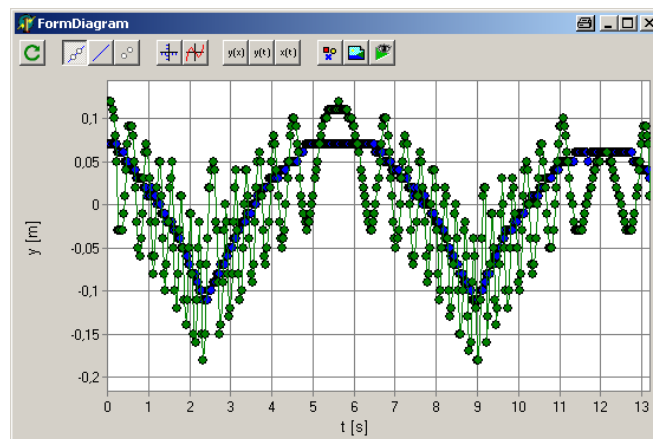


measure Dynamics

Version 1.4f

Handbuch

Markus Grumann
Christine Michel



Copyright: PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
All rights reserved

Inhaltsverzeichnis

1	measure Dynamics in Kurzform	3
1.1	Inhaltliche Darstellung	3
1.2	Chancen für den Einsatz der Video-Bewegungsanalyse	5
2	Bewegungsanalyse mit measure Dynamics	6
2.1	Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung	6
2.2	Impuls	8
2.3	Energie	10
3	Umfang von measure Dynamics	13
4	Installation	14
5	Bedienung von <i>measure Dynamics</i>	15
5.1	Bedienoberfläche	15
5.2	Videos erstellen und vorbereiten	16
5.2.1	Videos beschneiden	17
5.2.2	Videos komprimieren und im avi-Format abspeichern	17
5.3	Analyse von Bewegungen	18
5.3.1	Video laden	18
5.3.2	Videos analysieren	19
5.3.3	Tabelle	23
5.3.4	Diagramm-Auswertung	25
5.3.5	Funktionen überlagern (Modellbildung)	27
5.3.6	Projekt laden	27
5.3.7	Stroboskop	27
5.4	Zählen von Objekten in Einzelbildern	30
5.5	Winkelmessung in Einzelbildern	31
5.6	Helligkeit, Kontrast,... von Bildern / Videos ändern	32
5.7	Texte, Bilder,... in Einzelbildern und Videos einblenden	32
5.8	Sprachen	33

1 *measure Dynamics* in Kurzform

1.1 Inhaltliche Darstellung

Das neu entwickelte Software-Paket *measure Dynamics* der PHYWE Systeme GmbH & Co. KG dient der Analyse von Bewegungen, die in Form eines Videos dokumentiert wurden, und ist auf die Unterrichtsthemen Kinematik und Dynamik im Fach Physik der Sekundarstufen I und II genau abgestimmt.

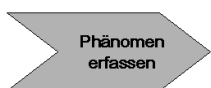
measure Dynamics unterstützt den Lehrer über den gesamten Prozess der Videoanalyse, nachdem das Video selbst erzeugt wurde (Abb. 1):



Abb. 1: Die Videoanalyse von *Bewegungen* im physikalischen Unterricht lässt sich in mehrere Blöcke zerlegen. Nach dem das Video aufgenommen ist, bietet sich ein phänomenologischer Zugang der Bewegung vor allem in der Sekundarstufe I an. Darauf aufbauend folgt die tiefergehende Analyse der Bewegung und die Modellbildung.



measure Dynamics knüpft an ein zuvor erstelltes Video an – der nachfolgende Prozess ist dann vollständig im Programmpaket implementiert. Alternativ kann auf zahlreiche gespeicherte Bewegungsbeispiele (Projekte) zurückgegriffen werden, die bereits analysiert sind.



Die Videoanalyse mit *measure Dynamics* ermöglicht auch bei komplexen Bewegungen eine sehr genaue Beobachtung. Hier wird nach bewährter didaktischer Vorgehensweise die Bewegung zunächst phänomenologisch erfasst, was besonders in der Sekundarstufe I wichtig ist.

measure Dynamics stellt für den phänomenologischen Zugang Funktionen zur Verfügung, welche die Beobachtung unterstützen: das Überlagern von Ortskurven (Abb. 2–A) oder Vektorpfeilen (Abb. 2–B), die Stroboskop-Darstellung der Bewegung insgesamt in einem Bild (Abb. 2–C) oder das Einfrieren der Bewegung über Serienbilder (Abb. 2–D).

