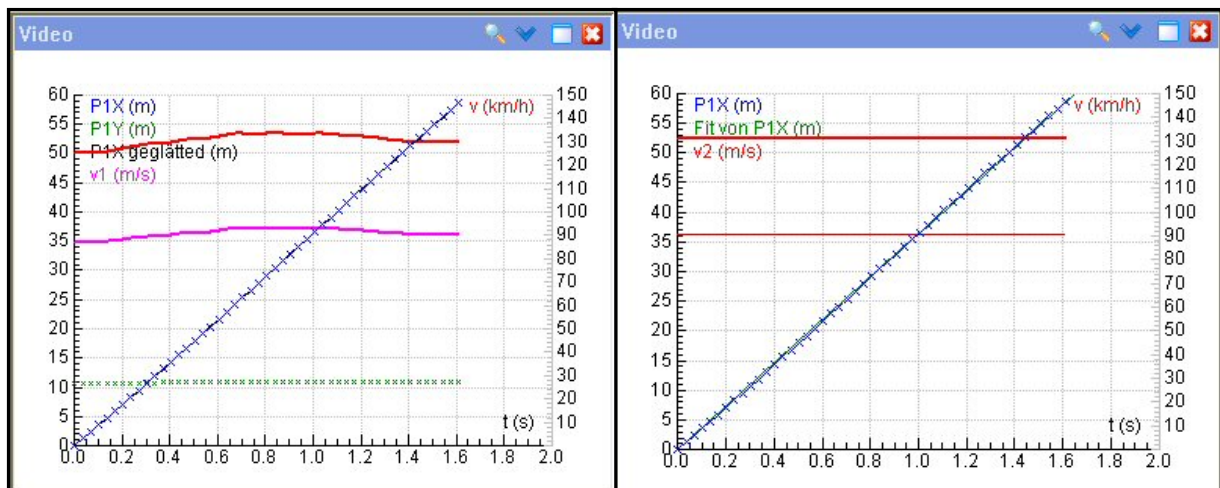


(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende für die automatische Punktverfolgung die erste Türe des Zuges als Verfolgungsbereich und wähle die Frames 40 bis 90 für die Auswertung aus. Skaliere mit fünf Elementen (je 5m lang) der Schallschutzwand die Achsen. Ziehe dazu den Maßstab im mittleren Bereich des Bildes auf eine Länge von 5 Schallschutzelementen

und bemaße diesen Maßstab mit 25m. Positioniere die y-Achse so, dass sie durch den Verfolgungsbereich im ersten ausgewählten Frame geht.

Lösung 1:

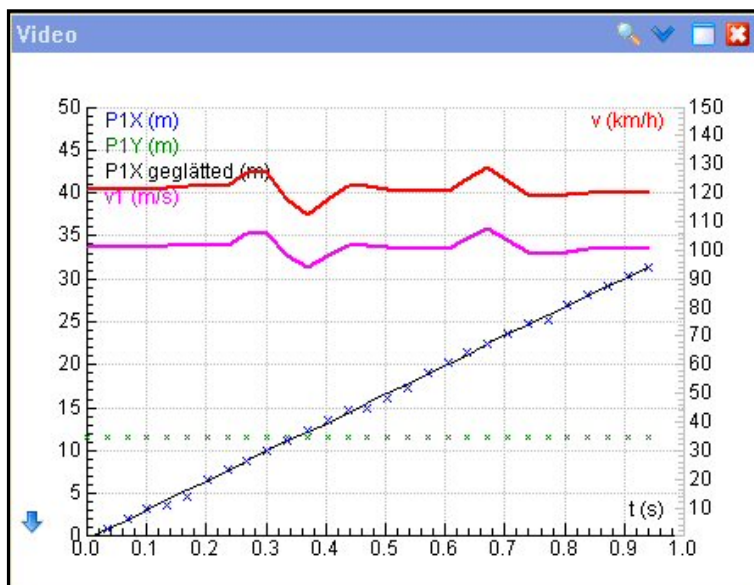
Lösung 2:



(3) Mache über die Video-Kontextmenüoption ‚Als Diagramm anzeigen‘ das Diagramm „Video“ für die Auswertung des Clips, führe diese aus und bearbeite das Diagramm danach so weit, bis es wie oben dargestellt aussieht.

Zu Lösung 1: Der Kreuzlein-Graph von P1X ist hier mit der Methode des „gleitenden Durchschnitts“ (erste Option im Dialog ‚Graph glätten‘, der über ‚Analysis/Graph glätten‘ gestartet wird) zu einem zusammenhängenden Graphen für den Weg geworden. Der violette v1-Graph soll über den ‚Diagramm bearbeiten‘-Dialog entstehen: Als Datenquelle wird ‚Formel‘ ausgewählt, die nötige Formel, welche mit dem Formelassistenten eingegeben wird, lautet ‚Ableitung(P1X geglättet)‘; so wird aus dem fast linearen Graphen für den Weg durch Ableiten der Geschwindigkeitsgraph v1 gemacht. Auf der rechten vertikalen Achse soll zusätzlich noch die Geschwindigkeit v in km/h angezeigt werden. Als Formel muss dazu nur der Spaltenname, der die Geschwindigkeit v1 in m/s enthält, mit 3,6 multipliziert werden; es muss also ‚C5*3,6‘ in der Spalte C6 bei ‚Formel‘ stehen.

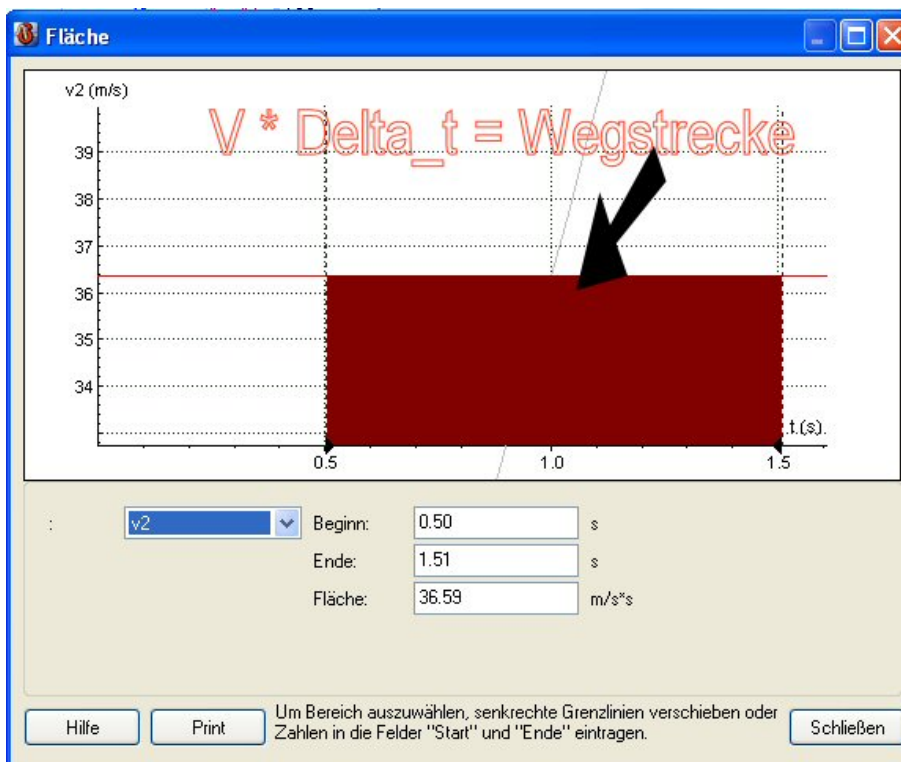
Das Ergebnis (siehe Diagramm oben links) gibt doch ein bisschen zu denken: Am Beginn und am Ende der Messzeit wird für die Geschwindigkeit ein kleinerer Wert



(etwa 35 m/s) ermittelt als in der Mitte (37m/s). Dies ist eine Folge der perspektivischen Verzerrung der Videobilder. Da diese Verzerrung am linken und am rechten Rand des Bildes erfolgt, kann sie auch im Videoanalyse-Kontextmenü über die Option ‚Perspektivkorrektur‘ nicht auf beiden Seiten aufgelöst werden. Falls die Messung erst ab der Bildmitte beginnt und dann nur nach rechts ausgewertet wird, ist eine Bildkorrektur möglich, die ein

Diagramm liefert, wie es unten auf der vorigen Seite zu sehen ist. Wie viel der rechte Rand des erscheinenden roten Rechtecks bei der Perspektivkorrektur nach rechts gezogen werden muss, kann nur durch Probieren und anschließendes Auswerten festgestellt werden; quantifizieren lässt sich diese Aktion nicht. Das Ergebnis ist somit auch nur ein qualitatives und kann zu Messzwecken nichts beitragen.

Zu Lösung 2: Diese ist fast ein bisschen „unseriös“. Das Ergebnisdiagramm ist auf der vorigen Seite im rechten der beiden neben einander stehenden Diagramme zu sehen. Warum entstehen hier so ideal konstante Geschwindigkeitsgraphen? Der Grund liegt darin, dass in die eigentlichen Messpunkte von P1X über die Diagramm-Kontextmenüoption ‚Analysis/Funktion einpassen (Fit)‘ als mathematische Funktion eine Gerade eingepasst wird. Diese Gerade ist der Weg-Zeit-Graph der Bewegung. Eine Gerade hat eine einheitliche Steigung; deshalb ist es nicht verwunderlich, wenn auch durch den Operator ‚Ableitung([Fit von P1X])‘ bzw. ‚Derivative([Fit von P1X])‘ die Daten für einen konstanten Geschwindigkeitsgraphen erzeugt werden. Mit ‚Analysis/Steigung‘ könnte vom Weg-Graphen „Fit von P1X“ auch die Steigungszahl bestimmt werden, welche ja ebenfalls die Geschwindigkeit in m/s ist.



(4) Leicht nachvollziehbar kann bei der Lösung 2 gezeigt werden, dass Coach6 im Dialog ‚Analysis/Fläche‘ den Flächeninhalt zwischen Graph und horizontaler Achse richtig berechnen kann, und dass die Maßzahl der Fläche zwischen dem roten v2-Graphen und der Zeitachse gleich der Maßzahl des zurückgelegten Weges ist.

Wenn als Zeitintervall Δt eine Sekunde eingestellt wird, ist der zurückgelegte Weg auch gleich der Maßzahl der hier konstanten Geschwindigkeit.

Eine Dimensionsbetrachtung zeigt ebenfalls, dass die Maßzahl der eingefärbten Fläche einen Weg repräsentiert: Die Rechteckfläche ist bekanntlich Länge mal Breite; Sekunde mal Meter/Sekunde ergibt Meter, die Dimension des Weges. Dies wird im dargestellten Coach6-Dialog „Fläche“ auch angezeigt.

2.2 Das Fallen von Ball und Fallschirm-Modell

2.2.1 Ein Ball fällt frei

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Ein Ball fällt frei**;
Arbeitsblatt/Protokollvorlage **ABPV-Videoanalyse-BallFällt.doc**

a) Kurzbeschreibung

Ein gelber Indoor-Fußball fällt in der Turnhalle über ca. 3 m zu Boden. Da die Geschwindigkeit dabei nicht all zu groß wird, ist die Luftreibung vernachlässigbar. Der freie Fall des Balles wird mit einer Digitalkamera mit Videofunktion gefilmt. Ziel ist es, bei dieser Bewegung mit Hilfe der Graphen die Abhängigkeit des Weges und der Geschwindigkeit von der Zeit zu untersuchen.

Kameraposition: etwa 5m von der Bewegung entfernt; die Kamera wird nicht vertikal gedreht, obwohl mit Coach6 die Bilder eines Clips um fast beliebige Winkel, so auch um 90 Grad, gedreht werden können; die Kamera befindet sich auf einem Stativ in einer Höhe von etwa 1,5m über dem Turnhallenboden.

Achsenkalierung: mit der gemessenen Höhe der Holzverkleidung (2,70m) der Turnhallenwand; Experten/innen beachten, dass die Ebene der Bewegung etwa 40-50cm vor dieser Wand ist.

Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; BallGelbFälltFrei.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte ein Projekt „Ein Ball fällt frei“ ein und lege eine Video-Aktivität „BallFälltFrei-Lösung1“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚BallFälltFrei-Vorlage‘ bearbeitet werden.



(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende für die händische Videoauswertung jedes zweite Bild von 20 bis einschließlich 44.

Skaliere die Achsen mit der 2,7m hohen Holzverkleidung der Wand und ziehe dazu den Skalierungsmaßstab eine Idee weiter auseinander, als diese Verkleidung im Film zu sehen ist. Würde nämlich die Holzwand 40 cm näher zur Kamera verschoben werden, erschiene die 2,7m hohe

Verkleidung ebenfalls etwas größer. Bei genau bekannter Position der Kamera könnten diese Skalierungskorrekturen in einer maßstabsgetreuen Zeichnung etwas genauer abgeschätzt werden. Aber die Verzerrungen durch das Kameraobjektiv sind

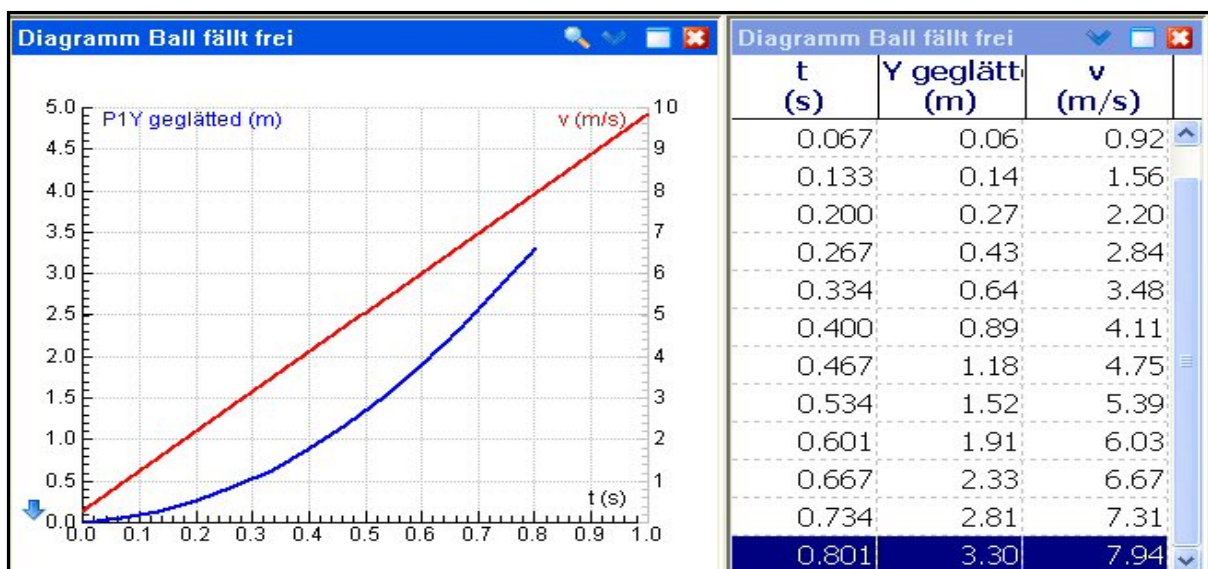
dann immer noch nicht berücksichtigt. Am genauesten wäre es sicher, genau in der Bewegungsebene einen Gegenstand (z.B. langes Klassenlineal) mit bekannter Länge zu positionieren.

Die y-Koordinatenachse soll von oben nach unten orientiert werden, damit der Fallweg und als Folge davon auch die Geschwindigkeit und die Beschleunigung ein positives Vorzeichen bekommen. Bei ‚Zeiteinstellungen‘ kann die Bildrate des Clips abgelesen und - wie bei den meisten Analyseprojekten - ‚t = 0 beim ersten markierten Bild‘ eingestellt werden.

(3) Mache über die Video-Kontextmenüoption ‚Als Diagramm anzeigen‘ das Diagramm ‚Video‘ für die Basisauswertung des Clips, führe diese aus und bearbeite das Diagramm danach so weit, bis es P1X und P1Y als Kreuzlein-Graphen und ‚P1Y geglättet‘ als geglätteten Liniengraphen enthält.

Lege danach ein neues zusätzliches Diagramm ‚Ball fällt frei‘ an, wie es im Folgenden dargestellt ist. Die Ableitung des Graphen von ‚P1Y geglättet‘ liefert den linearen Geschwindigkeitsgraphen. Die Geschwindigkeit nimmt also in Abhängigkeit von der Zeit linear zu, die Beschleunigung ist gleichmäßig, also zeitlich konstant.

Zeige über das Diagramm-Kontextmenü ‚Als Diagramm anzeigen‘ auch die dazugehörige Diagrammtabelle an.



(4) Die Frage, wie weit der Ball z.B. innerhalb von 0,6 Sekunden nach dem Start gefallen ist, kann auf mehrere Arten beantwortet werden. Mit dem Diagramm-Kontextmenüpunkt ‚Werte ablesen‘ wird der Scann-Modus eingestellt; nach einem Klick auf einen Diagrammgraphen werden alle (vorhandenen) Werte zu diesem Zeitpunkt am Rande des Diagramms angezeigt, gleichzeitig wird die entsprechende Zeile in der Tabelle blau unterlegt sowie im Videofenster das dazugehörige Frame angezeigt.

Wenn im Videofenster auch die Spur des fallenden Balles angezeigt wird, können mit dem Lineal (muss über die Video-Kontextmenüoption ‚Anzeigen/Lineal‘ durch Anklicken aktiviert werden) Messungen von Entfernungen in der Bewegungsebene durchgeführt werden.

Auch hier bei der ungleichförmigen Bewegung des freien Falles kann verdeutlicht werden, dass die Maßzahl für die Fläche zwischen v-Graph und Zeitachse gleich der Maßzahl für den zurückgelegten Weg im betrachteten Zeitintervall ist.

2.2.2 Fallschirm-Modell in Turnhalle

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Fallschirm_Modell in Turnhalle**

a) Kurzbeschreibung

Ein Fallschirm-Modell fällt in der Turnhalle aus einer Höhe von etwa 5m zu Boden. Es soll untersucht werden, ob sich wirklich eine konstante Sinkgeschwindigkeit einstellt. Wenn es der Bildhintergrund und die Farbe und Größe des „Springers“ zulassen, soll der Verfolgungspunkt der „Fallschirmspringer“ sein, andernfalls könnte der jeweils oberste Punkt des Schirmes als Verfolgungspunkt verwendet werden.

Ganz perfekt wäre dieses Experiment, wenn das Öffnen des Schirmes nicht sofort begägne, sondern „ferngesteuert“ erst später erfolgte.

Die Fallbewegung des Modells wird mit einer Digitalkamera mit Videofunktion gefilmt.



Falls die Achsenskalierung seriös – etwa mit der Länge des Schirmes vor dem Start - gemacht werden kann, liefert die Videoauswertung auch einen Zahlenwert für die Sinkgeschwindigkeit. Bei bekannter Masse des Modells und bekannter angeströmter Fläche des Schirms ließe sich so auch ein cw-Wert für diesen „Schirmtyp“ ermitteln.

Kameraposition: etwa 10m von der Bewegung entfernt; ohne zu viel die Kamera zu kippen soll die Startposition deutlich im Bild zusehen sein; die Kamera befindet sich auf einem etwa 1,5m hohen Stativ.

Achsenskalierung: 2 Möglichkeiten: mit der gemessenen Höhe der Sprossenleiter (4,90m); die Ebene der Bewegung ist etwa 1m vor dieser Sprossenleiter. Mit der Länge (1,60m) des zusammengeklappten Fallschirm-Modells, wie es zu Beginn der Bewegung zu sehen ist.

Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; FallschirmInTurnhalle1.avi

Tipps zum Bau eines Fallschirm-Modells:

Der eigentliche Schirm ist der Stoffteil

eines Regenschirmes, dessen Gestänge kaputt gegangen ist. Er besteht also aus 8 Segmenten. Vielleicht wäre eine fast halbkugelförmige Schirmvariante vorteilhaft.

Die 8 Seile sind aus Zwirn und am Schirm mit je einer Sicherheitsnadel befestigt. Sie sind zuerst einmal je etwa 1,3m lang.

Unten ist als "Fallschirmspringer" ein selbst ausgesägte Holzkreisring; der äußere Durchmesser ist etwa 13cm, der innere 10cm.

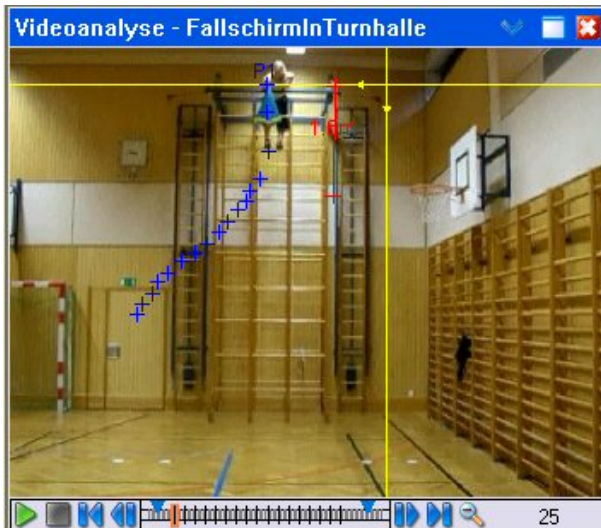
Im etwa 1cm starken Holzring wurden 8 äquidistante Löcher angebracht, um dort die 8 Seile im Abstand von 1m zum Schirm anbinden zu können.

Zuletzt wurde er noch mit einer grellroten Farbe angesprüht.

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

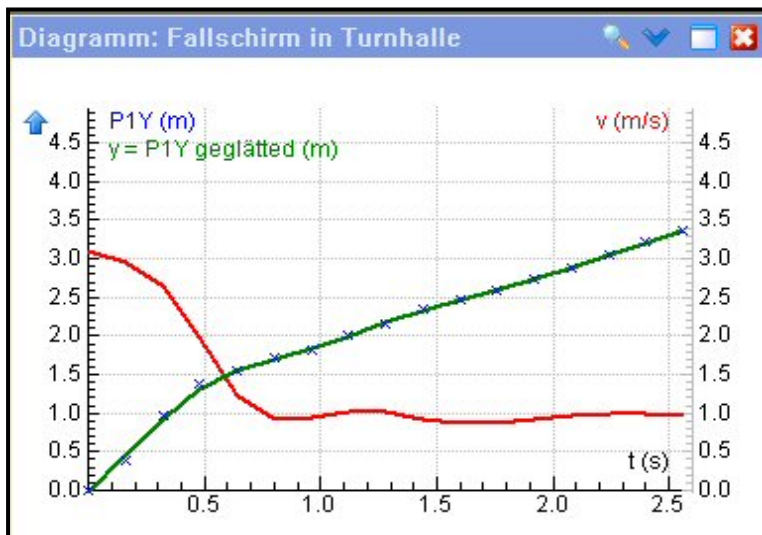
(1) Richte ein Projekt „Fallschirm_Modell in Turnhalle“ ein und lege eine Video-Aktivität „Fallschirm-Modell-Lösung“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚Fallschirm-Modell-Vorlage‘ bearbeitet werden.

(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende für die händische Videoauswertung jedes vierte Bild von 25 bis einschließlich 89. Skaliere die Achsen mit der bekannten Länge (1,60m) des zusammengeklappten Modells. Wähle als



Verfolgungspunkt die oberste Position des Schirmes und orientiere die y-Achse von oben nach unten. Stelle bei ‚Zeiteinstellungen‘ ‚t = 0 für das erste markierte Bild‘ ein.

(3) Mache über die Video-Kontextmenüoption ‚Als Diagramm anzeigen‘ das Diagramm für die Basisauswertung des Clips, führe diese aus und bearbeite das Diagramm „Video“ danach so weit, bis es P1X und P1Y als Kreuzlein-Graphen und ‚P1Y geglättet‘ als geglätteten Liniengraphen enthält.



(4) Lege danach über ‚Diagramm/Neu hinzufügen‘ ein neues zusätzliches Diagramm „Fallschirm in Turnhalle“ an. Die Ableitung des Graphen von „P1Y geglättet“ über ‚Analyse/Ableiten‘ liefert den

Geschwindigkeitsgraphen, nach dem Ableiten muss die rechte vertikale v-Achse nur noch von 0 bis 5 skaliert werden.

Nach einer Bremsphase sinkt das Schirm-Modell mit einer

fast konstanten Geschwindigkeit von etwa 1m/s zu Boden.

Durch ein eventuelles Herausschweben des Schirmes aus der skalierten Bewegungsebene entstehen wahrscheinlich nur geringe Ungenauigkeiten, da auch bei anderen Filmen mit diesem Fallschirm-Modell eine konstante Sinkgeschwindigkeit von derselben Größenordnung beobachtet werden konnte.

2.3 Autos bremsen und Züge fahren an

2.3.1 Autos bremsen

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Autos bremsen**;
Arbeitsblatt/Protokollvorlage **ABPV-Videoanalyse-AutoBremst.doc**

a) Kurzbeschreibung

Auf dem ÖAMTC-Verkehrsübungsplatz wird ein Seat Leon gefilmt, wie er von einem Autofachmann bei aktivem ABS schnellstmöglich gebremst wird. Es soll die Bremsverzögerung ermittelt und der Unterschied herausgearbeitet werden, dass dabei die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit und in Abhängigkeit vom Ort des bremsenden Fahrzeuges unterschiedlich abnimmt. Wenn wegen zu großer Geschwindigkeit der Bremsweg nur wenige Meter größer ist als der zur Verfügung stehende Platz, kommt es noch bei relativ hoher Geschwindigkeit zu einem Crash. Dies soll beim Studium des letzten Diagramms deutlich werden.

Mit Schülern/innen kann bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen auf dem Schulhof auch das Bremsen und Anfahren von Mopeds und Fahrrädern analysiert werden.

Kameraposition: etwa 20-25m rechtwinklig von der Bewegungsrichtung entfernt; die Kamera befindet sich auf einem Stativ in etwa 1,5m Höhe.

Achsenkalierung: mit der bekannten Länge des Fahrzeuges (4,30m).

Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; SeatBremst.avi



b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte ein Projekt „Autos bremsen“ ein und lege eine Video-Aktivität „SeatBremst-MeineLösung“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚SeatBremst-Vorlage‘ bearbeitet werden.

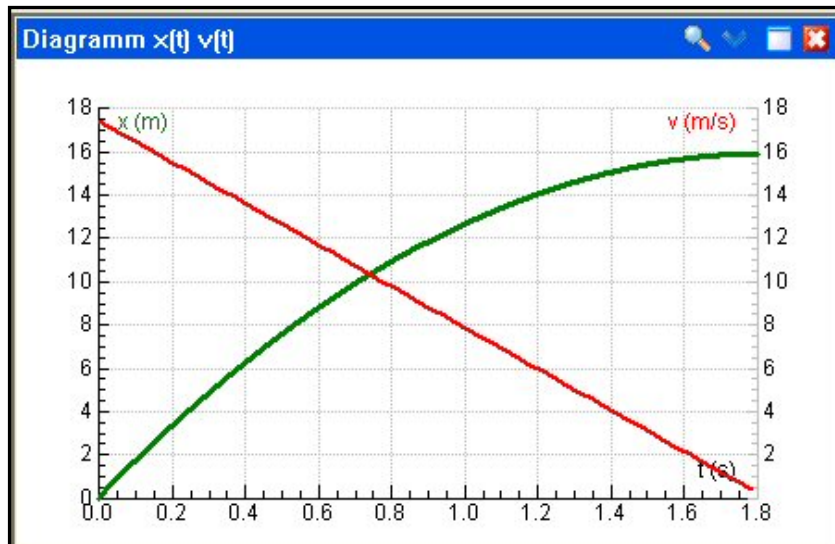
(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende für die automatische Punktver-

folgung die gelbe ovale Firmenaufschrift auf der Seitentüre. Der kreisförmige Verfolgungsbereich sollte so groß sein, dass das ganze Oval darin Platz hat.

Wähle für die Auswertung etwa Bild 20 bis 72 aus.

Da auf den ersten Bildern der Seat nicht oder nicht zur Gänze sichtbar ist, muss die Skalierung der Achsen etwa im 20. Bild gemacht werden. Setze die übliche Zeiteinstellung: ‚t = 0 beim ersten markierten Bild‘.

(3) Im Basisauswertungsdiagramm „Video“ sollen die Messwerte für P1X als Kreuzlein, jene für P1Y gar nicht angezeigt werden.



(4) Im neu anzulegenden Diagramm „Diagramm x(t) v(t)“ kommt in die erste Spalte für die waagrechte Achse die Zeit t ; der zweiten Spalte werden die Werte P1X zugeordnet, ohne dass sie angezeigt werden; in der Spalte C3 werden mit Hilfe der Formel ‚Spline(P1X;5)‘ die Messwerte für einen geglätteten $x(t)$ -Graphen

aufbereitet; zuletzt wird noch in der Spalte C4 mit der Formel ‚Ableitung(x)‘ bzw. ‚Derivative(x)‘ der Geschwindigkeitsgraph erzeugt, welcher auf der rechten senkrechten Achse skaliert wird (Variante für Spalte C4: ‚AbleitungGlatt(P1X;5)‘ bzw. ‚DerivativeSmooth(P1X;5)‘). Die Geschwindigkeit nimmt also – vorerst mit freiem Auge beurteilt - bei dieser ABS-Vollbremsung zeitlich linear ab; die Anwendung des Formelapparates der gleichmäßig beschleunigten Bewegung bei einem normalen Bremsvorgang eines Autos ist – wie das im Unterricht und auch von Verkehrsphysikern gemacht wird - also gerechtfertigt.



Ein zusätzliches $v(x)$ -Diagramm dieses Bremsvorganges entsteht wie folgt:

Auf der waagrechten Achse werden die geglätteten x -Werte dargestellt. Wenn sie davor in einem anderen Diagramm berechnet worden sind, kann im Diagramm-Bearbeitungsdialog bei ‚Datenquelle‘ bei ‚Formel:x‘ einfach darauf zugegriffen werden.

Der Spalte C2 werden die Daten von v zugeordnet; als Datenquelle steht ‚Formel: v ‘ vom anderen Diagramm zur Auswahl zur Verfügung. Die Geschwindigkeit in m/s soll in diesem Diagramm nicht angezeigt werden; deshalb schalten wir die Spalte C2 auf ‚unsichtbar‘. Die Geschwindigkeit soll hier in der Einheit km/h auf der linken senkrechten Achse skaliert werden; dazu wählen wir in der Spalte C3 ‚Formel‘ als Datenquelle aus, bezeichnen die Größe mit $v_{\text{km/h}}$ - in einer Aktivität darf keine Variablenbezeichnung zwei Mal vorkommen; man könnte die zwei Geschwindigkeiten auch wie folgt unterscheiden: $v_1(\text{m/s})$ und $v_2(\text{km/h})$ - und tragen dafür bei der Einheit nichts ein; als Berechnungsformel für die Spalte C3 muss „ $C2*3.6$ “ angeschrieben werden, weil durch die Multiplikation mit 3,6 eine Geschwindigkeitsangabe von m/s in km/h umgerechnet wird.

Die Bremsverzögerung a müsste im Diagramm „ $x(t)$ $v(t)$ “ etwa als Steigung des $v(t)$ -Graphen oder als Ableitung von v bzw. als zweite Ableitung von x ermittelt werden. Sie hat einen negativen Wert; aus Gründen der Übersichtlichkeit ist es schlaunicht „ a “ sondern „ $-a$ “ oder $\text{Abs}(a)$ auf der rechten senkrechten Achse anzuzeigen.

Da die Bremsverzögerung mehr als doppelt so groß als die gesetzlich vorgeschriebene (4m/s^2) ist, ist auch der Bremsweg kürzer als die Hälfte des „normalen“ Bremsweges bei 62km/h (bei $a=4\text{m/s}^2$ gilt als Näherungsformel $B \sim 6,2*6,2=38,4\text{m}$).

Eine Bremsverzögerung von über 9m/s^2 macht schon ein wenig stutzig. Spezielle aerodynamische Einrichtungen zur Erhöhung der Bodenhaftung hat das eingesetzte Auto offensichtlich nicht. Wegen des Haftreibungskoeffizienten, der sicher kleiner 1 ist, muss deshalb auch die Bremsverzögerung kleiner als die Schwerebeschleunigung ($g = 9,81\text{m/s}^2$) sein. Durch die perspektivische Verzerrung am rechten Rand des Bildes wird der Wert für die Bremsverzögerung ebenfalls eher höher. Die Auswirkungen von Ungenauigkeiten bei der Achsenskalierung mit der Autolänge ($4,20\text{m} - 4,30\text{m}$) sind aber klein.

2.3.2 Güterzug mit Tauruslok fährt an

Zusatzangebot:

Coach6-Aktivität Coachprojekt-File **Züge fahren an**

a) Kurzbeschreibung

Auf dem größten Güterbahnhof Westösterreichs in Wolfurt fährt ein 298 t schwerer Güterzug (Güterzüge können auch doppelt so lang und doppelt so schwer sein) von einer Tauruslok gezogen an. Wie groß sind die dabei nötigen Zugkräfte der Lok? Klar ist, dass zur Schonung der ganzen Zuggarnitur und der Lok nicht mit maximal möglicher Kraft angefahren wird.

Kameraposition: etwa 25 bis 30m rechtwinklig von der Bewegungsrichtung entfernt; die Kamera befindet sich auf einem Stativ in etwa 1,5m Höhe.

Achsenskalierung: mit der bekannten Länge der Tauruslok (19,3m über Puffer)

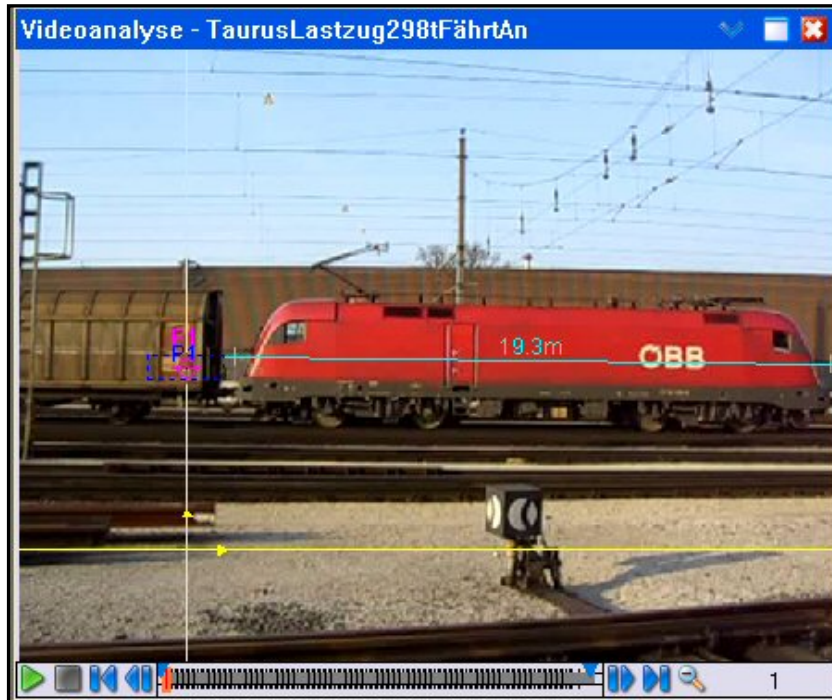
Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; TaurusLastzug298tFährtAn.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte ein Projekt „Züge fahren an“ ein und lege eine Video-Aktivität „GüterzugTaurusLok“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚Güterzug-Vorlage‘ bearbeitet werden.

(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende für die automatische Punktverfolgung einen hellen Fleck ganz vorne beim ersten Güterwaggon.

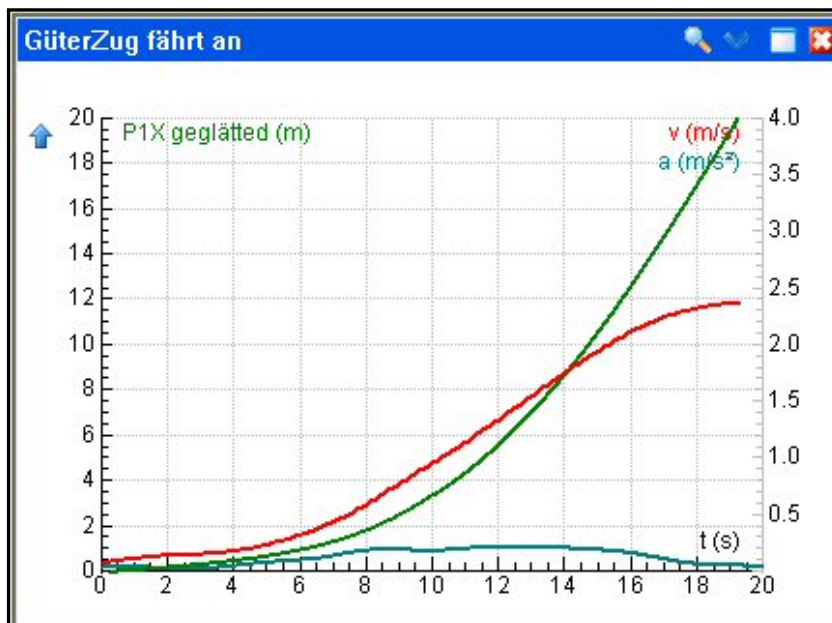
Der Zug fährt sehr langsam an. Die Kamera macht 30 Bilder pro Sekunde. Wähle für die Videosauswertung jedes vierte Bild von 1 bis etwa 569 aus. Durch den blauen Schieber am rechten oberen Rand der Bildsteuerleiste soll das Abspielen des Clips gestoppt werden, wenn die Lok vollständig aus dem Bild hinausgefahren ist. Da der Film noch länger ist, ist es zweckmäßig, wenn nur die Bilder 1 bis etwa 600 in der Bildsteuerleiste angezeigt werden (wird im ‚Einzelbild auswählen...‘-Dialog gemacht).



Positioniere die Achsen und mache die Zeiteinstellungen in üblicher Art.

Bildinfo:

Eine 86 t schwere Tauruslok zieht mit einem maximalen Kräfteinsatz von 80,6 kN einen 298 t schweren Güterzug an.



(3) Erstelle ein Diagramm „Güterzug fährt an“. Die Zeit auf der waagrechten Achse soll bis 20 Sekunden skaliert werden. Die bei der automatischen Auswertung entstandenen Daten für P1X werden der Diagrammspalte C2 zugeordnet aber nicht angezeigt. In C3 wird mit ‚Spline(P1X;5)‘ der Graph ‚P1X geglättet‘ gemacht und auf der linken vertikalen Achse

angezeigt. Die Daten in C4 und C5 werden beide der rechten vertikalen Achse zugeordnet, welche von 0 bis 4 skaliert ist. C4 erhält über die Formel ‚Ableitung(P1X geglättet)‘ bzw. ‚Derivative(P1X geglättet)‘ die Daten für den v-Graphen und C5 über die Formel ‚ZweiteAbleitungGlatt(P1X;5)‘ bzw. ‚SecondDerivativeSmooth(P1X;5)‘

jene für die Beschleunigung a . Diese Formeln werden natürlich mit dem Formelassistenten im Diagramm-Gestaltungsdialog eingegeben.

Nach den Graphen des oben dargestellten Diagramms erreicht die Beschleunigung a während der Fahrzeit von 8 bis 14 Sekunden den Maximalwert von $0,20\text{m/s}^2$. Dabei muss die Tauruslok eine Zugkraft von $0,20\text{m/s}^2 \cdot (298+86) \cdot 1000\text{kg} = 76,8\text{kN}$ bereitstellen. Die maximale Zugkraft dieser stärksten Lok der ÖBB beträgt 300kN . Sie kann in Österreich Züge bis 850t befördern.

2.3.3 Regiozug fährt an

Zusatzangebot:

Coach6-Aktivität im Coachprojekt **Züge fahren an**.

a) Kurzbeschreibung

Mit dem eher schlechten Filmmaterial eines anfahrenden Regionalzuges sollen Erfahrungen gesammelt werden, wie man trotz schlechter Auswertungsmesswerte der automatischen Punktverfolgung zu einem passablen Ergebnis kommt.

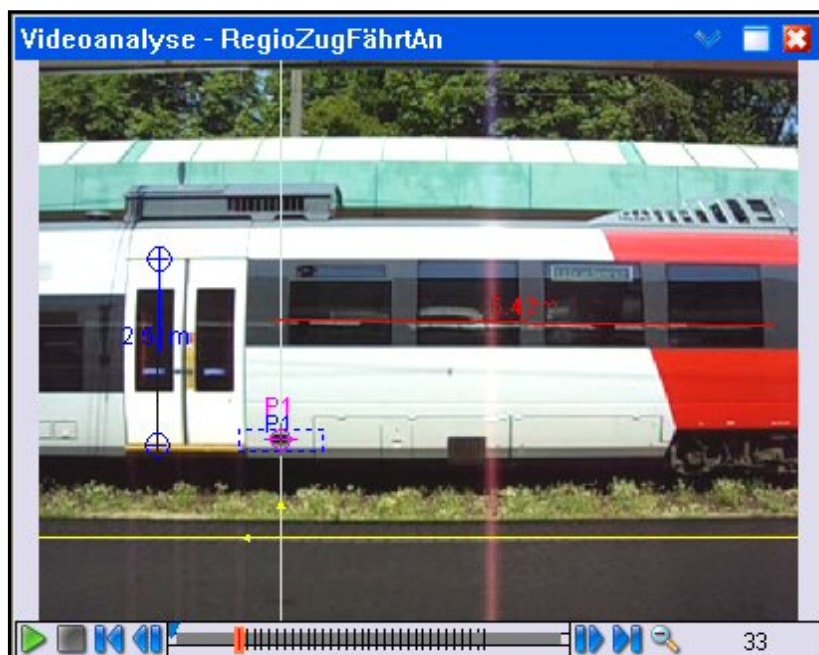
Selbstverständlich können bei schlechterem Filmmaterial mit einer manuellen Punktverfolgung schneller wahrscheinlich auch bessere Ergebnisse erzielt werden.

Kameraposition: etwa 10m rechtwinklig von der Bewegungsrichtung entfernt; die Kamera befindet sich am anderen Bahnsteig auf einem Stativ in etwa $1,4\text{m}$ Höhe.

Tipps für die Aufnahme: über Mitarbeiter/innen sollte die Person an der Kamera am besten vom Lokführer erfahren können, wann dieser „seinen“ Zug anfährt. Andernfalls muss der Film eventuell wegen der bis zu 2 Minuten dauernden Wartezeit vor dem Abfahren geschnitten werden. Welcher Zug fährt schon exakt nach Plan ab?

Achsenskalierung: mit der bekannten Türhöhe ($2,50\text{m}$) oder der Entfernung der beiden äußeren Ränder der 4 Fenster ($6,42\text{m}$) rechts dieser Türe.