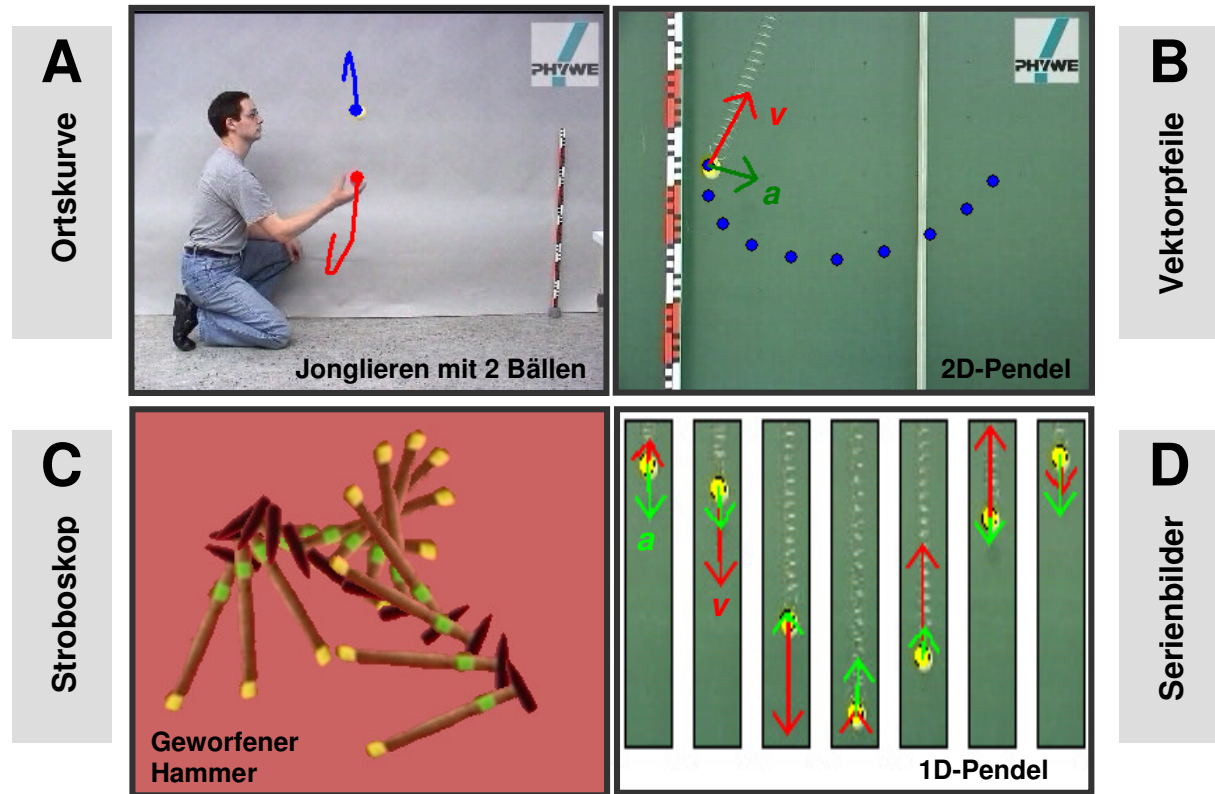
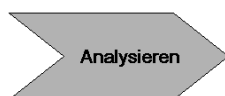


Abb. 2: Möglichkeiten in *measure Dynamics*, um das phänomenologischen Erfassen von Bewegungen zu unterstützen.



Sollen Bewegungen weitergehend analysiert werden, lassen sich den Videos Ortskurven $s(t)$, Geschwindigkeitskurven $v(t)$ oder Beschleunigungskurven $a(t)$ über Differenzenquotienten zuordnen. Für Fall- oder Wurfexperimente lässt sich daraus zum Beispiel die Erdbeschleunigung g bestimmen. Die enge Verbindung zwischen dem Video, das die ursprüngliche Bewegung direkt zeigt, und der abgeleiteten Größe Beschleunigung $a(t)$ bildet eine intuitive Brücke zum Kraftbegriff und damit zum zweiten Newtonschen Axiom $F = m \cdot a$.

Das Beispiel (Abb. 3) zeigt die Bewegungsanalyse eines senkrechten Wurfes nach oben. In der Vertikalprojektion der Bewegung $y(t)$ erkennt man die Parabel 2. Ordnung als die Bewegung beschreibende. Die zweimalige Ableitung in der Zeit $a_y(t)$ führt zu einer Konstanten, die den tatsächlichen Wert der Erdbeschleunigung recht genau trifft.

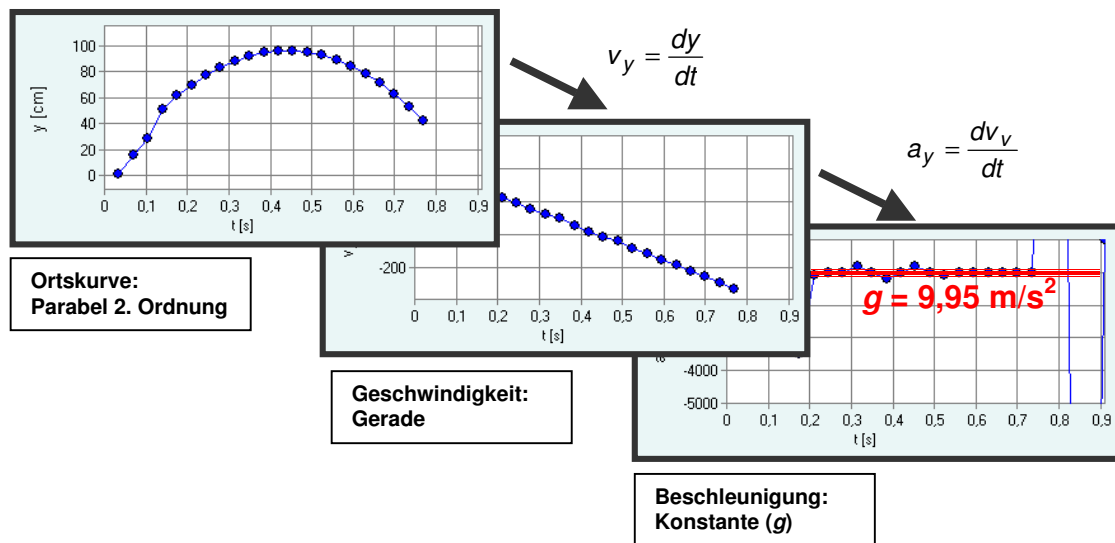
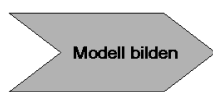


Abb. 3: Analyse eines senkrechten Wurfs nach oben (gleichförmig beschleunigte Bewegung)



Der abschließende Schritt der Modellbildung oder des didaktischen Transfers wird durch Übernehmen der ermittelten Werte als Tabelle (csv-Format) oder als direkte Kopie im Zwischenspeicher einfach ermöglicht. Damit kann dann nachfolgend in anderen mathematischen Programmen die mathematische Analyse fortgeführt werden. Alternativ kann in *measure Dynamics* den ermittelten Kurven ein mathematisches Modell angenähert werden.

1.2 Chancen für den Einsatz der Video-Bewegungsanalyse

Die Bewegungsanalyse über Videos hat in den letzten Jahren stark an Attraktivität gewonnen und ist Gegenstand der Arbeit verschiedener Wissenschaftler, Gremien und kommerzieller Anbieter.

Die Videoanalyse von Bewegungen bietet im Vergleich zu konventionellen Methoden – Gabellichtschranken oder berührungslosen Abstandssensoren – verschiedene Vorteile:

- Das Messwerkzeug selbst ist den Schülern bekannt, entsprechend ist die Hemmschwelle des eigenständigen Experimentierens geringer
- Der Abstraktionsgrad kann sehr niedrig gehalten werden, wobei trotzdem grundlegende Termini wie Geschwindigkeit, Beschleunigung didaktisch sauber gefasst werden können

- Die Analyse von zweidimensionalen Bewegungen ist bei Videos systembedingt einfach
- Auch komplexe zweidimensionale Bewegungen sind einfach und schnell auf das physikalisch Wesentliche zu reduzieren (siehe Abb. 2–C Schwerpunktsbewegung / Relativbewegung)

measure Dynamics unterstützt den Lehrer oder den Schüler bei der Bewegungsanalyse über Videos in verschiedener Form:

- Bereits vollständig analysierte und ausgewertete Videos zu vielen Bewegungsbeispielen (Projekte) vorhanden
- Bisher sehr zeitaufwändige Prozesse der eigentlichen Bewegungsanalyse sind vollständig automatisiert (das Objekt muss nicht mehr in jedem Bild angeklickt werden)
- Stroboskop-Darstellung: intuitives Verstehen komplexer Bewegungen (z.B. Trampolin-Springen)
- Einblenden von Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren oder Bewegungsspuren
- Interpolation von Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungskurven
- Verschiedene Möglichkeiten des didaktischen Transfers und der Modellbildung sind integriert

2 Bewegungsanalyse mit *measure Dynamics*

measure Dynamics eignet sich hervorragend für die zweidimensionale Bewegungsanalyse. Die Kombination von bewegten Bildern und dynamisch ikonischen Repräsentationen (zum Beispiel über Vektorpfeile) ermöglicht es Größen sichtbar zu machen, die sonst für das Auge nicht fassbar wären. Dabei handelt es sich um Größen wie „Ort“, „Geschwindigkeit“, „Beschleunigung“ und „Kräfte“. Ihr vektorieller Charakter wird durch die Darstellung von bewegten Pfeilen betont und das Verständnis der Schüler bewusst in diese Richtung geschult. Dadurch können eventuelle Fehlvorstellungen vermieden oder korrigiert werden.