Kamera und Filmfile: Casio Exilim S600; RegioZugFährtAn.avi (schlecht) und RegionalZugAn.avi

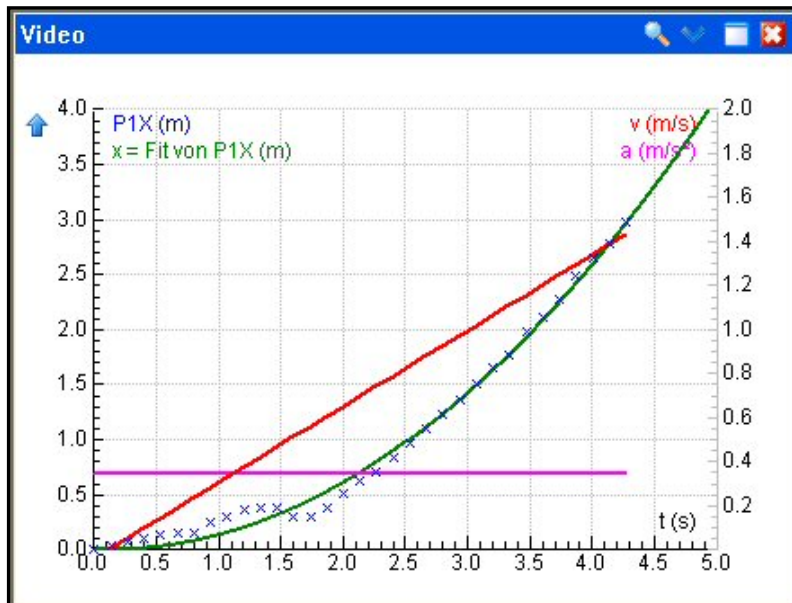


b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

- (1) Richte im Projekt „Züge fahren an“ eine Video-Aktivität „RegioZugClipSchlecht“ ein. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚RegioZugClipSchlecht-Vorlage‘ bearbeitet werden.

(2) Dieser Zug fährt nach links weg. In der rechten Bildhälfte ist leider kein brauchbarer Verfolgungsbereich für die automatische Punktverfolgung zu finden.

Die schiefen Trennlinien zwischen rot und weiß erweisen sich als ungeeignet, ebenso die dunklen Stellen am Zugdach. In der linken Hälfte wäre das weiße senkrechte Band in der Mitte der Doppeltüre sehr geeignet; da der Zug aber nach links fährt, könnte damit nur sehr kurz gemessen werden. Für eine händische Punktverfolgung sind die dunklen Schlitze am Zugdach bestens geeignet. Das menschliche Auge lässt sich durch Spiegelungen und farbliche Veränderungen während der Fahrt nicht so leicht irreleiten.



(3) Der fast wellenartige, kurvige Graph der P1X-Messwerte spiegelt u.a. Probleme bei der automatischen Auswertung wider.

Durch Einpassen einer Parabelfunktion zweiter Ordnung, bei welcher der konstante Parameter c gleich 0 gesetzt wird, entsteht ein $x(t)$ -Graph, der die Realität wahrscheinlich nicht schlecht darstellt.

Aus mathematischen Gründen entsteht danach

bei weiterer Auswertung ein idealer Geschwindigkeitsgraph (eine Gerade) und eine konstante Funktion als Beschleunigungsgraph.

Spätestens nach einer Auswertung mit manueller Punktverfolgung wird klar, dass die Wellenlinie im Kreuzleingraphen von P1X hauptsächlich die Folge eines „zurückspringenden“ fehlerhaften Clips ist. Trotzdem zeigt auch die Auswertung dieses Clips, dass ein Personenzug auf den ersten paar Metern mit einer Beschleunigung von etwa $0,4\text{m/s}^2$ anfährt.

Im Coachprojekt „Züge fahren an“ stehen auch Aktivitäten zur Verfügung, bei denen



das Anfahren eines Regionalzuges mit einem perfekten Clip ‚RegionalZugAn.avi‘ perfekt ausgeführt werden kann. Diagramm und Bild oben zeigen die dort erzielbaren guten Ergebnisse.

2.4 Reale horizontale und schiefe Würfe

2.4.1 Der horizontale Wurf

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Horizontaler Wurf**,
Arbeitsblatt/Protokollvorlage **ABPV-Videoanalyse-HorizontalWurf.doc**.

a) Kurzbeschreibung

Ein Ball rollt auf zwei Schienen im Turnsaal auf einem höher gebauten Kasten horizontal an und fällt etwa 1,7m zu Boden. Die Kurzversion des Clips zeigt nur den horizontalen Wurf, die Langversion auch das sich anschließende mehrmalige Aufspringen des Balles.

Zur Basisauswertung des Clips sollen die Bahngeschwindigkeit und die Wurfbahn untersucht und in Diagrammen und Tabellen dargestellt werden.

Die Auswertung der Langversion des Clips soll die Wurfbahn in einem Diagramm unverzerrt zeigen.

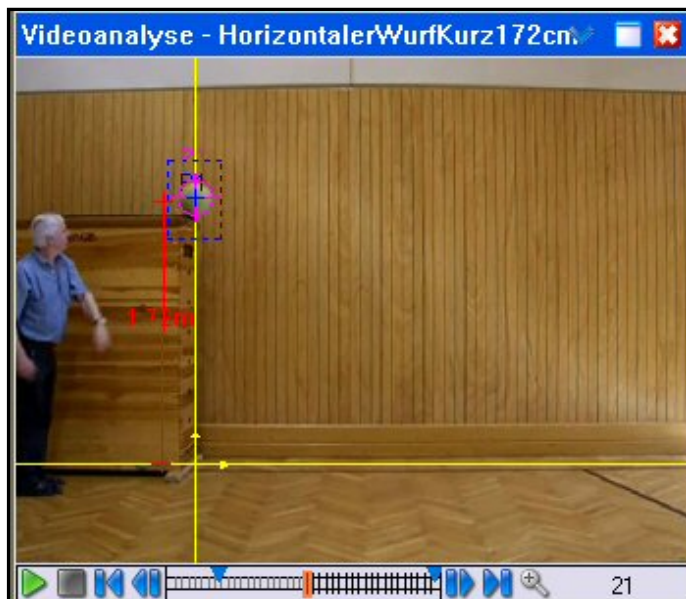
Kameraposition: etwa 10m rechtwinklig von der Bewegungsebene entfernt; die Kamera befindet sich auf einem Stativ in etwa 1,4m Höhe.

Achsenkalierung: mit der bekannten Höhe (1,72m) des Kastens

Kamera und Filmfiles: Casio Exilim S600; HorizontalerWurfKurz172cm.avi und HorizontalerWurfLang172cm.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

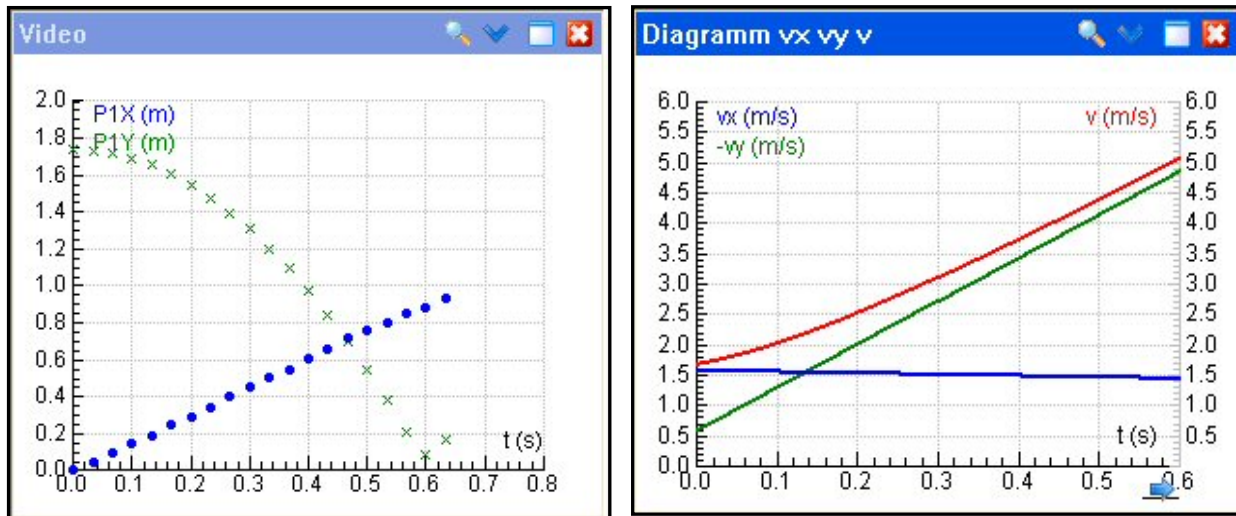
(1) Richte ein Projekt „Horizontaler Wurf“ ein und lege eine Video-Aktivität „H-WurfKurz“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚H-WurfKurz-Vorlage‘ bearbeitet werden.



(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Verwende für die automatische Punktverfolgung den ganzen Ball. Der Verfolgungsbereich sollte genau so groß sein wie der Ball. Ein roter Ball oder eine weiße Wand würde die Punktverfolgung sicher erleichtern. Aufgrund der relativ geringen horizontalen Geschwindigkeit und der Bewegungsart muss die Höhe des Suchbereiches größer sein als die Breite.

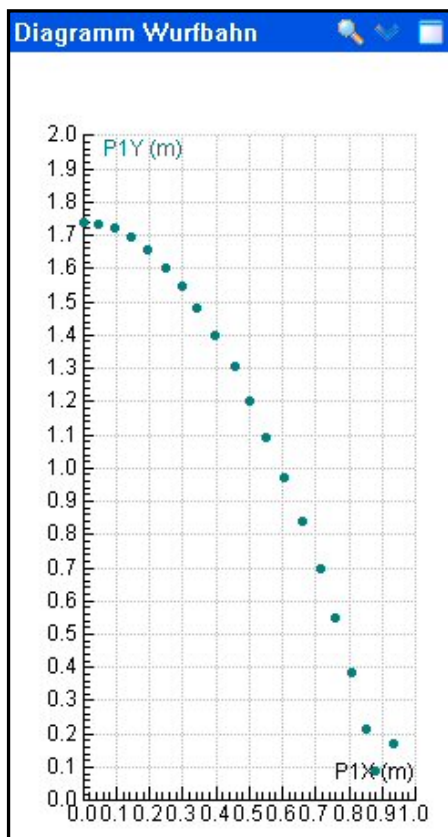
Wähle für die Videosauswertung jedes Bild von 21 bis 40 aus.

Positioniere die x-Achse so, dass sie die Schnittlinie der Bewegungsebene mit dem Turnhallenboden markiert, und lasse die y-Achse durch das Zentrum des Balles im Bild 21 gehen. Wähle bei den ‚Zeiteinstellungen‘ die Standardeinstellung ‚t = 0 beim ersten markierten Bild‘ an.

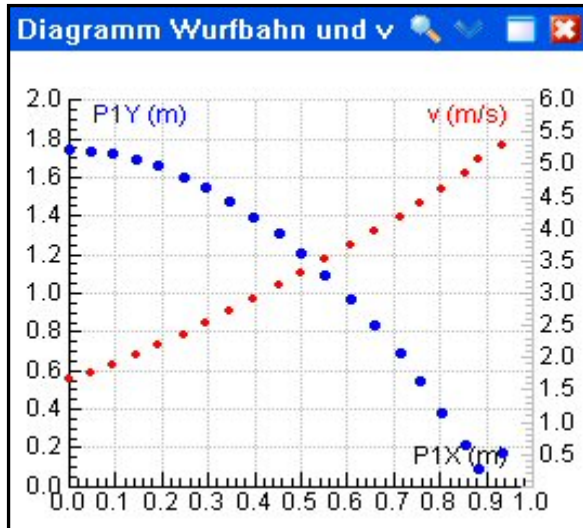


(3) Links ist die Basisauswertung dargestellt, rechts jenes Diagramm, mit dem die Geschwindigkeitsverhältnisse beim horizontalen Wurf untersucht werden. Die im Diagramm rot dargestellte Bahngeschwindigkeit $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ wird stärker durch die y-Komponente der Geschwindigkeit beeinflusst, die sich aufgrund der Schwerebeschleunigung verändert. Dass sich die x-Komponente der Geschwindigkeit im Laufe der Bewegung ein wenig verlangsamt, liegt am Luftwiderstand. Ohne Luftwiderstand wäre v_x konstant. Durch die perspektivische

Verzerrung müsste bei einem Körper, der sich mit konstanter Geschwindigkeit in die Bildmitte hinein bewegt, eine leicht zunehmende Geschwindigkeit angezeigt werden. Bei seiner Bewegung von innen nach außen würden die Geschwindigkeitswerte immer kleiner werden. Der Luftwiderstand ist also tatsächlich wirksam.

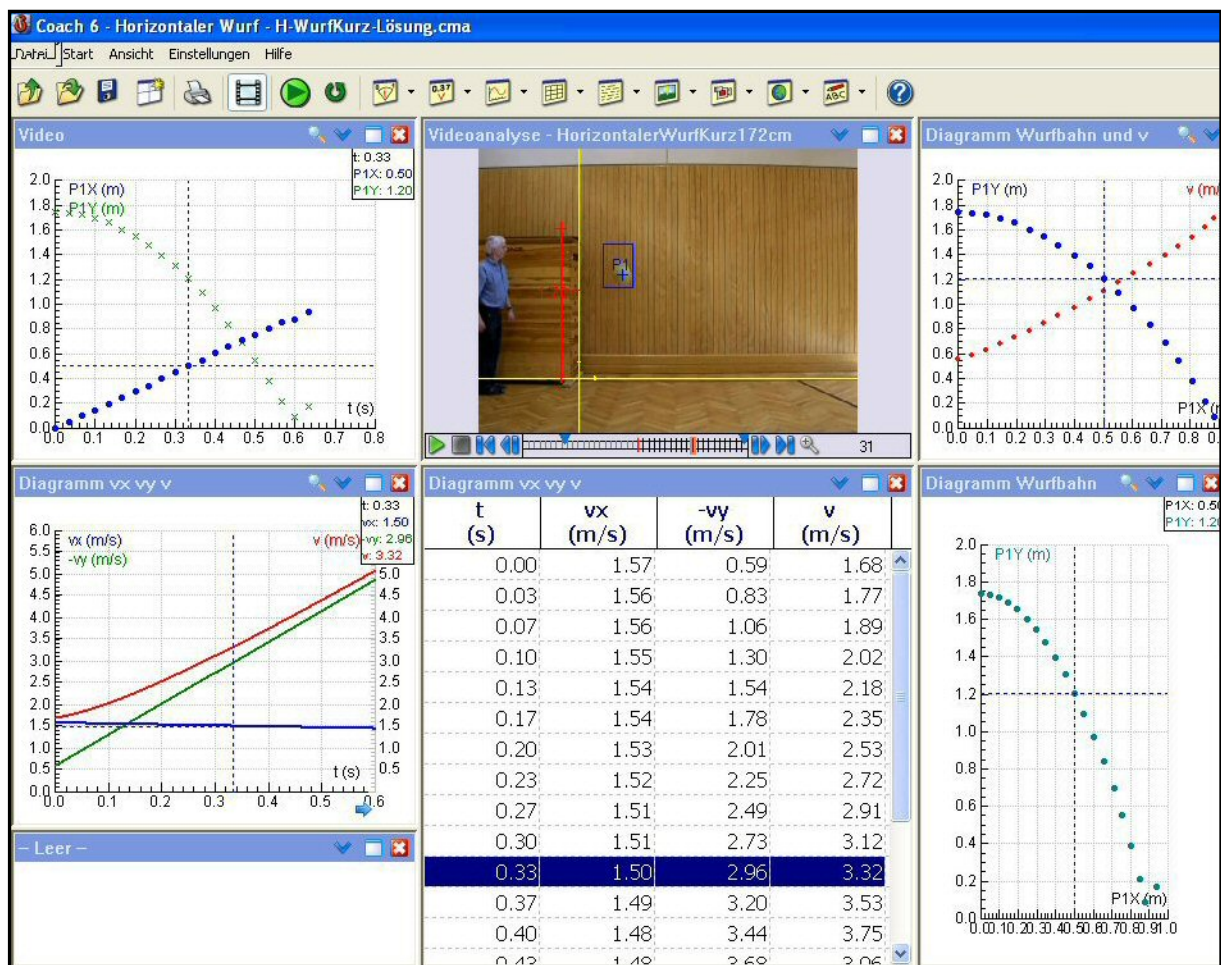


(4) Ganz einfach kann die Wurfbahn mit den Werten der Basisanalyse dargestellt werden. Hier ist die Bahn mit Punkten markiert und ohne Linie dargestellt. Wird im Diagramm-Bearbeitungsdialog das Kontrollkästchen ‚Achsen gleich skaliert‘ aktiviert, so wird die Wurfbahn – siehe links-unverzerrt dargestellt.

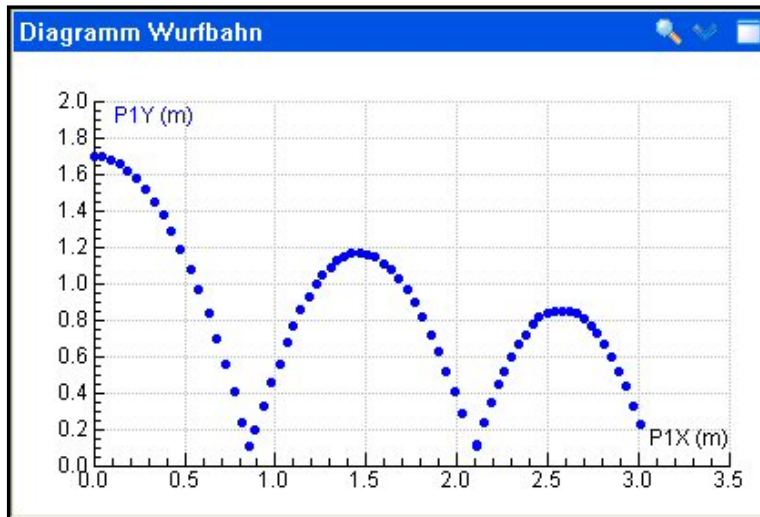


Horizontaler Wurf:
Wurfbahn (nicht unverzerrt) und
Geschwindigkeitsgraph !

Auf dem Gesamtbildschirm einer Videoanalyse-Aktivität kann sehr vieles gleichzeitig dargestellt werden. Beim Scannen (Option ‚Werte ablesen‘ im Diagramm-Kontextmenü) wird dann eine Fülle von Informationen zu einem bestimmten Bewegungszustand angezeigt. Zwei Drittel des Bildschirmes sind hier angezeigt.



Im Folgenden sei noch die unverzerrte Darstellung der Wurfbahn beim Clip „HorizontalerWurfLang172cm.avi“ dargestellt.



Horizontaler Wurf:
Unverzerrte Wurfbahn

2.4.2 Basketballkorbwurf – Schiefer Wurf

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Basketballwurf – Schiefer Wurf**

a) Kurzbeschreibung

Ein Student macht im Turnsaal einen erfolgreichen Basketballkorbwurf.

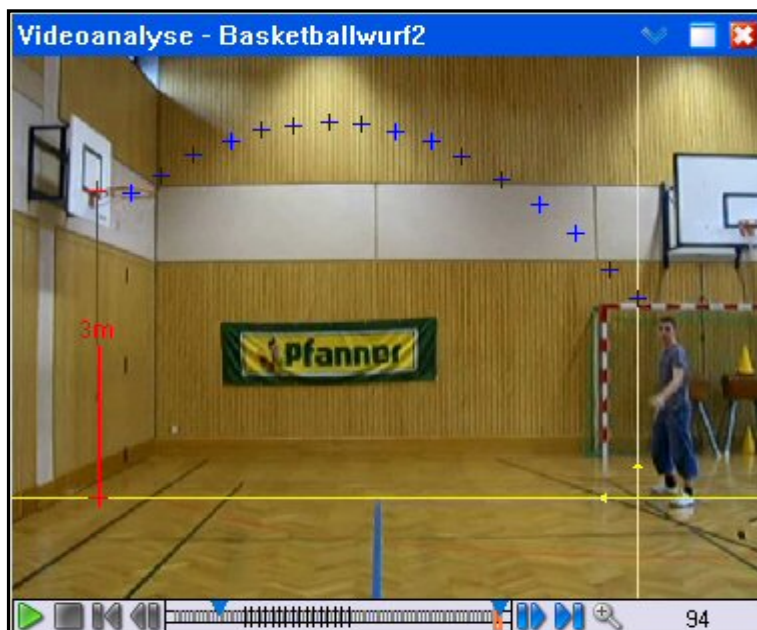
Damit auch Geschwindigkeiten und Energien des Balls betrachtet werden können, sollen in die Ergebnisse der Basisauswertung mathematische Funktionen eingepasst werden. Interessant ist, wie sich die Bahngeschwindigkeit, die kinetische und die potenzielle Energie des Balls während des Wurfes ändert.

Kameraposition: etwa 10m rechtwinklig von der Bewegungsebene entfernt; die Kamera befindet sich auf einem Stativ in etwa 1,4m Höhe.

Achsenkalierung: mit der bekannten Höhe (3,0m) des Basketballkorbes

Kamera und Filmfiles: Casio Exilim S600; Basketballwurf2.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:



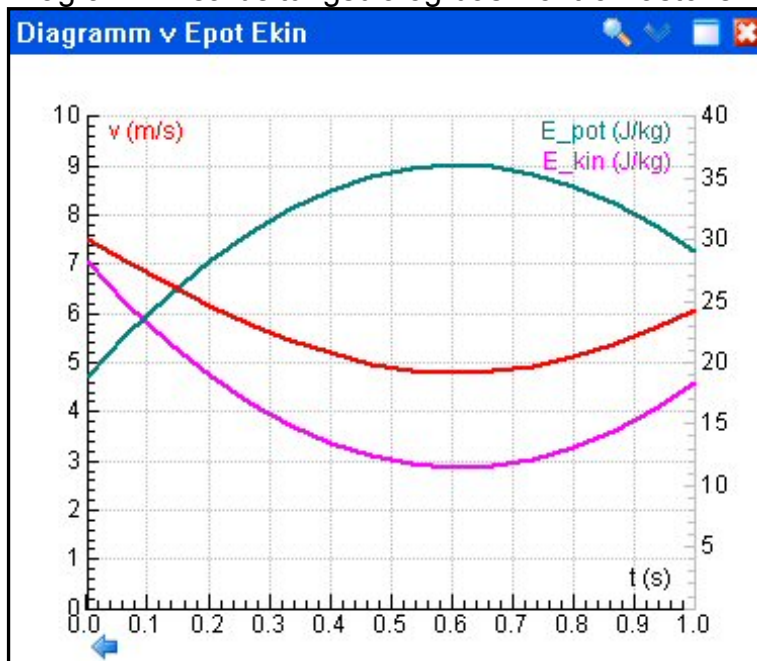
(1) Richte ein Projekt „Basketballwurf – Schiefer Wurf“ ein und lege eine Video-Aktivität „Basketball-Lösung1“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚Basketball-Vorlage‘ bearbeitet werden.

(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Wähle für die manuelle Videosauswertung jedes zweite Bild von 21 bis einschließlich 51 aus.

Positioniere die x-Achse so, dass sie die Schnittlinie der senkrechten Bewegungsebene mit dem Turnhallen-Boden markiert, und lasse die y-Achse durch das Zentrum des Balles im Bild 21 gehen. Wähle bei den ‚Zeiteinstellungen‘ die Standardeinstellung ‚t = 0 beim ersten markierten Bild‘ an. Entweder muss in der Video-Kontextmenüoption ‚Koordinatensystem‘ die x-Achse von rechts nach links orientiert werden oder über die Option ‚Video anpassen‘ der Film horizontal gespiegelt werden.

(3) Die Basisauswertung liefert das Diagramm „Video“; dort sollen in die Punktgraphen für P1X und P1Y mathematische Funktionen eingepasst werden: Die Gerade für die x-Werte soll durch den Ursprung gehen und die Parabel zweiter Ordnung für die y-Werte durch die erste Position der Punktverfolgung; letzteres wird erreicht, wenn der Parameter c gleich dem y-Wert der ersten markierten Ballposition gesetzt und danach fixiert wird.

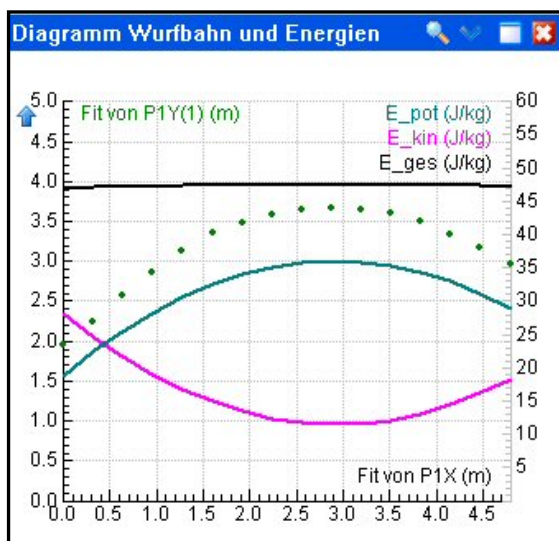
(4) Einfach kann die Wurfbahn mit den Werten von P1X und P1Y dargestellt werden. Dazu wird die Bahn mit Punkten markiert und ohne Linie dargestellt. Wird im Diagramm-Bearbeitungsdialog das Kontrollkästchen ‚Achsen gleich skaliert‘ aktiviert,



so wird die Wurfbahn unverzerrt dargestellt; so wird z.B. ein Abwurfwinkel in wahrer Größe sichtbar.

(5) Der schiefe Wurf ist dazu geeignet, auch Überlegungen zu den auftretenden Energien anzustellen.

Die Berechnung der Geschwindigkeit des Balles durch Ableiten der [Fit von P1X] – Daten nach der Zeit setzt voraus, dass die waagrechte Diagrammachse die Zeitachse ist. Das numerische Differenzieren erfolgt in Coach6 immer nach



jener Größe, deren Daten auf der waagrechten Achse des Diagramms dargestellt sind. In der Diagrammtabelle muss nun also zuerst v_x mit ‚Derivative([Fit von P1X])‘ als Formel und v_y mit analoger Formel berechnet und daraus mit $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ die Bahngeschwindigkeit v bestimmt werden. Die Spalten der Geschwindigkeitskomponenten v_x und v_y werden auf ‚unsichtbar‘ gestellt, der v -Graph hingegen wird angezeigt. In den letzten zwei freien Spalten der Diagrammtabelle (in dieser ersten Version von Coach6 ist die Anzahl der Spalten in einer Diagrammtabelle immer noch wie in Coach5

mit 8 begrenzt) werden mit den bekannten Formeln die Daten für die potenzielle und die kinetische Energie aufbereitet. Dabei sollen beide Energien jeweils für eine Masse von 1kg gelten; die Einheit lautet deshalb nicht Joule sondern Joule/kg. Der tatsächliche Energiewert des Balles an einer bestimmten Position ist dann das Produkt des im Diagramm angezeigten Wertes mit der Masse des Balles in Kilogramm. Links sind die Wurfbahn und alle Energien dargestellt. Die Gesamtenergie E_{ges} ist (fast) konstant.

2.5 Schwingungen

2.5.1 Schwingung einer Wassersäule

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Schwingung einer Wassersäule**

a) Kurzbeschreibung

In ein U-Rohr aus Glas wird mit Lebensmittelfarbe eingefärbtes Wasser gegossen. Damit in einem Schenkelrohr ein deutlich höherer Flüssigkeitsspiegel entsteht als im anderen, wird ein Rohr mit einem Kork- oder Gummistöpsel verschlossen, sobald der horizontale Teil des U-Rohres gefüllt ist. Wenn dann dieser Stöpsel entfernt wird, beginnt die Wassersäule auf und ab zu schwingen.

Diese gedämpfte Schwingung soll im Weg-Zeit-Diagramm untersucht werden. Aus dem Diagramm und mit Hilfe des entsprechenden Parameters der eingepassten Funktion soll die Periodendauer ermittelt werden.

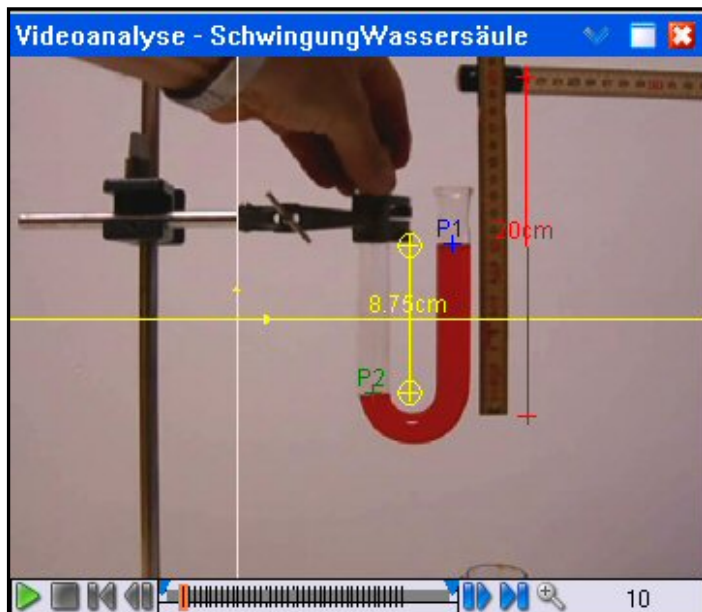
Bei der Videoauswertung dieser Bewegung sollen zwei Punkte pro Einzelbild ausgemessen werden.

Kameraposition: etwa 70cm vor dem Versuchsaufbau.

Achsenkalierung: mit einem Meterstab, der neben dem U-Rohr positioniert wird.

Kamera und Filmfiles: Casio Exilim S600; SchwingungWassersäule.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

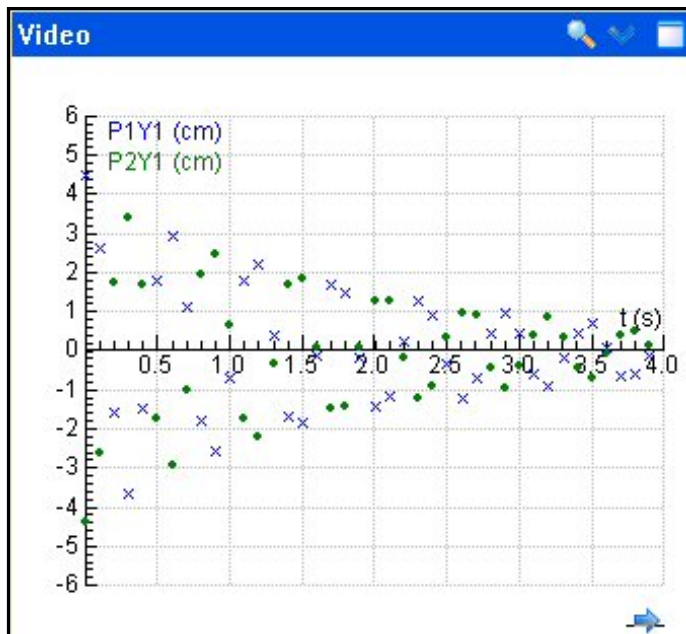


(1) Richte ein Projekt „Schwingung einer Wassersäule“ ein und lege eine Video-Aktivität „Lösung1“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚Vorlage‘ bearbeitet werden.

(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Wähle für die manuelle Videosauswertung jedes dritte Bild von 10 bis einschließlich 130 aus. 40 Einzelbilder werden so ausgewertet; da in jedem Bild immer in der gleichen Reihenfolge

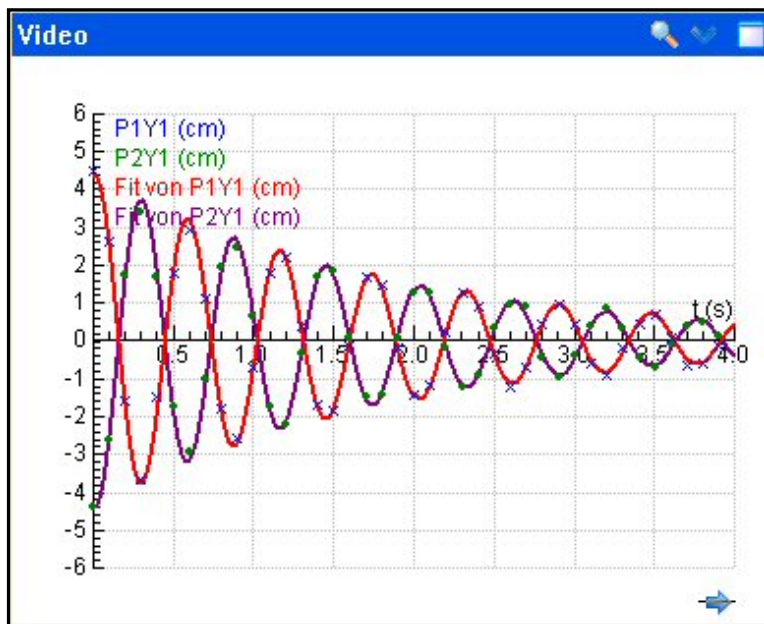
der Wasserspiegel im rechten und dann im linken Rohr angeklickt werden muss, sind 80 Klicks nötig. Dazu bedarf es der nötigen Geduld, Zeit und Konzentration.

Positioniere die x-Achse so, dass sie genau die Mitte der beiden unterschiedlich hohen Wasserstände in den beiden Schenkeln markiert. Dies kann prinzipiell in jedem Einzelbild gemacht werden. Im Dialog ‚Punkte pro Bild ...‘ soll die Anzahl der gemessenen Punkte auf 2 eingestellt werden. Beim Menüpunkt ‚Zeiteinstellungen...‘ ist die Standardeinstellung „t = 0 bei erstem markierten Bild“ die passende.



(3) Wenn nun die Basisauswertung gemacht ist, sieht das Diagramm „Video“ etwa so wie links dargestellt aus: Messpunkte werden durch Kreuzlein (P1) und Quadrate (P2) gekennzeichnet; die Linien werden aber ausgeblendet, da diese die einzelnen Messpunkte nur geradlinig verbinden würden.

Eigentlich sind hier zwei Schwingungen aufgezeichnet, jene des Wasserspiegels im rechten und jene im linken Glasrohr. Die Amplituden der Schwingungen werden schnell kleiner; Grund dafür ist vor allem die Reibung



zwischen Wasser und Glaswand.

Nach dem Einpassen der richtigen Funktion über die Option ‚Analysis‘ des Diagramm-Kontextmenüs ergibt sich das linke Diagramm. Hier sind zwei gegenphasige Schwingungen zu erkennen; wenn der Wasserspiegel im rechten Rohr nach unten sinkt, steigt er gleichzeitig im linken Rohr nach oben.

Nun sei noch der richtige Typ der Fitfunktionen angeführt:
 $f(x) = a \cdot \exp(-b \cdot x) \cdot \sin(c \cdot x + d) + e$

Die Periodendauer T kann direkt aus dem Diagramm ermittelt werden. Wenn man im Scann-Modus, der über das Diagramm-Kontextmenü ‚Werte ablesen‘ eingeschaltet wird, bei etwa $t = 3\text{s}$ auf das fünfte Maximum des roten Graphen klickt, wird $t = 2.9\text{s}$ angezeigt. Eine Schwingung dauert dann $2.9/5 = 0.58\text{s}$, $T = 0.58\text{s}$. Der Wert des Parameters c muss physikalisch als Kreisfrequenz interpretiert werden. $T = 2\pi/\omega = 2\pi/c = 6,28/10.75 = 0.579\text{s}$.

2.5.2 Das Fadenpendel

Zusatzangebot:

Coach6-Aktivität im Coachprojekt **Faden- und Federpendel**
Arbeitsblatt/Protokollvorlage **ABPV-Videoanalyse-Fadenpendel.doc**

a) Kurzbeschreibung

Ein Basketball in einer Netzeinkaufstasche hängt an einer etwa 2m langen Schnur und schwingt hin und her.

Vorweg genommen sei ein Ergebnis der Basisauswertung des Clips, nach dem der Ball gleichzeitig auf und ab sowie hin und her schwingt; dabei haben diese zwei Schwingungen unterschiedliche Frequenzen.

Neben dem Zusammenhang dieser zwei Schwingungen soll das Schwingen des Balls in x-Richtung detaillierter dargestellt werden, wobei speziell die gegenseitige zeitliche Verschiebung der Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-schwingung zu einander interessiert.

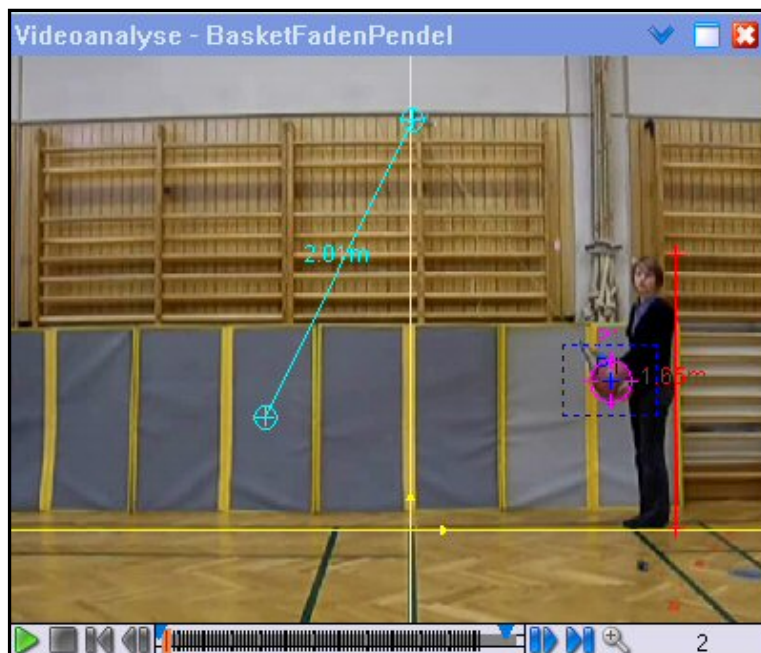
Kameraposition: etwa 6-7m vor dem Versuchsaufbau

Achsenkalierung: mit der Körpergröße (1,65m) der Person, die den Basketball auslenkt; eine bekannte Schnurlänge bzw. Pendellänge wäre auch praktikabel.

Kamera und Filmfiles: Casio Exilim S600; BasketFadenPendel.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte in einem Projekt „Faden- und Federpendel“ eine Video-Aktivität „Basketball-Pendel“ an. Als Variante könnte auch in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚Basketball-Pendel-Vorlage‘ bearbeitet werden.



(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Wähle für die automatische Videoauswertung jedes zweite Bild von 2 bis einschließlich 176 aus. Der kreisförmige Verfolgungsbereich sollte genau so groß wie der Basketball sein.

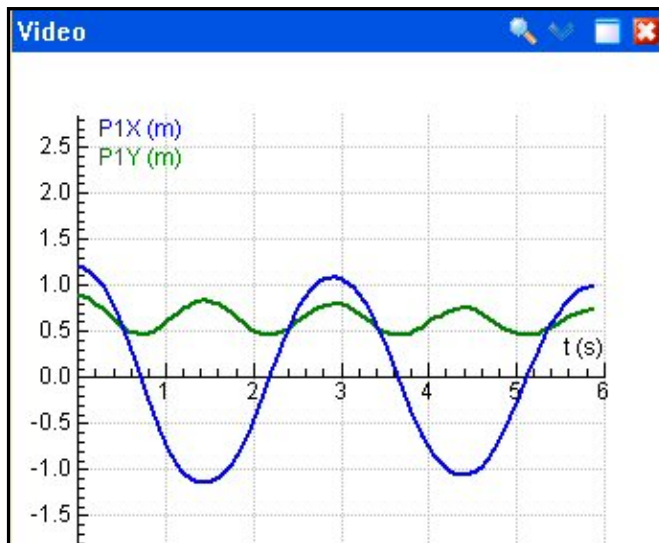
Positioniere die y-Achse so, dass sie genau die Mitte der Pendelbewegung markiert. Beim der Kontextmenüoption ‚Zeiteinstellungen...‘ ist die Standardeinstellung ‚t = 0 bei erstem markierten Bild‘ zu

treffen.

(3) Die Basisauswertung im Diagramm „Video“ sieht etwa so wie unten dargestellt aus. In der Auswertungszeit von knapp 6 Sekunden zeigt die Schwingung in y-

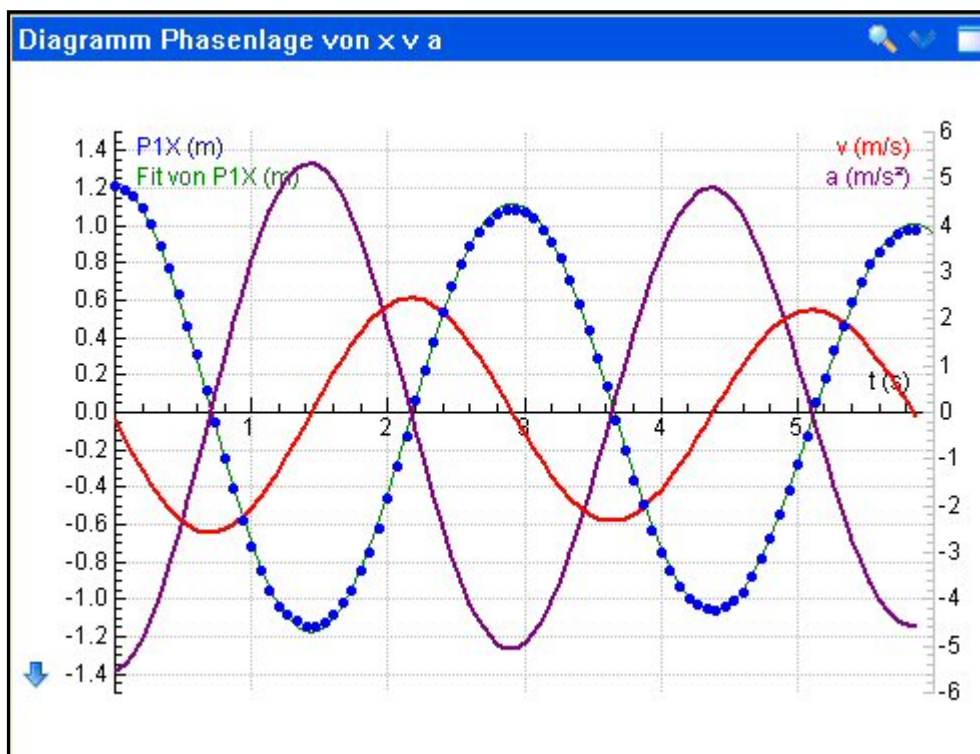
Richtung 5 Maxima, jene in x-Richtung aber nur 3 Maxima. In y-Richtung werden also 4, in x-Richtung nur 2 Schwingungen ausgeführt. Die Periodendauer der y-Schwingung ist halb so groß wie jene in x-Richtung ($T_y = \frac{1}{2} \cdot T_x$), die Frequenz in y-Richtung ist doppelt so groß wie jene der Schwingung in x-Richtung ($f_y = 2 \cdot f_x$). Wenn sich diese zwei Schwingungen, deren Richtungen normal auf einander stehen, überlagern, dann entsteht die Bewegung des Balles, die beim Fadenpendel real beobachtbar ist und auch gefilmt werden kann.

Beim Fadenpendel wird üblicherweise die Projektion der Gesamtbewegung in die x-Richtung studiert. Die Auslenkung in x-Richtung ändert sich mit derselben Periode wie auch die Geschwindigkeit und die Beschleunigung.



Die Basisauswertung beim Fadenpendel zeigt auf, dass sich die Schwingung des Fadenpendels aus zwei Teilschwingungen zusammensetzt.

Die Periodendauer der Schwingung in x-Richtung ist doppelt so groß wie jene in der y-Richtung.



Um durch Ableiten „saubere“ Geschwindigkeits- und Beschleunigungsgraphen zu bekommen, muss in die P1X-Daten die Funktion $f(x) = a \cdot \exp(-bx) \cdot \sin(cx+d) + e$

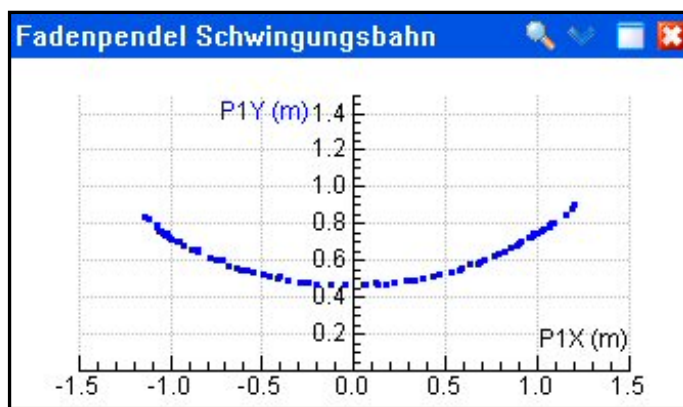
eingepasst werden (Diagramm-Kontextmenüoption ‚Analysis/Funktion einpassen (fit)‘).

Wenn die Auslenkung x maximal ist, ist die Geschwindigkeit v gerade null und die Beschleunigung a ebenfalls maximal, aber in entgegengesetzter Richtung. Die drei Schwingungsgrößen x , v und a ändern sich zeitlich alle im selben Rhythmus; die Änderungen haben alle die gleiche Periodendauer bzw. die gleiche Frequenz. Deutlich sichtbar ist im Diagramm, dass diese Änderungen aber zeitlich verschoben zu einander ablaufen.

Auslenkung x und Beschleunigung a ändern sich gegenphasig. Wenn die eine Größe ihren Maximalwert hat, hat die andere ihren Minimalwert; der zeitliche Unterschied ist eine halbe Periodendauer, was einem Phasenwinkel π entspricht.

Die Änderung der Auslenkung x und der Geschwindigkeit v ist zeitlich nur um ein Viertel der Periodendauer verschoben. Wenn die Auslenkung x maximal ist, ist die Geschwindigkeit v gerade null; umgekehrt ist die Geschwindigkeit v maximal, wenn die Auslenkung x gerade null ist, wenn sich das Pendel gerade durch die Mittellage durch bewegt.

Nochmals zurück zur Gesamtbewegung des Fadenpendels, die vom Videoclip aufgezeichnet ist. Bei der Basisauswertung der Videoanalyse wird – wie oben gesehen - die Gesamtbewegung in zwei Schwingungen zerlegt, wobei die Projektion



der Gesamtbewegung in die x - und in die y -Richtung ermittelt wird. Diese zwei Schwingungen können auch als Teilbewegungen aufgefasst werden, welche bei ihrer Überlagerung in normal zu einander stehenden Richtungen die Gesamtbewegung des Pendels ergeben. Die Kreisbogenbahn entsteht durch Überlagerung zweier Sinusschwingungen, wobei die eine Frequenz doppelt so groß wie die

andere ist, keine Phasenverschiebung vorliegt und die beiden Amplituden unterschiedlich groß sind (siehe Diagramm „Video“ oben und das allgemeine Physik-Thema „Lissajous'sche Figuren“).

2.5.3 Das Federpendel

Zusatzangebot:

Coach6-Aktivität im Coachprojekt **Faden- und Federpendel**

a) Kurzbeschreibung

Zwei 50g Massenstücke hängen an einer Schraubenfeder, die relativ stark gedehnt wird. Durch das Auslenken nach unten werden die Massenstücke in Schwingung versetzt, welche gefilmt wird.

In diesem Clip ist die Bestimmung der Mittellage der Schwingung etwas schwieriger. Aus der Auslenkung und der Beschleunigung in einem unteren Umkehrpunkt der Schwingung soll die Federkonstante k rechnerisch abgeschätzt werden.

Kameraposition: etwa 1m vor dem Versuchsaufbau

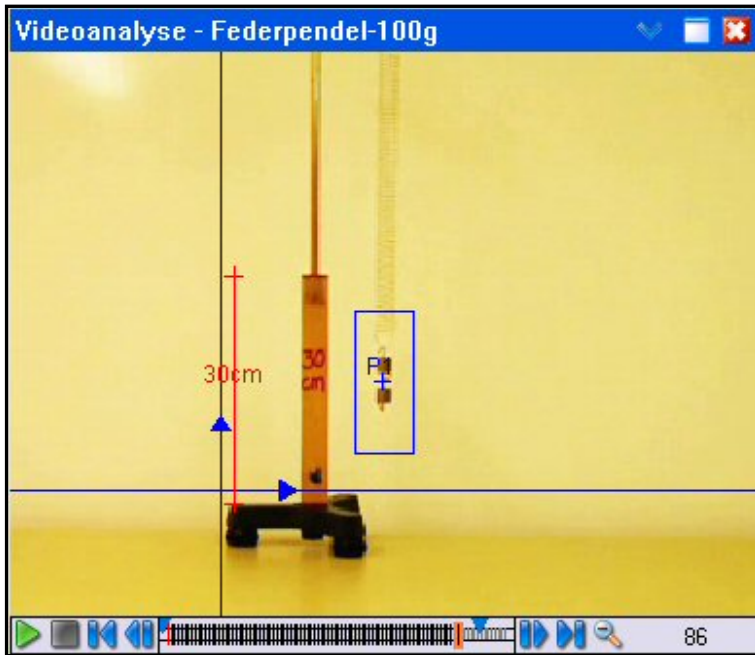
Achsenkalierung: mit 30cm-Lineal, das in der Versuchsanordnung angebracht ist.

Kamera und Filmfiles: Casio Exilim S600; Federpendel-100g.avi

b)Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte in einem Projekt „Faden- und Federpendel“ eine Video-Aktivität „Federpendel“ ein oder bearbeite in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚Federpendel-Vorlage‘.

(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Wähle für die automatische Videosauswertung jedes Bild von 1 bis einschließlich 86 aus. Es genügt, wenn nur gut die erste Hälfte des Clips ausgewertet wird. Der

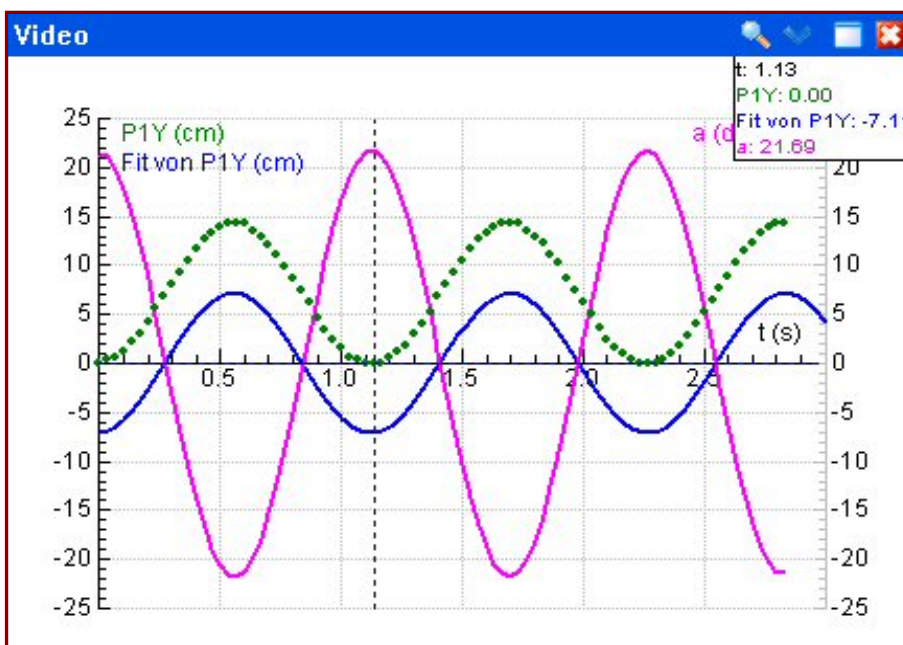


kreisförmige Verfolgungsbereich sollte so groß sein, dass er beide untereinander hängenden 50g-Stücke umschließt. Da die Bewegung nur in vertikaler Richtung verläuft, ist ein schmaler und eher hoher Suchbereich zweckmäßig.

Positioniere die y-Achse so, dass sie genau die Mitte der beiden Massenstücke im unteren Umkehrpunkt der

Pendelbewegung markiert. Bei der Kontextmenüoption ‚Zeiteinstellungen...‘ ist die Standardeinstellung „t = 0 bei erstem markierten Bild“ zu treffen.

Die Achsen können mit dem deutlich sichtbaren 30cm-Lineal skaliert werden.



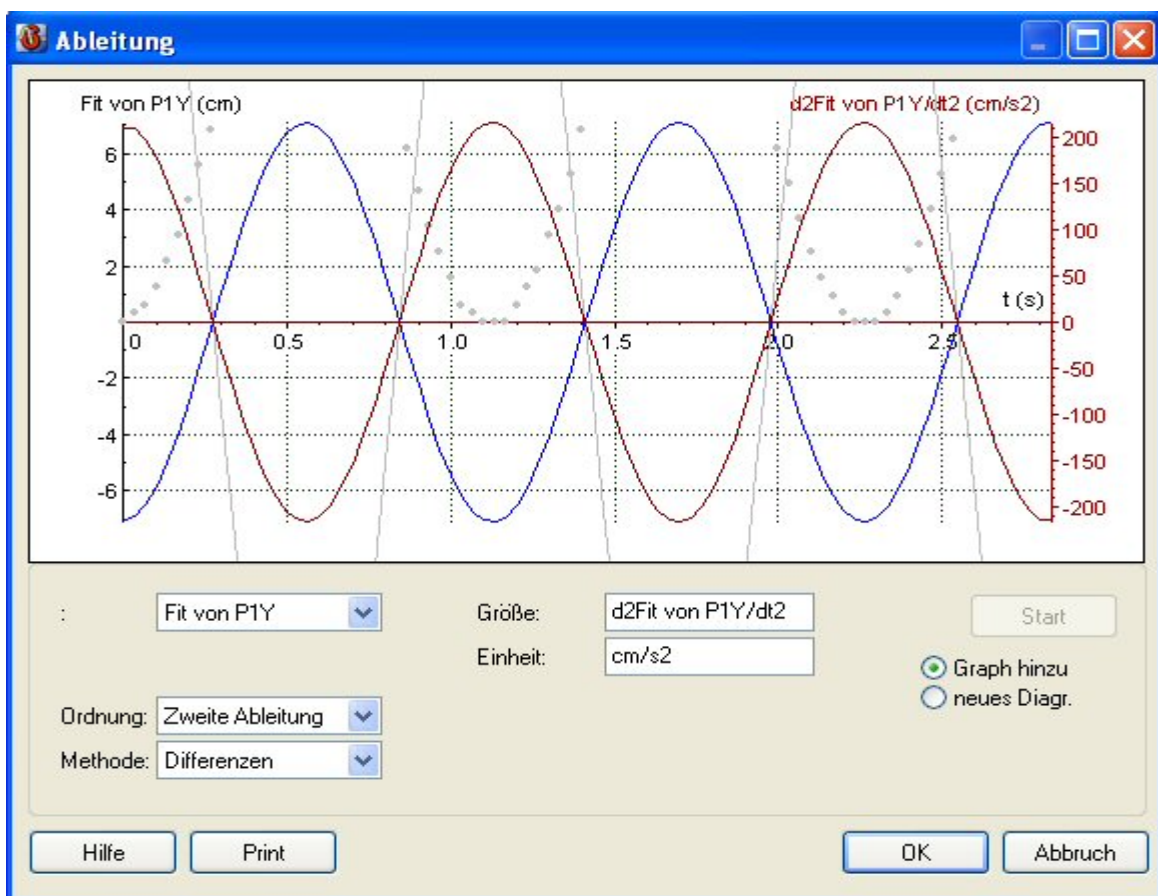
(3) Die gesamte Auswertung soll im Diagramm „Video“ erfolgen, wo automatisch auf der waagrechten Achse die Zeit skaliert wird.

Die P1X-Daten in der Spalte C2 werden unsichtbar gemacht. Der Punkte-Graph stellt die P1Y-Daten dar und ist Ergebnis der elementaren Auswertung des

Clips.

Um Auslenkung und Beschleunigungswert im ersten unteren Umkehrpunkt zu bekommen, soll der Weg-Zeit-Graph so verschoben werden, dass er symmetrisch bezüglich der Zeitachse ist. Dies kann z.B. dadurch gemacht werden, dass über die Diagramm-Kontextmenüoption ‚Analysis‘ in die P1Y-Daten eine mathematische Funktion [$f(x) = a \cdot \exp(-bx) \cdot \sin(cx+d) + e$ oder $f(x) = a \cdot \sin(bx+c)+d$] eingepasst wird und vor dem Schließen des Dialogs der letzte konstante Parameter auf null gesetzt wird. Die Farbe dieses ‚Fit von P1Y‘-Graphen und auch die Skalierung der vertikalen Achse können noch wunschgemäß verändert werden.

(4) Jetzt zeigt der Graph „Fit von P1Y“ wirklich die Auslenkung y des Federpendels in Abhängigkeit von der Zeit t an. Da dieser Graph eine mathematische Funktion als Grundlage hat, kann von ihm Erfolg versprechend direkt über den Ableitungsdialog die Beschleunigung a als zweite Ableitung von „Fit von P1Y“ berechnet werden:



Die Achsenskalierung für diese Beschleunigung a ist aber noch ungünstig. Die Beschleunigung a hat vorerst die Einheit cm/s^2 und Maßzahlen über 200. Nach dem Schließen den Dialogs mit [OK] wird die Formel für a im Diagramm-Gestaltungsdialg durch 10 dividiert und dann bestätigt; nun kann auch die Skalierung der rechten senkrechten Achse auf -25 bis 25 gestellt werden. So wird die Beschleunigung a in der Einheit dm/s^2 angezeigt.

Im unteren Umkehrpunkt ist bei einer Masse von 100g die Auslenkung 7,11cm und die Beschleunigung $21,69\text{dm/s}^2$. Aus diesen Daten lässt sich die Federkonstante k bestimmen: $F = m \cdot a = k \cdot \Delta y \rightarrow k = m \cdot a / \Delta y = 0,1\text{kg} \cdot 2,169\text{m/s}^2 / 0,0711\text{m} = 3,05\text{N/m}$; das heißt, dass eine Masse von 311g bei dieser Feder eine Längenänderung von 1m

verursachen würde; würde man das tun, wäre die Feder danach wahrscheinlich unbrauchbar, da die Elastizitätsgrenze überschritten würde.

Aus der Kreisfrequenz oder der Periodendauer und der schwingenden Masse kann ebenfalls die Federkonstante bestimmt werden: $m=0,1\text{kg}$, $\omega=5,53\text{s}^{-1}$, oder $T = 1,136\text{s}$; es gilt $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/k}$ oder $\omega^2 = k/m \rightarrow k = \omega^2 \cdot m = 5,53^2 \cdot 0,1 = 3,06\text{N/m}$. Der Zahlenwert für die Kreisfrequenz kann im Diagramm-Gestaltungsdialo­g aus der dort hineingeschriebenen Formel für die eingepasste Funktion herausgelesen werden; es ist der Wert des ersten Parameters innerhalb der Sinusfunktion.

2.6 Ein Rad rotiert

Auch Rotationsbewegungen können gefilmt und mit Coach6 analysiert werden. Coach6 kann nämlich auch Winkel messen, wobei standardmäßig im Bogenmaß die Größe der Winkel angezeigt wird. Bei den ‚Einstellungen für die Aktivität‘ kann im Registerblatt ‚Erweitert‘ auch „Grad“ als Winkelmaß vereinbart werden.

Die Videoanalyse verlangt keine wesentlich erhöhten Anforderungen, wenn statt einer idealisierten Bewegung reale Bewegungen bearbeitet werden. Wenn wie im folgenden Beispiel das gefilmte Vorderrad eines Mountainbikes wegen Reibungskräften bei der Rotation seine Winkelgeschwindigkeit kontinuierlich verlangsamt, dann kann diese Bewegung trotzdem sehr detailliert und realitätsbezogen analysiert werden. Bei der Videoanalyse der Rotation wird diese in zwei Schwingungen zerlegt. Wenn sich die Rotation verlangsamt, dann ist die Periodendauer oder die Kreisfrequenz dieser Schwingungen nicht mehr konstant. Das Einpassen einer Sinusfunktion in die Messdaten einer solchen Schwingung bereitet Probleme, da dies prinzipiell unmöglich ist. Eine solche Aktion würde zu prinzipiellen Verfälschungen der Analyseergebnisse führen und bei diesem Beispiel die Verlangsamung der Rotation dann nicht mehr anzeigen.

2.6.1 Das Vorderrad rotiert

Zusatzangebot:

Coach6-Projekt-Ordner **Rotation eines Rades**;
Arbeitsblatt/Protokollvorlage **ABPV-Videoanalyse-RadRotiert.doc**

a) Kurzbeschreibung



Das frisch geölte Vorderrad eines Mountainbikes wird mit der Hand in Rotation versetzt. Ein Blick auf den Tacho zeigt, dass trotzdem die Geschwindigkeit gleich einmal – zwar langsam – abnimmt. Zur manuellen Punktverfolgung wird ein Reflektor in die Speichen montiert. Wegen der Radgabel ist eine automatische Punktverfolgung nicht möglich. Drei bis vier Umläufe werden gefilmt, zwei davon sollen ausgewertet werden.

Die Analyse zerlegt die Kreisbewegung in zwei Schwingungen. Bestimme die Geschwindigkeit des Reflektors und des Rades, welche von einem Tachometer

angezeigt würde. Ermittle durch Ableiten des Drehwinkel-Graphen auch die Winkelgeschwindigkeit, welche langsam abnehmen müsste. Vergleiche den Mittelwert dieser Winkelgeschwindigkeit mit jener, welche aus dem Mittelwert der Periodendauer der ersten zwei Rotationen berechnet werden kann.

Kameraposition: etwa 1,2m vor dem leicht aufgeständerten Rad.

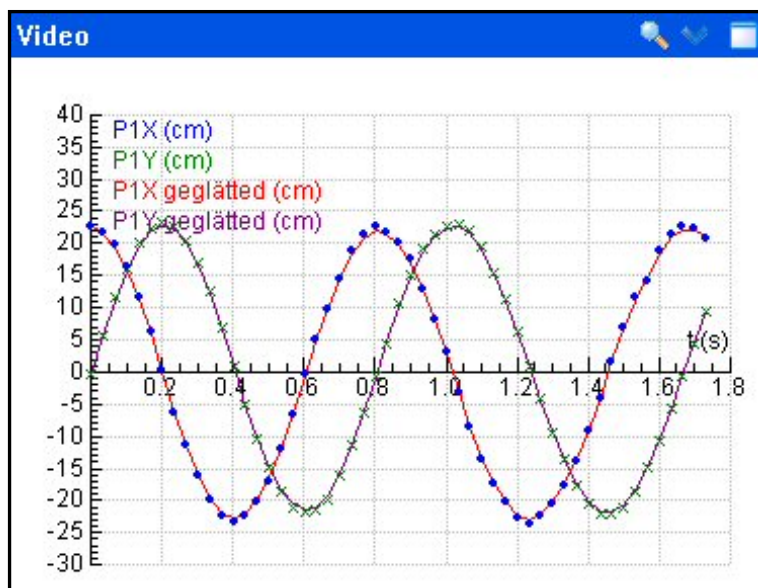
Achsenkalierung: mit dem bekannten Innen- (53cm) oder Außendurchmesser (70cm)

Kamera und Filmfiles: Casio Exilim S600; RadRotiertDi53cm.avi

b) Mögliche Reihenfolge der Aufgabenstellungen:

(1) Richte in einem Projekt „Rotation eines Rades“ eine Video-Aktivität „BikeradRotiert“ ein oder bearbeite in einem zur Verfügung gestellten Coach6-Projektordner eine Aktivität ‚BikeradRotiert-Vorlage‘.

(2) Zeige den Film im Videoanalysefenster an. Wähle für die manuelle Videosauswertung jedes Bild von 2 bis einschließlich 53 aus. Die automatische Punktverfolgung versagt, weil der Reflektor durch die Radgabel bei der Rotation immer wieder verdeckt wird. Der eigentliche Verfolgungspunkt könnte der Halbierungspunkt der äußersten Begrenzung des Reflektors sein. Das Koordinatensystem soll seinen Ursprung in der Radachse haben. Bei ‚Zeiteinstellungen...‘ ist die Standardeinstellung „t = 0 bei erstem markierten Bild“ zu machen. Die Achsen können bei der Einstellung ‚Gleicher Maßstab in allen Richtungen‘ mit dem 53cm langen Innendurchmesser des Rades skaliert werden.



(3) Bei der Basisauswertung im Diagramm „Video“ wird auf der waagrechten Achse immer die Zeit skaliert.

Damit die Beschriftungen die Graphen nicht zu sehr stören, soll die vertikale Achse von minus 30 bis plus 40 laufen.

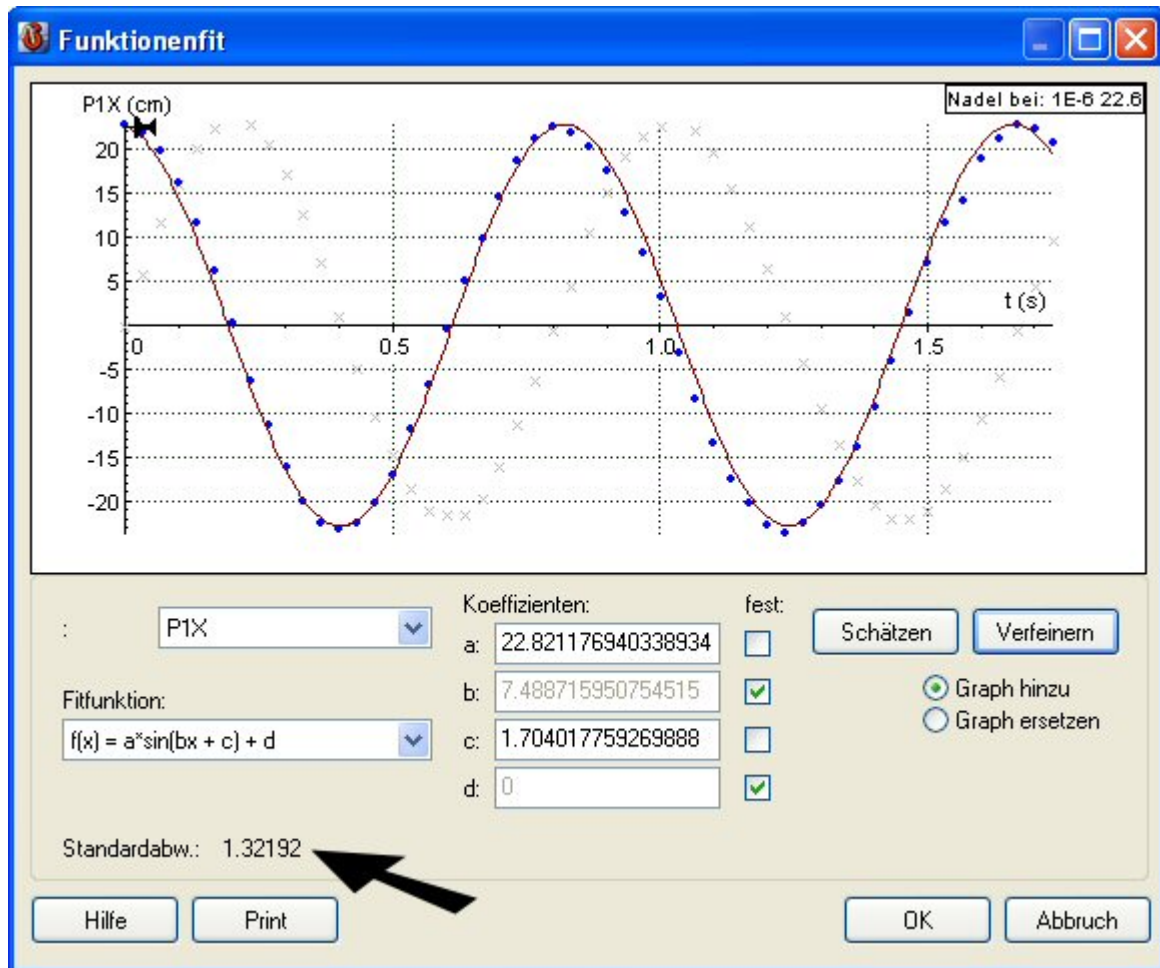
Die P1X-Daten in der Spalte C2 könnten als Punkte, die P1Y-Daten als Kreuzlein – jeweils ohne Linie - angezeigt werden.

Da wir bei der weiteren Auswertung auch Ableitungen

dieser Graphen brauchen, könnte man als „ideale“ Vorbereitung darauf Sinusfunktionen einpassen wollen. Dass dies praktisch nur unbefriedigend gelingt und theoretisch unsinnig ist, soll der folgende Einpass-Dialog zeigen:

Der unten dargestellte Dialog zeigt den Einpassversuch für den Punkt-Graphen von P1X; automatisch durch einen Klick auf [Verfeinern] klappt das Einpassen gar nicht; es ist nötig, den Parameter b zu erhöhen und dann mehrmals [Verfeinern] zu aktivieren. Den Wert der additiven Konstanten Null zu setzen und zu fixieren bringt auch nicht jenes Ergebnis, das man sich aus den bisherigen Erfahrungen bei Schwingungen erwartet. Im Einpass-Dialog wird nicht nur im Diagramm sondern

auch bei der Standardabweichung sichtbar, dass die Einpassung schlecht ist. Grund für die Probleme ist die Verlangsamung der Rotationsgeschwindigkeit des Rades bzw. das Ansteigen der Periodendauer der Teilbewegungen von Periode zu Periode. Deshalb müsste der erste Parameter im Argument der Sinusfunktion, welcher der Kreisfrequenz entspricht, im Laufe der Zeit immer kleiner werden.



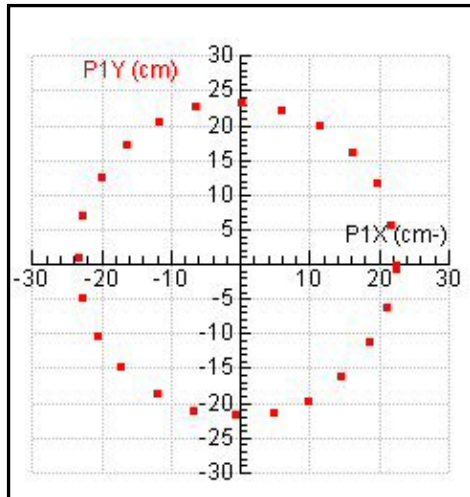
Über die Option ‚Ananlysis/Graph glätten‘ können die beiden aus diskreten Punkten bestehenden Graphen nach der Methode ‚Gleitender Durchschnitt‘ mit einer Filterbreite 1 oder nach der Methode ‚Spline‘ geglättet werden.

Nach Aktivierung des Scann-Modus durch die Diagramm-Kontextmenüoption ‚Werte ablesen‘ ist zu erkennen, dass die Periodendauer der ersten Umdrehung 0,80s und jene der zweiten 0,87s dauerte.

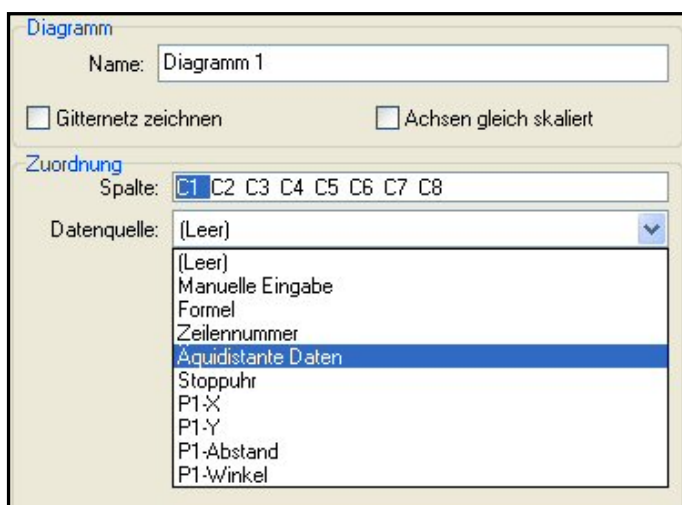
(4) Wenn nun in einem Diagramm die beiden Basisdatensätze P1X und P1Y auf verschiedenen Achsen dargestellt werden, entsteht die Kreisbahn des rotierenden Reflektors in den Radspeichen.



Wenn jetzt mit dem Wiedergabe-Icon des Hauptmenüs der aktuelle Stand der Dinge abgespielt wird, dreht sich das Rad im Videofenster und alle bereits bestehenden Graphen werden „live“ gezeichnet; auch im links abgebildeten Diagramm wird die Kreisbahn gezeichnet.



Die unverzerrte Kreisbahn des Rad-Reflektors.

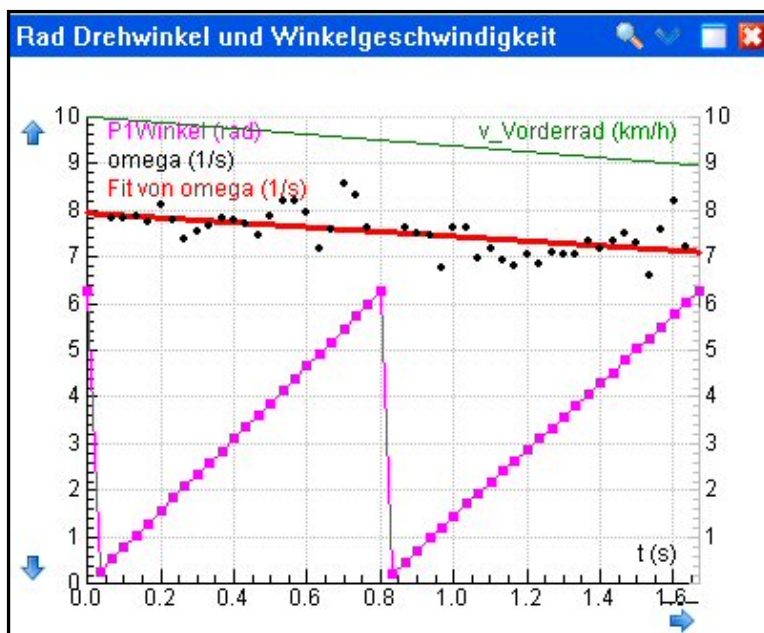


(5) In Videoanalyse-Aktivitäten stehen neben den schon bekannten Datenquellen noch zwei ganz spezielle zur Verfügung:

P1-Abstand und P1-Winkel.

Bei der Auswertung werden für jeden gemessenen Punkt neben der Zeit, P1X und P1Y automatisch zusätzlich diese zwei Werte ermittelt. Unter Abstand ist jener zum Koordinatenursprung gemeint. P1-Winkel gibt das Maß jenes Winkels an, den der Ortsvektor des gemessenen Punktes P1 mit der

Richtung der positiven x-Achse einschließt. Standardmäßig ist Radiant das von Coach6 verwendete Winkelmaß; über die Aktivitätseinstellungen kann bei ‚Erweitert‘ auch das Gradmaß eingestellt werden.



Der „Sägezahn“-Graph im links abgebildeten Diagramm stellt die Winkel von P1 als Funktion der Zeit dar. Die Werte steigen zwei Mal von 0 auf 6.28 rad an; zwei Umdrehungen des Rades werden hier offensichtlich ausgewertet.

Wie die Steigung des Weg-Graphen die Geschwindigkeit angibt, so ist die Steigung des Drehwinkel(weges) die Winkelgeschwindigkeit. Eine Analyse dieser Steigungen zeigt, dass die zweite Rotation eine kleinere

Winkelgeschwindigkeit hat, dass sie also langsamer abläuft.

Analog ist die Ableitungsfunktion des Drehwinkel-Graphen der Graph der Winkelgeschwindigkeit ω (omega). Vor dem Ableiten werden die Graphen üblicherweise geglättet. Dies ist bei einem sägezahnförmigen, aus einzelnen Punkten bestehenden Graphen nicht so einfach. Passable Ergebnisse stellen sich ein, wenn der diskrete Drehwinkelgraph differenziert wird und die so entstehenden Daten für omega zunächst als Punkte angezeigt werden. Danach kann durch diese Punkte eine Gerade gelegt werden, welche im Diagramm oben die Bezeichnung „Fit von omega“ hat. Die Daten dieser Gerade beschreiben die Änderung der Winkelgeschwindigkeit des gefilmten Rades recht realistisch.

Falls daraus die vom Fahrrad-Tachometer angezeigte Geschwindigkeit des Rades in km/h ermittelt werden soll, ist folgendes zu beachten: Der Außendurchmesser des Vorderrades beträgt 70 cm ($r = 35$ cm); dies kann auch mit dem Lineal, das über die Video-Kontextmenüoption ‚Anzeige‘ sichtbar gemacht werden kann, nachgemessen werden. Die Geschwindigkeit v in m/s ist das Produkt aus der Winkelgeschwindigkeit und dem Radius in m. Zur Umrechnung in die Einheit km/h ist dann noch eine Multiplikation mit 3.6 nötig. Somit lautet die Formel für die Berechnung der $v_{\text{Vorderrad-Daten}}$:

$[\text{Fit von omega}] \cdot 0.35 \cdot 3.6$ liefert die Geschwindigkeit in km/h

Nach der ersten Umdrehung (bei $t = 0,80\text{s}$) ist $\omega = [\text{Fit von omega}] = 7,53 \text{ s}^{-1}$

Die ersten zwei Umdrehungen dauern 1,67s; der Mittelwert von T ist deshalb 0,835s. Daraus ergibt sich ein Mittelwert von ω von $2\pi/0,835 = 7,523 \text{ s}^{-1}$.

3 ARBEITSBLÄTTER UND PROTOKOLLVORLAGEN

Die hier angebotenen Arbeitsblätter zeigen, wie die im Kapitel 2 besprochenen Aufgaben im Unterricht behandelt werden könnten. Abhängig vom Alter der Schüler/innen und davon, wie vertraut diese schon mit der Videoanalyse und deren Auswertung mit Diagrammen mit Coach6 sind, kann man Inhalte dieser Arbeitsblätter auch weglassen, verändern oder ergänzen. In Doppelstunden können z.B. auch größere Arbeitsaufträge ausgeführt werden als in Einzelstunden.

Lehrerinnen und Lehrer haben die Möglichkeit, diese Arbeitsblätter im Download-Bereich dieser Studie als Word-Dokument herunter zu laden und den Bedürfnissen in ihrem Unterricht anzupassen.

Die hier vorgestellten Arbeitsblätter sind fast alle zu umfangreich. Das Herauslösen von Fragestellungen und Arbeitsaufträgen geht aber bekanntlich viel schneller als das Hinzufügen.

Manche Arbeitsblätter enthalten auch Lückentexte. Sie beginnen mit einem fetten und kursiven „**Vervollständige:**“. Im nachfolgenden Text beginnen Textabschnitte mit zwei fetten und kursiven $\Psi\Psi$ -Zeichen und enden mit einem fetten und kursiven Ψ -Zeichen. Der Text zwischen diesen Ψ -Zeichen müsste vor der Überlassung des Datenfiles des Arbeitsblattes an die Schülerinnen und Schüler heraus gelöscht werden, damit diese dann bei den drei fetten und kursiven Ψ -Zeichen die „Lücke füllen“ müssen.

Beim Ausfüllen des Lückentextes markieren die Schüler die Kette der Ψ -Zeichen - es müssten drei sein - und schreiben den ihrer Meinung nach richtigen Text in die „Lücke“. Automatisch wird dann dieser eingefüllte Text fett und kursiv formatiert.

Die Arbeitsblätter (AB) sollen von den Schülerinnen und Schülern als Protokollvorlagen (PV) verwendet werden. Die Dateinamen der downloadbaren Arbeitsblätter heißen deshalb alle „ABPV-Videoanalyse-***.doc“.

3.1 Topspeed eines Sprinters (ABPV)

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Bestimme die maximale Geschwindigkeit eines Sprinters nach etwa 30m. Mache selbst einen Film oder werte den Clip **AndreSprintet.avi** aus. Die Kameraposition ist etwa 20-25m rechtwinklig von der Laufbahn entfernt auf einem Stativ. Werte den Lauf nur im zentralen Bereich des Bildes (etwa im mittleren Drittel) aus. Skaliere mit einer bekannten Strecke (etwa 2 Klassenlineale), vor der sich der Läufer unmittelbar vorbeibewegt.

Weitere Tipps und Infos:

Im ebenfalls bereitgestellten Coach6-Projekt „Topspeed eines Sprinters“ befindet sich eine Aktivität „Topspeed-Vorlage“, welche die fertigen Einstellungen des Videoanalysefensters schon enthält. Benenne diese Aktivität, wenn Du sie bearbeitest, beim Speichern in „Topspeed-Name1Name2“ um, wobei Name1 und Name2 die Vor- oder Familiennamen der Teammitglieder sind.

a)Zu den Einstellungen im Videoanalysefenster

Sie spielen den Film ein paar Mal z.T. schrittweise ab, entscheiden Sie sich für die Bildnummern (von ... bis), deren Bilder ausgewertet werden sollen; wählen bei ‚Einzelbilder auswählen...‘ richtig aus, ändern bei ‚Koordinatensystem...‘ ev. die Richtung der x-Achse damit sie mit der Laufrichtung übereinstimmt; stellen bei ‚Zeiteinstellungen...‘ auf „t=0 beim ersten markierten Bild“; ziehen im ersten markierten Bild im Dialog von ‚Achsen und Skalierung...‘ die y-Achse zum Kopf des Sprinters und skalieren mit den zwei Schullinealen die beiden Achsen.

b) Zu den Diagrammen „Video“ und „Sprinter“:

Skalieren im **Basisauswertungsdiagramm „Video“** die Zeitachse vorerst von 0 bis 1s; die vertikale Achse von 0 bis 10m; stellen die Graphen von P1X und P1Y mit diskreten Punkten/Kreuzlein dar.

Im zweiten **Diagramm „Sprinter“** wird auf der waagrechten Achse ebenfalls die Zeit skaliert, auf der linken senkrechten Achse werden P1X und P1Y geglättet angezeigt. Über ‚Analysis/Ableiten‘ wird „P1X geglättet“ abgeleitet; die erhaltenen Daten bilden den v-Graphen, der auf der rechten vertikalen Achse z.B. von 0 bis 12m/s skaliert wird.

1) Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)

2) Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)

3) Mein Diagramm „Sprinter“: mit Graph von ‚y = P1Y geglättet‘ und Graph von ‚v‘

Beantworten im Scann-Modus (im Kontextmenü mit ‚Werte ablesen‘ einschalten) folgende **Fragen**:

(1) Was passiert mit dem zurückgelegten Weg, wenn die Laufzeit verdoppelt oder verdreifacht wird?

Antwort:

Vervollständige: Bei konstanter Geschwindigkeit ist der zurückgelegte Weg $\Psi\Psi$ direkt proportional Ψ zur benötigten Zeit.

(2) Wie groß ist der zurückgelegte Weg nach 0,6s? **Antwort:**

Ermittle mit ‚Analysis/Fläche‘ die Maßzahl der Fläche, welche zwischen dem v-Graphen und der Zeitachse im Zeitintervall [0;0,6] liegt, und vergleiche diese Zahl mit dem in der selben Zeit zurückgelegten Weg.

4) Mein ‚Fläche-Dialog‘-Fenster: Beginn: 0s und Ende: 0,6s

Vervollständige: Bei einer Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit ist die Maßzahl der Fläche zwischen v-Graph und Zeitachse gleich der Maßzahl des $\Psi\Psi$ zurückgelegten Weges Ψ im betrachteten Zeitintervall.

3.2 Fallen eines Balles (ABPV)

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

a) Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Ein Fußball fällt in der Turnhalle über ca. 3,5 m zu Boden. Der (praktisch) freie Fall des Balles und wird gefilmt. Untersuche die Bewegung mit Hilfe der $y(t)$ - und $v(t)$ -Graphen. Ermittle auch einen Wert für die Beschleunigung.

Stelle selbst einen Clip her oder verwende den Film **BallGelbFälltFrei.avi**. Skalieren in diesem Film die Achsen mit der 2,70m hohen Holzverkleidung, welche in der Bewegungsebene 40-50cm vor der Wand aber scheinbar nur 2,50m hoch ist. Verwende bei der manuellen Punktverfolgung nur jedes zweite Einzelbild.

b) Zu den Diagrammen „Video“ und „Ball fällt frei“:

Skaliere im **Basisauswertungsdiagramm „Video“** die Zeitachse vorerst von 0 bis 1s; die vertikale Achse von 0 bis 4m; stelle die Graphen von P1X und P1Y mit diskreten Punkten/Kreuzlein dar. Glätte über ‚Analysis/Graph glätten‘ die P1Y-Daten und bezeichne sie als „Fallweg“

Im zweiten **Diagramm „Ball fällt frei“** wird auf der waagrechten Achse ebenfalls die Zeit skaliert, auf der linken senkrechten Achse der Fallweg. Über ‚Analysis/Ableiten‘ wird der Fallweg abgeleitet; die erhaltenen Daten bilden den v -Graphen, der auf der rechten vertikalen Achse z.B. von 0 bis 10m/s skaliert wird.

1) Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)

2) Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)

3) Mein Diagramm „Ball fällt frei“: mit den Graphen ‚Fallweg‘ und ‚ v ‘

Bestimme die **Steigung des v -Graphen**; ihre Maßzahl ist die Schwerebeschleunigung g !

4) Mein ‚Steigung-Dialog‘-Fenster:

Nach meiner Auswertung hat die Schwerebeschleunigung den Wert:**m/s²**

Bestimme die Maßzahl der Fläche, welche während der ersten 0,6s zwischen dem v -Graphen und der der Zeitachse liegt: **Antwort:**

Vergleiche sie mit dem Fallweg nach 0,6s! **Antwort:** Fallweg(0,6s) =

Vervollständige: Auch bei einer beschleunigten Bewegung gilt, dass die Maßzahl der Fläche zwischen v -Graph und Zeitachse gleich der Maßzahl des $\Psi\Psi$ zurückgelegten Weges Ψ im betrachteten Zeitintervall ist.

3.3 Autos bremsen (ABPV)

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

a) Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Ein Seat Leon wird bei aktivem ABS schnellstmöglich gebremst. Werte den Clip **SeatBremst.avi** so aus, dass die Geschwindigkeitsabnahme als Funktion der Zeit und als Funktion des Bremsweges dargestellt wird. Skalieren die Achsen mit der Länge des Autos (4,30m). Setze die automatische Punktverfolgung ein.

Beachte: Wenn wegen zu großer Geschwindigkeit nur wenige Meter zu wenig Platz zum Bremsen ist, kommt es bei noch relativ hoher Geschwindigkeit zu einem Crash.

b) Zu den drei Diagrammen „Video“, „x(t) v(t)“ und „v(x)“:

Skalieren im **Basisauswertungsdiagramm „Video“** die Zeitachse vorerst von 0 bis 2s; die vertikale Achse von 0 bis 20m; stelle den Graphen von P1X mit diskreten Kreuzlein dar; die P1Y-Daten interessieren nicht. Glätte über ‚Analysis/Graph glätten‘ die P1X-Daten und bezeichne sie als „x“.

Im zweiten **Diagramm „x(t) v(t)“** wird auf der waagrechten Achse ebenfalls die Zeit skaliert, auf der linken senkrechten Achse der Bremsweg x. Über ‚Analysis/Ableiten‘ soll der v-Graph gebildet und auf der rechten vertikalen Achse z.B. von 0 bis 20m/s skaliert werden. Stelle auf der rechten senkrechten Achse auch „-a“, die negative Beschleunigung, dar; bilde den a-Graphen im Diagramm-Bearbeitungsdialog durch die Formel ‚Abs(ZweiteAbleitungGlatt(P1X;1))‘ bzw. bei engl. Coach-Sprache mit ‚-DerivativeSecondSmooth(P1X;1)‘ direkt aus den Videomesswerten P1X.

Im dritten **Diagramm „v(x)“** wird auf der waagrechten Achse die Größe x skaliert, auf der linken senkrechten Achse wird v_km/h angezeigt und von 0 bis 70 skaliert. Wenn in Spalte C2 unsichtbar die v-Daten sind, können die Daten für v_km/h in der Spalte C3 mit der Formel „C2*3,6“ erzeugt werden.

1) Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)

2) Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)

3) Mein Diagramm „x(t) und v(t)“: enthält auch den Graphen ‚-a(t)‘ !

Fragen:

(1) Wie groß ist der zurückgelegte Weg und Geschwindigkeit nach 1s?

Antwort: $x(1s) = \dots\dots\dots$ $v(1s) = \dots\dots\dots$ $v_{\text{km/h}}(1s) = \dots\dots\dots$

(2) Bestimme mit der Steigung des v-Graphen die mittlere Bremsverzögerung.

Antwort: $a_{\text{mittel}} = -\dots\dots\dots$

4) Mein Diagramm „v(x)“:

(3) Wie groß ist die Geschwindigkeit 4m vor dem Stillstand des Autos? Wieviel % der Anfangsgeschwindigkeit sind das noch?

Antwort: $v(4\text{m vor Stillstand}) = \dots\dots$; das sind $\dots\dots$ % der Anfangsgeschwindigkeit.

Remember: $s_B = v^2/2a$; als Datenquelle steht ‚Formel: v‘ vom anderen Diagramm zur Verfügung.

3.4 Der horizontale Wurf (ABPV)

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

a) Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Ein Ball rollt auf zwei „Schienen“ im Turnsaal auf einem höher gebauten Kasten horizontal an und fällt etwa 1,7m zu Boden. Die Kurzversion des Clips (**HorizontalerWurfKurz172cm.avi**) zeigt nur den horizontalen Wurf, die Langversion (**HorizontalerWurfLang172cm.avi**) auch das sich anschließende mehrmalige Aufspringen des Balles. Die Clips sind auch für die automatische Punktverfolgung geeignet. Positioniere das Koordinatensystem so, dass die x-Achse den Boden markiert und die y-Achse durch das Ballzentrum im ersten Einzelbild geht, welches für die Auswertung ausgewählt wird. Es soll das letzte Bild vor dem Absinken des Balles sein.

Zusätzlich zur Basisauswertung des Clips sollen die Bahngeschwindigkeit und die Wurfbahn in Diagrammen und ihren Tabellen untersucht werden.

Falls auch die Langversion des Clips ausgewertet wird, könnte man sich auf die unverzerrte Darstellung der Wurfbahn in einem Diagramm beschränken.

b) Zu den drei Diagrammen „Video“ , „vx vy und v“ und „Wurfbahn“:

Skaliere für die Basisauswertung im **Diagramm „Video“** die Zeitachse vorerst von 0 bis 1s; die vertikale Achse von 0 bis 2m; stelle den Graphen von P1X mit diskreten Punkten dar, die P1Y-Daten mit Kreuzlein.

Im zweiten **Diagramm „vx vy und v“** wird auf der waagrechten Achse ebenfalls die Zeit skaliert, auf der linken senkrechten Achse vx, -vy (minus vx) und der Betrag des Geschwindigkeitsvektors, also v. Damit man diese Geschwindigkeiten anzeigen kann, müssen zuerst die Messdaten P1X und P1Y unsichtbar in die Diagrammtabelle aufgenommen werden. In der Spalte C4 kann dann mit der Formel ‚AbleitungGlatt(P1X;2)‘ bzw. ‚DerivativeSmooth(P1X;2)‘ vx und in C5 analog aber mit einem führenden Minuszeichen -vy berechnet und dargestellt werden. In C6 wird dann daraus mit der bekannten Formel zur Berechnung eines Betrages aus den Komponenten vx und vy die Bahngeschwindigkeit v ermittelt. Als Skalierung kann z.B. 0 bis 10 gewählt werden.

Im dritten **Diagramm „Wurfbahn“** verwenden wir nur die Basismessdaten P1X und P1Y. Die x-Werte werden der horizontalen, die y-Werte der senkrechten Achse zugeordnet. Damit die Wurfbahn unverzerrt betrachtet werden kann, muss im Diagramm-Bearbeitungsdialog ‚Achsen gleich skaliert“ aktiviert werden. Auch die Wurfbahn könnte mit diskreten Markierungen ohne Linie dargestellt werden. So könnte verdeutlicht werden, dass die Informationen für diese Bahn von einzelnen Bildern des Clips stammen.

1) Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)

2)Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)

3)Mein Diagramm „vx, -vy und v“:

Fragen:

(1) v_x , die Geschwindigkeit in x-Richtung, ist fast konstant bzw. nimmt nur ganz wenig ab. Warum wird v_x geringfügig kleiner?

Antwort:

(2) Wie nimmt der Betrag der y-Komponente der Geschwindigkeit zu? Warum ist das so?

Antwort:

(3) Welche der beiden Geschwindigkeitskomponenten beeinflusst umso stärker die Bahngeschwindigkeit, je länger der horizontale Wurf dauert?

Antwort:

4)Mein Diagramm „Wurfbahn“:

3.5 Das Fadenpendel (ABPV)

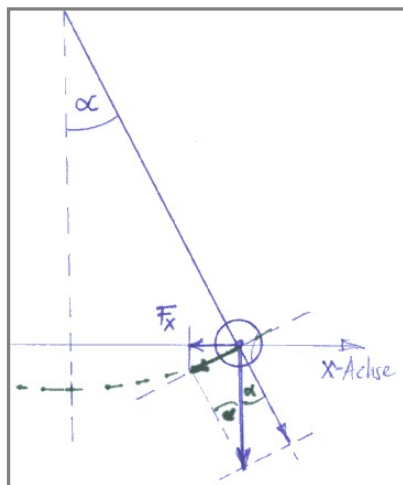
Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

a)Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Ein Basketball in einer Netzeinkaufstasche hängt an einer etwa 2m langen Schnur (Abstand vom Drehpunkt zum Ballmittelpunkt soll etwa 2m sein) und schwingt hin und her, genau genommen hin und her und gleichzeitig auch auf und ab.

Mache selbst einen Videoclip dazu oder werte den Clip **BasketFadenPendel.avi** aus. Skaliere die Achsen mit der Körpergröße der Person, die den Ball auslenkt, oder mit dem Abstand des Ballzentrums von der Aufhängevorrichtung (= Pendellänge l). Falls die Basisauswertung mit P1X und P1Y gemacht wird, soll die y-Achse durch den Aufhängepunkt gehen, die x-Achse könnte dann etwas tiefer als die tiefste Position des Balles sein.



Bei einer Auswertung des Clips mit P1-Winkel und P1-Abstand wird die Schwingung über den Auslenkungswinkel phi (in der Skizze heißt er leider α) als Funktion der Zeit untersucht. Dazu ist es nötig, dass der Drehpunkt des Pendels der Koordinatenursprung der beiden Achsen ist. Beachte dann auch, dass die Winkel in Coach6 wie in der Mathematik üblich bezüglich der positiven x-Achse gemessen werden, beim Pendel aber die Winkelauslenkung gegenüber der Vertikalen interessiert.

Konzentriere Dich auf die Basisauswertung mit den kartesischen Koordinaten P1X und P1Y. Untersuche die zwei Schwingungen in diesen Richtungen und ihre unterschiedlichen Frequenzen. Untersuche im Detail das Schwingen des Balls in x-Richtung und veranschauliche dabei speziell die gegenseitige zeitliche Verschiebung der Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsänderungen.

Der Clip ist auch bestens für eine automatische Punktverfolgung geeignet.

b) Zu den drei Diagrammen „Video“, „Phasenlage von $x(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ “ und „Schwingungsbahn“:

Skaliere für die Basisauswertung im **Diagramm „Video“** die Zeitachse vorerst von 0 bis 6s; die vertikale Achse von -2 bis 2m. Die Graphen können gleich als Liniengraphen angezeigt werden.

Im zweiten **Diagramm „Phasenlage von $x(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ “** wird auf der waagrecht Achse ebenfalls die Zeit von 0 bis 6s skaliert, auf der linken senkrechten Achse P1X und ‚Fit von P1X‘; damit die Graphen von $v(t)$ und $a(t)$ ein „ordentliches“ Aussehen bekommen, ist es schlau, über ‚Analysis/Einpassen einer Funktion‘ eine mathematische Funktion in die Messwerte von P1X einzupassen. Die Ableitung dieser eingepassten Funktion ist dann $v(t)$ und die Ableitung von v ist $a(t)$. Diese beiden Graphen werden am besten auf der rechten vertikalen Achse etwa von -6 bis +6 skaliert.

Im dritten **Diagramm „Schwingungsbahn“** müssen nur die Basismessdaten P1X und P1Y verwendet werden. Die x-Werte werden der horizontalen, die y-Werte der senkrechten Achse zugeordnet. Damit die Schwingungsbahn unverzerrt betrachtet werden kann, ist im Diagramm-Bearbeitungsdialog ‚Achsen gleich skaliert“ zu aktivieren. Schön ist es, wenn die Schwingungsbahn mit diskreten Markierungen ohne Linie dargestellt wird. Bei der ‚Wiedergabe‘ (zu starten beim runden, grünen Pfeil neben dem Ausführungs-Icon) kann dann die Entstehung der Spur dieser Schwingung verfolgt werden.

1) Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)

2) Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)

Fragen:

(1) Ermittle im Scann-Modus (Option ‚Werte ablesen‘ im Diagramm-Kontextmenü) die Periodendauer T der Schwingungen von P1X und P1Y.

Antwort: $T(P1X) = \dots\dots$ $T(P1Y) = \dots\dots$

Vervollständige: Die Periodendauer der Bewegung in x-Richtung ist $\Psi\Psi$ halb Ψ so groß wie jene in y-Richtung. Während sich der pendelnde Ball einmal hin und her bewegt, steigt er $\Psi\Psi$ zwei Mal Ψ von oben nach unten und wieder hinauf.

3) Mein Diagramm „Phasenlage von $x(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ “: Mit $v(t)$ und $a(t)$ sind jeweils die x-Komponenten der Geschwindigkeit und der Beschleunigung gemeint!

Fragen:

(1) Welche der drei Größen ändern sich konphas, d.h. haben gleichzeitig ihre Maxima, Minima und Nulldurchgänge? **Antwort:**

Vervollständige: Die Auslenkung $x(t) = \text{‚Fit von P1X‘}$ und die Beschleunigung $a(t)$ haben gleichzeitig ihre $\Psi\Psi$ Nulldurchgänge Ψ ; aber wenn $x(t)$ maximal ist, dann ist $a(t)$ $\Psi\Psi$ minimal Ψ ; $x(t)$ und $a(t)$ ändern sich also **gegenphasig**.

(2) Wie groß ist die zeitliche Verschiebung von $v(t)$ gegenüber $x(t)$? Gib diese in Sekunden und als Bruchteil der Periodendauer T an.

Antwort: $T = \dots\dots\dots s$; $\Delta t = \text{Delta}_t = \dots\dots\dots s$; $\Delta t = \text{Delta}_t = \dots\dots * T$.

(3) Der Zahlenwert des 3. Parameters c der eingepassten Funktion ‚Fit von P1X‘ ist der erste Faktor innerhalb des Arguments der Sinusfunktion. Physikalisch interpretiert ist das die Kreisfrequenz ω . Berechne daraus die Periodendauer T .

Antwort: $\omega = 2\pi/T \rightarrow T = \dots$

4) Mein Diagramm „Schwingungsbahn“:

Vervollständige: Die reale Schwingungsbahn des Fadenpendels ist ein $\Psi\Psi$ Kreisbogen Ψ mit dem Radius der Pendellänge l .

(4) Berechne die Pendellänge l mit der Formel: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

Antwort:

3.6 Das Vorderrad rotiert (ABPV)

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

a) Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Das Vorderrad eines Mountainbikes wird mit der Hand in Rotation versetzt. Ein Blick auf den Tacho verrät, dass die Geschwindigkeit sofort langsam abnimmt. Zur manuellen Punktverfolgung wird ein Reflektor in den Speichen verwendet. Wegen der Radgabel ist eine automatische Punktverfolgung nicht möglich. Drei bis vier Umläufe werden gefilmt, zwei davon sollen ausgewertet werden.

Die Koordinatenachsen sollen ihren Ursprung in der Radnabe haben; die Skalierung kann im zur Verfügung gestellten Film **RadRotiertDi53cm.avi** mit dem Innendurchmesser (53cm) oder dem Außendurchmesser (70cm) gemacht werden.

Schon die übliche Basisauswertung mit P1X und P1Y zeigt, dass die Rotation des Reflektors auf einer Kreisbahn in zwei zeitlich versetzte Schwingungen zerlegt werden kann. Wenn dann mit P1X und P1Y die Bahn der Bewegung gezeichnet und über den Wiedergabe-Knopf abgespielt wird, wird deutlich, dass die Kreisbewegung als Überlagerung zweier normal auf einander stehenden Schwingungen aufgefasst werden kann.

Bestimme die Geschwindigkeit des rotierenden Reflektors und sowie jene des Rades, welche von einem Tachometer angezeigt würde.

Coach6 bestimmt bei der Basisauswertung eines Clips nicht nur die beiden kartesischen Koordinaten P1X und P1Y jedes Verfolgungspunktes sondern auch ihre Polarkoordinaten, nämlich ihre Abstände zum Ursprung ‚P1-Abstand‘ und jene Winkel ‚P1-Winkel‘, welche die Verbindungslinien der Verfolgungspunkte zum Ursprung mit der Richtung der positiven horizontalen Achse einschließen. Die Standardeinstellung für das Winkelmaß ist Radiant. Ermittle durch Ableiten des Drehwinkel-Graphen auch die Winkelgeschwindigkeit ω , welche wegen der Reibung langsam kleiner werden muss. Vergleiche den Mittelwert dieser Winkelgeschwindigkeit mit jener, welche aus dem Mittelwert der Periodendauer der ersten zwei Rotationen berechnet werden kann.

b) Zu den vier Diagrammen „Video“, „Kreisbahn“, „Vorderrad wird langsamer“ und „Drehwinkel; omega und v_Vorderrad“:

Im **Diagramm „Video“** wird die Zeitachse von 0 bis 2 Sekunden skaliert, die linke vertikale Achse für die Auslenkungen von -30 bis 40cm. Damit die Beschriftung die Graphen nicht zu sehr stört, wird statt 30cm 40cm in positiver y-Richtung vorgeschlagen. Beim Einpassen einer Funktion in die beiden Kreuzleingraphen von P1X und P1Y treten prinzipielle Probleme auf. Ein Sinus kann nur eingepasst werden, wenn die Winkelgeschwindigkeit, der Drehwinkel pro Sekunde, konstant ist. Dies ist hier aber nicht der Fall, da sich die Rotation des Rades ja verlangsamt, ω (omega) also kleiner und die Periodendauer T größer werden.

Im **Diagramm „Kreisbahn“** wird wie bei jeder Darstellung einer Bahn verfahren. Die Daten von P1X werden der waagrechten Achse, jene von P1Y der senkrechten Achse zugeordnet. Für die unverzerrte Darstellung der Bahn wird im Diagramm-Bearbeitungsdialog ‚Achsen gleich skaliert‘ angewählt. Beide Achsen sollen hier etwa von -30 bis +30 eingestellt werden. Der Graph soll keine Linie zeichnen und nur aus diskreten Markierungen bestehen. Beim Abspielen der gesamten Videoanalyse mit dem ‚Wiedergabe-Icon‘ (grüner runder Pfeil in der Symbolleiste) wird u.a. auch die Kreisbahn des ausgemessenen Reflektors Schritt für Schritt gezeichnet.

Im **Diagramm „Vorderrad wird langsamer“** soll in der schon mehrfach ausgeführten Art die Geschwindigkeit v aus den Geschwindigkeitskomponenten vx und vy ermittelt werden. Der waagrechten Achse muss die Zeit zugeordnet sein, die Spalten C2 und C3 sollen die Größen „P1X geglättet“ und „P1Y geglättet“ enthalten, wobei die Achsendarstellung auf ‚unsichtbar‘ gestellt ist. In C4 und C5 werden ebenfalls ‚unsichtbar‘ vx und vy berechnet: für vx muss z.B. ‚Ableitung([P1X geglättet])‘ bzw. ‚Derivative([P1X geglättet])‘ über den Formeleditor eingegeben werden. Die Spalte C6 soll dann die Daten für v_Reflektor generieren, die auf der linken vertikalen Achse im m/s skaliert wird. Für die Umrechnung von cm/s in m/s darf auf die Division durch 100 nicht vergessen werden. Diese Geschwindigkeitswerte sind nicht geeignet, einen eleganten Graphen zu zeichnen. Deshalb zeigen wir ihn nur mit diskreten Markierungen an und legen danach über ‚Analysis/Funktion einpassen‘ eine Gerade (Spalte C7) in diese Markierungen. Auf der rechten vertikalen Achse soll dann noch die km/h-Anzeige d. Rades erfolgen: $v\text{-Rad(km/h)} = v\text{-Reflektor}/r(\text{Innen}) * r(\text{Außen}) * 3,6$.

Im **Diagramm „Drehwinkel; omega und v_Vorderrad“** soll die Basisauswertung des Clips über die Polarkoordinaten d.h. über die Daten von P1-Abstand und P1-Winkel erfolgen. Damit aus dem Drehwinkel-Graphen durch Ableiten der Winkelgeschwindigkeitsgraph entstehen kann, muss auf der horizontalen Achse wieder die Zeit dargestellt werden. Für den Drehwinkel entsteht ein „Sägezahn“-Graph, der durch Markierungen und eine dünne Linie dargestellt wird. Die Ableitung eines Sägezahn-Graphen ist eine anspruchsvolle Sache; sie kann nur abschnittsweise gemacht werden und ist an den Knickstellen gar nicht möglich, da die Funktion dort nicht differenzierbar ist. So ist es auch nicht verwunderlich, wenn die in Coach6 verwendeten numerischen Ableitungsalgorithmen an den Knickstellen auch ein paar einzelne Daten liefern, die das Gesamtergebnis etwas beeinträchtigen. Stelle die Ableitung von P1-Winkel nur als Punkte im Wertebereich von 0 bis 10 dar und lege danach mit ‚Analysis/Funktion einpassen‘ eine beste Gerade durch diese Punkte. Das entstehende „Fit von omega“ zeigt eine kontinuierliche Abnahme der Winkelgeschwindigkeit an, mit der dann auf der rechten vertikalen Achse die Geschwindigkeit des Rades v_Vorderrad in km/h angezeigt werden kann. Wende die

Beziehung „Bahngeschwindigkeit ist Winkelgeschwindigkeit mal Radius“ an und vergiss nicht auf die Umrechnung auf km/h.

Dass die beiden Verfahren zur Bestimmung der Radgeschwindigkeit, wie dies in den letzten beiden Diagrammen gemacht wird, nicht ganz exakt zu den selben Ergebnissen führen, erscheint mir als akzeptabel.

1)Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)

2)Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)

Fragen:

(1) Warum kann in die Messdaten von P1X oder P1Y keine Sinusfunktion eingepasst werden?

Antwort:

(2) Bestimme die Periodendauer der ersten und der zweiten Rotation des Rades und berechne den Mittelwert.

Antwort: $T_1 = \dots\dots\dots\text{s}$, $T_2 = \dots\dots\dots\text{s}$, $T_m = \dots\dots\dots\text{s}$

3)Mein Diagramm „Kreisbahn“:

Vervollständige: Die kreisförmige Bewegung kann auch als $\Psi\Psi$ Überlagerung Ψ der beiden Schwingungen in x-Richtung und in y-Richtung aufgefasst werden.

4)Mein Diagramm „Vorderrad wird langsamer“:

Fragen:

(3) Bei welcher Skalierung der vertikalen Achsen wird die Abnahme der Geschwindigkeit deutlich sichtbar, bei welcher Skalierung weniger deutlich?

Antwort: Wenn die Skalierung von $v_{\text{Reflektor}}$ in m/s von 0 bis 2 geht, wird die

Wenn dieselbe Achse von 1 oder gar von 1,5 bis 2 skaliert ist, dann ...

Mein Diagramm „Drehwinkel; omega und $v_{\text{Vorderrad}}$ “

$v_{\text{Vorderrad}}$ meint ebenfalls jene Geschwindigkeit, welche der Tachometer des Bikes bei dieser Rotation anzeigt.

Fragen:

(4) Bestimme mit ‚Analysis/Steigung‘ die positiven Steigungen der ersten beiden Rotationen im Drehwinkelgraphen und berechne den Mittelwert davon. Diese Steigungen sind die durchschnittlichen Winkelgeschwindigkeiten während der ersten bzw. zweiten Drehung des Rades.

Berechne aus dem letzten Wert auch die mittlere Periodendauer T_m und vergleiche sie mit dem Zahlenwert für T_m aus dem Diagramm „Video“.

Antwort: $\omega_1 = \dots\dots 1/\text{s}$; $\omega_2 = \dots\dots 1/\text{s}$; $\omega_{\text{quer}} = \dots\dots 1/\text{s}$;

$T_m = 2\pi/\omega_{\text{quer}} = \dots\dots\text{s}$; T_m (Videodiagramm) = $\dots\dots\dots\text{s}$.

(5) Stelle Dir vor, das Rad rotiere 10 oder gar 20 Mal. Wie würde sich der Drehwinkelgraph im Diagramm präsentieren? Was kann über die Höhe und Steigungen der „Sägezähne“ gesagt werden?

Vervollständige: Bei der Aufzeichnung zahlreicher, langsam werdender Rotationen bleiben die „Sägezähne“ $\Psi\Psi$ gleich hoch Ψ ; sowohl die positiven als auch die negativen Steigungen werden immer $\Psi\Psi$ flacher Ψ , der horizontale (= zeitliche) Abstand der „Zähne“ wird immer $\Psi\Psi$ größer Ψ .

4 EIN MUSTER-PROTOKOLL

Da in Kapitel 2 und 3 die Aufgaben sehr detailliert behandelt sind, wird hier nur ein Musterprotokoll gezeigt.

Für ordentliche Protokolle ist es wichtig, das Formatieren der Grafiken, welche über die Zwischenablage aus dem Coach6-Programm übernommen werden, einigermaßen zu beherrschen !!

4.1 Protokoll zu: Das Vorderrad rotiert

Arbeitsteam: Carmen und Steffi

Ort und Datum der Durchführung: 21.Juni 2006, NW-Raum

a) Kurzbeschreibung der Aufgabenstellung:

Das Vorderrad eines Mountainbikes wird mit der Hand in Rotation versetzt. Ein Blick auf den Tacho verrät, dass die Geschwindigkeit sofort langsam abnimmt. Zur manuellen Punktverfolgung wird ein Reflektor in den Speichen verwendet. Wegen der Radgabel ist eine automatische Punktverfolgung nicht möglich. Drei bis vier Umläufe werden gefilmt, zwei davon sollen ausgewertet werden.

Die Koordinatenachsen sollen ihren Ursprung in der Radnabe haben; die Skalierung kann im zur Verfügung gestellten Film **RadRotiertDi53cm.avi** mit dem Innendurchmesser (53cm) oder dem Außendurchmesser (70cm) gemacht werden.

Schon die übliche Basisauswertung mit P1X und P1Y zeigt, dass die Rotation des Reflektors auf einer Kreisbahn in zwei zeitlich versetzte Schwingungen zerlegt werden kann. Wenn dann mit P1X und P1Y die Bahn der Bewegung gezeichnet und über den Wiedergabe-Knopf abgespielt wird, wird deutlich, dass die Kreisbewegung als Überlagerung zweier normal auf einander stehenden Schwingungen aufgefasst werden kann.

Bestimme die Geschwindigkeit des rotierenden Reflektors und sowie jene des Rades, welche von einem Tachometer angezeigt würde.

Coach6 bestimmt bei der Basisauswertung eines Clips nicht nur die beiden kartesischen Koordinaten P1X und P1Y jedes Verfolgungspunktes sondern auch ihre Polarkoordinaten, nämlich ihre Abstände zum Ursprung ‚P1-Abstand‘ und jene Winkel ‚P1-Winkel‘, welche die Verbindungslinien der Verfolgungspunkte zum Ursprung mit der Richtung der positiven horizontalen Achse einschließen. Die Standardeinstellung für das Winkelmaß ist Radiant. Ermittle durch Ableiten des Drehwinkel-Graphen auch die Winkelgeschwindigkeit ω , welche wegen der Reibung langsam kleiner werden muss. Vergleiche den Mittelwert dieser Winkelgeschwindigkeit mit jener, welche aus dem Mittelwert der Periodendauer der ersten zwei Rotationen berechnet werden kann.

b) Zu den vier Diagrammen „Video“, „Kreisbahn“, „Vorderrad wird langsamer“ und „Drehwinkel; ω und $v_{\text{Vorderrad}}$ “:

Im **Diagramm „Video“** wird die Zeitachse von 0 bis 2 Sekunden skaliert, die linke vertikale Achse für die Auslenkungen von -30 bis 40cm. Damit die Beschriftung die Graphen nicht zu sehr stört, wird statt 30cm 40cm in positiver y-Richtung

vorgeschlagen. Beim Einpassen einer Funktion in die beiden Kreuzleingraphen von P1X und P1Y treten prinzipielle Probleme auf. Ein Sinus kann nur eingepasst werden, wenn die Winkelgeschwindigkeit, der Drehwinkel pro Sekunde, konstant ist. Dies ist hier aber nicht der Fall, da sich die Rotation des Rades ja verlangsamt, ω (omega) also kleiner und die Periodendauer T größer werden.

Im **Diagramm „Kreisbahn“** wird wie bei jeder Darstellung einer Bahn verfahren. Die Daten von P1X werden der waagrechten Achse, jene von P1Y der senkrechten Achse zugeordnet. Für die unverzerrte Darstellung der Bahn wird im Diagramm-Bearbeitungsdialog ‚Achsen gleich skaliert‘ angewählt. Beide Achsen sollen hier etwa von -30 bis +30 eingestellt werden. Der Graph soll keine Linie zeichnen und nur aus diskreten Markierungen bestehen. Beim Abspielen der gesamten Videoanalyse mit dem ‚Wiedergabe-Icon‘ (grüner runder Pfeil in der Symbolleiste) wird u.a. auch die Kreisbahn des ausgemessenen Reflektors Schritt für Schritt gezeichnet.

Im **Diagramm „Vorderrad wird langsamer“** soll in der schon mehrfach ausgeführten Art die Geschwindigkeit v aus den Geschwindigkeitskomponenten v_x und v_y ermittelt werden. Der waagrechten Achse muss die Zeit zugeordnet sein, die Spalten C2 und C3 sollen die Größen „P1X geglättet“ und „P1Y geglättet“ enthalten, wobei die Achsendarstellung auf ‚unsichtbar‘ gestellt ist. In C4 und C5 werden ebenfalls ‚unsichtbar‘ v_x und v_y berechnet: für v_x muss z.B. ‚Ableitung([P1X geglättet])‘ bzw. ‚Derivative([P1X geglättet])‘ über den Formeleditor eingegeben werden. Die Spalte C6 soll dann die Daten für $v_{\text{Reflektor}}$ generieren, die auf der linken vertikalen Achse im m/s skaliert wird. Für die Umrechnung von cm/s in m/s darf auf die Division durch 100 nicht vergessen werden. Diese Geschwindigkeitswerte sind nicht geeignet, einen eleganten Graphen zu zeichnen. Deshalb zeigen wir ihn nur mit diskreten Markierungen an und legen danach über ‚Analysis/Funktion einpassen‘ eine Gerade (Spalte C7) in diese Markierungen. Auf der rechten vertikalen Achse soll dann noch die km/h-Anzeige d. Rades erfolgen: $v_{\text{Rad}}(\text{km/h}) = v_{\text{Reflektor}}/r(\text{Innen}) \cdot r(\text{Außen}) \cdot 3,6$.

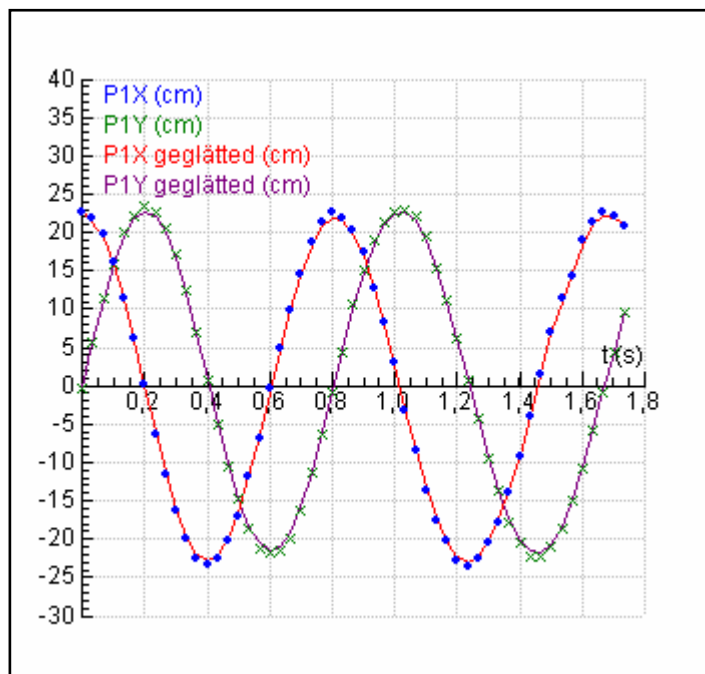
Im **Diagramm „Drehwinkel; omega und v_Vorderrad“** soll die Basisauswertung des Clips über die Polarkoordinaten d.h. über die Daten von P1-Abstand und P1-Winkel erfolgen. Damit aus dem Drehwinkel-Graphen durch Ableiten der Winkelgeschwindigkeitsgraph entstehen kann, muss auf der horizontalen Achse wieder die Zeit dargestellt werden. Für den Drehwinkel entsteht ein „Sägezahn“-Graph, der durch Markierungen und eine dünne Linie dargestellt wird. Die Ableitung eines Sägezahn-Graphen ist eine anspruchsvolle Sache; sie kann nur abschnittsweise gemacht werden und ist an den Knickstellen gar nicht möglich, da die Funktion dort nicht differenzierbar ist. So ist es auch nicht verwunderlich, wenn die in Coach6 verwendeten numerischen Ableitungsalgorithmen an den Knickstellen auch ein paar einzelne Daten liefern, die das Gesamtergebnis etwas beeinträchtigen. Stelle die Ableitung von P1-Winkel nur als Punkte im Wertebereich von 0 bis 10 dar und lege danach mit ‚Analysis/Funktion einpassen‘ eine beste Gerade durch diese Punkte. Das entstehende „Fit von omega“ zeigt eine kontinuierliche Abnahme der Winkelgeschwindigkeit an, mit der dann auf der rechten vertikalen Achse die Geschwindigkeit des Rades $v_{\text{Vorderrad}}$ in km/h angezeigt werden kann. Wende die Beziehung „Bahngeschwindigkeit ist Winkelgeschwindigkeit mal Radius“ an und vergiss nicht auf die Umrechnung auf km/h.

Dass die beiden Verfahren zur Bestimmung der Radgeschwindigkeit, wie dies in den letzten beiden Diagrammen gemacht wird, nicht ganz exakt zu den selben Ergebnissen führen, erscheint mir als akzeptabel.

1)Mein eigenes Videofenster: (wird über die Kontextmenüoption ‚Fensterinhalt kopieren‘ und ‚Einfügen‘ bzw. [STRG]+V hier her übertragen)



2)Mein Basisauswertungsdiagramm „Video“: (wird mit [STRG]+C und [STRG]+V über die Zwischenablage hier her übertragen)



Fragen:

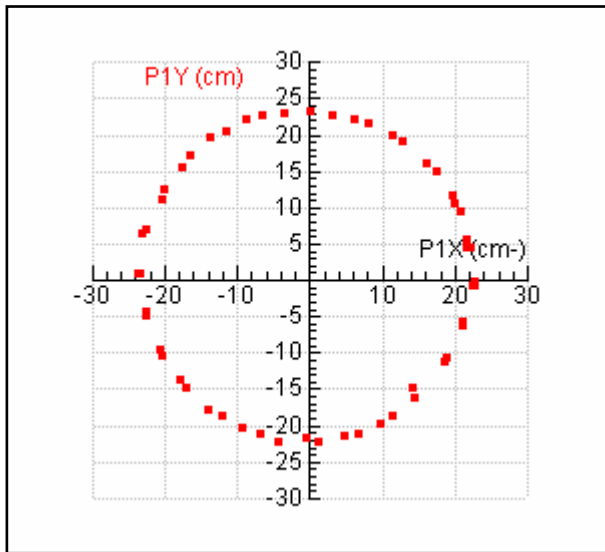
(1) Warum kann in die Messdaten von P1X oder P1Y keine Sinusfunktion eingepasst werden?

Antwort: Weil T immer größer und omega immer kleiner werden. Bei einer gleichförmigen Rotation wäre dies möglich.

(2) Bestimme die Periodendauer der ersten und der zweiten Rotation des Rades und berechne den Mittelwert.

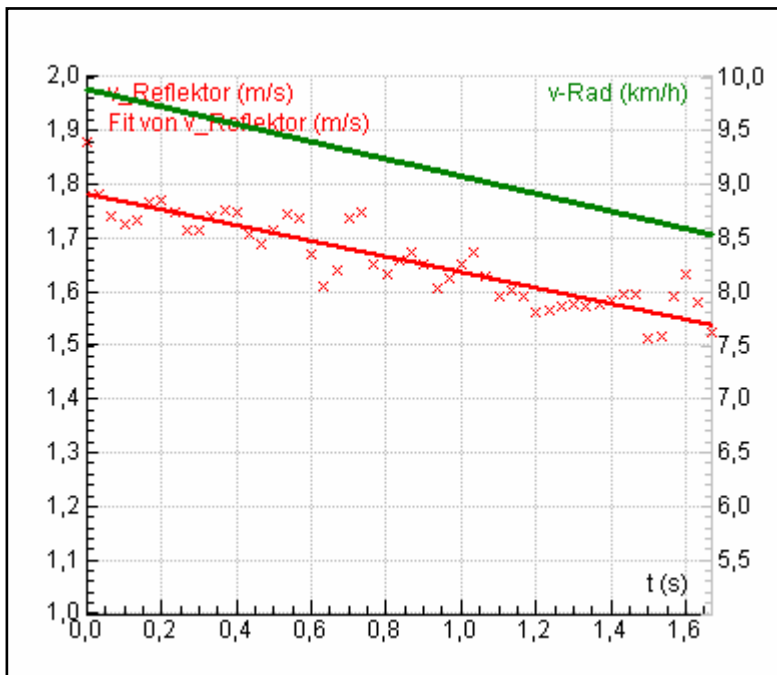
Antwort: $T_1 = 0,80s$, $T_2 = 0,87s$, $T_m = 0,835s$

3) Mein Diagramm „Kreisbahn“:



Vervollständige: Die kreisförmige Bewegung kann auch als *Überlagerung* der beiden Schwingungen in x-Richtung und in y-Richtung aufgefasst werden.

4) Mein Diagramm „Vorderrad wird langsamer“:



Fragen:

(3) Bei welcher Skalierung der vertikalen Achsen wird die Abnahme der Geschwindigkeit deutlich sichtbar, bei welcher Skalierung weniger deutlich?

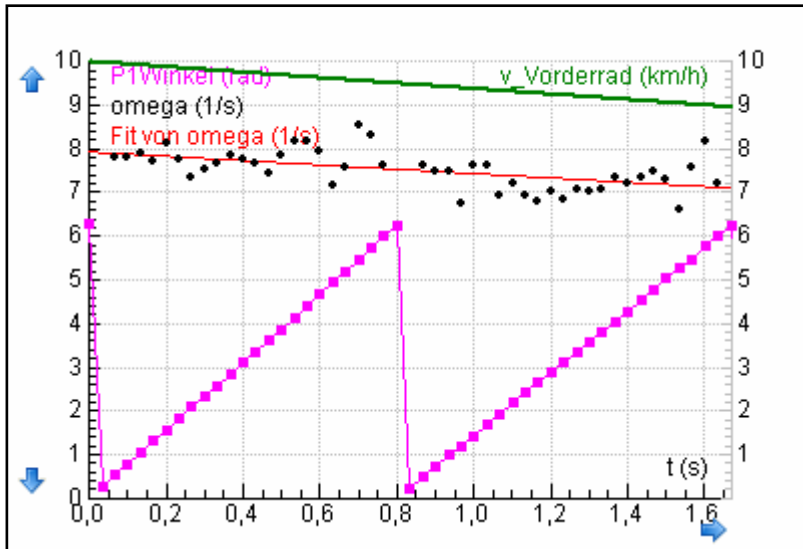
Antwort: Wenn die Skalierung von $v_{\text{Reflektor}}$ in m/s von 0 bis 2 geht, wird die Abnahme weniger deutlich angezeigt.

Wenn dieselbe Achse von 1 oder gar von 1,5 bis 2 skaliert ist, dann ist die Geschwindigkeitsänderung

sehr deutlich dargestellt.

Mein Diagramm „Drehwinkel; omega und $v_{\text{Vorderrad}}$ “

Siehe nächste Seite !



v_Vorderrad meint ebenfalls jene Geschwindigkeit, welche der Tachometer des Bikes bei dieser Rotation anzeigt.

Fragen:

(4) Bestimme mit ‚Analysis/Steigung‘ die positiven Steigungen der ersten beiden Rotationen im Drehwinkelgraphen und berechne den Mittelwert davon. Diese Steigungen

sind die durchschnittlichen Winkelgeschwindigkeiten während der ersten bzw. zweiten Drehung des Rades.

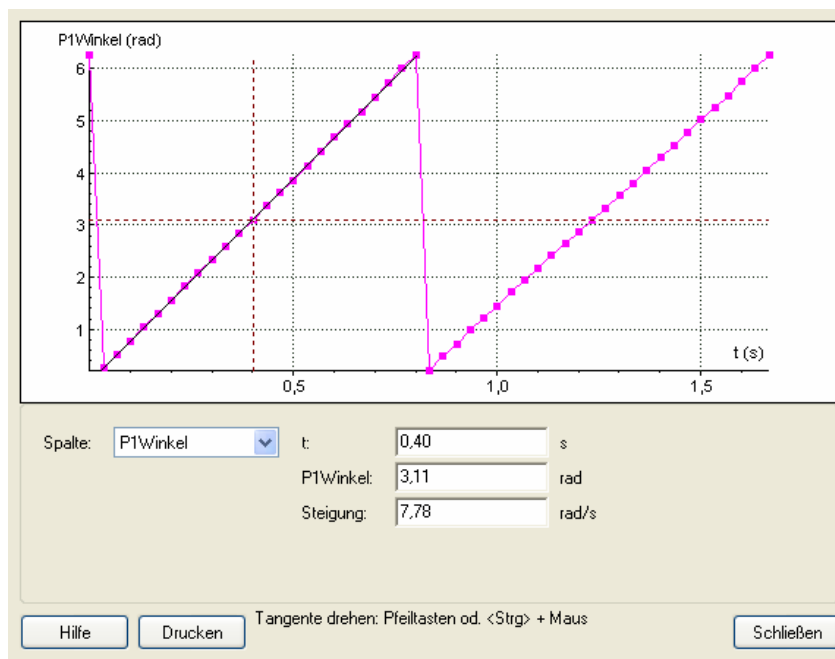
Berechne aus dem letzten Wert auch die mittlere Periodendauer T_m und vergleiche sie mit dem Zahlenwert für T_m aus dem Diagramm „Video“.

Antwort: $\omega_1 = 7,78 \text{ 1/s}$; $\omega_2 = 7,20 \text{ 1/s}$; $\omega_{\text{quer}} = 7,49 \text{ 1/s}$;

$$T_m = 2\pi/\omega_{\text{quer}} = 0,839\text{s}; T_m (\text{Videodiagramm}) = 0,835\text{s}.$$

(5) Stelle Dir vor, das Rad rotiere 10 oder gar 20 Mal. Wie würde sich der Drehwinkelgraph im Diagramm präsentieren? Was kann über die Höhe und Steigungen der „Sägezähne“ gesagt werden?

Vervollständige: Bei der Aufzeichnung zahlreicher, langsam werdender Rotationen bleiben die „Sägezähne“ *gleich hoch* sowohl die positiven als auch die negativen Steigungen werden immer *flacher*, der horizontale (= zeitliche) Abstand der „Zähne“ wird immer *größer*.



5 LITERATUR

Sonstige Quellen:

Englischsprachiges „Handbuch“ und englischsprachige Hilfe der Coach-Software

Internetadressen:

<http://www.cma.science.uva.nl/english>