2.1 Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

- Ort, Ortsvektor und Ortsveränderung
 - In der Newtonschen Mechanik bezeichnet der Begriff „Ort“ einen bestimmten Punkt in einem Bezugssystem, der durch den Ortsvektor, also die Relation zum Nullpunkt des Bezugssystems, beschrieben werden kann.
 - Die Ortsveränderung $\Delta \vec{x} = (\vec{x}_1 - \vec{x}_2)$ beschreibt die Änderung des Ortes, also den zurückgelegten Weg bei einer Bewegung.

➔ Um Fehlvorstellungen zu vermeiden bietet sich eine zweidimensionale Betrachtung des Themas an.

Ein Beispiel dafür ist die Bewegung einer Spielzeugeisenbahn, die mit konstantem Tempo im Kreis fährt.

- Zur Erarbeitung der Ortsänderung können die Ortsvektoren der aktuellen Position der Eisenbahn (weißer Pfeil) und zukünftigen (ein Frame weiter) Position (grüne Pfeile) dargestellt werden. Der türkise Pfeil zeigt dann die Ortsänderung (also: $\Delta \vec{x} = (\vec{x}_1 - \vec{x}_2)$) an.

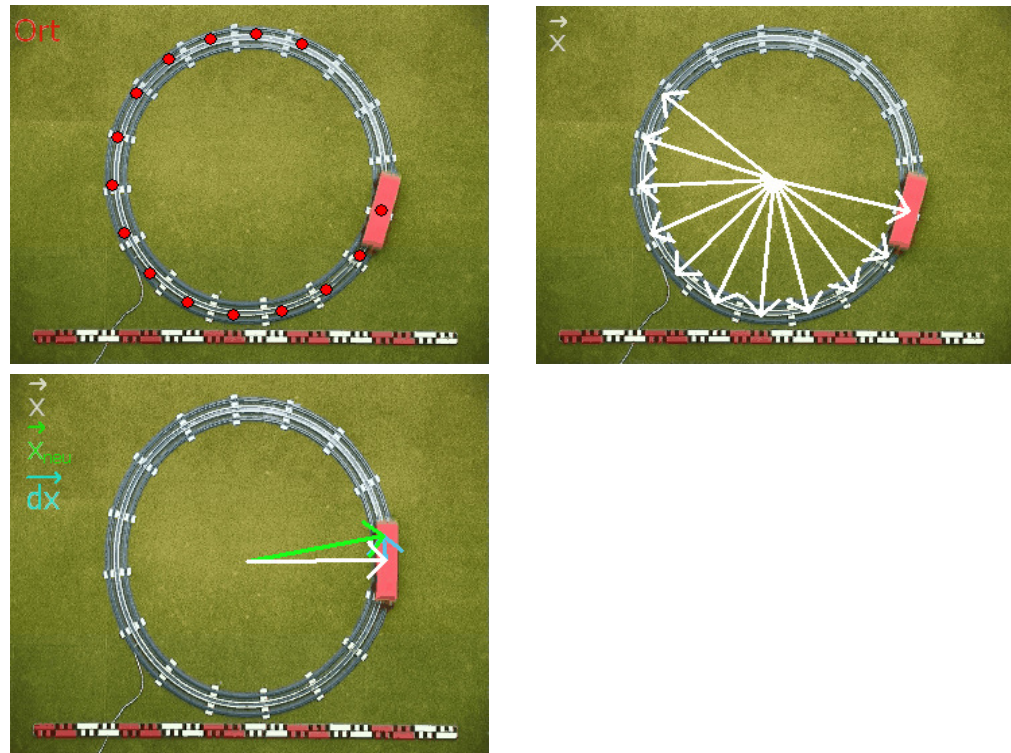


Abb. 4: Darstellungsmöglichkeiten des Ortes, des Ortsvektors und der Ortsänderung.

- Geschwindigkeit, Geschwindigkeitsänderung und Beschleunigung
 - Im Alltagsgebrauch des Begriffs „Geschwindigkeit“ wird die eigentlich vektorielle Größe auf eine Betragsgröße reduziert und bezeichnet meist nur das Tempo oder die Schnelligkeit eines Objekts.
 - In der Physik reduziert sich bei einer eindimensionalen Bewegung der vektorielle Charakter, also die Richtung, nur noch auf das Vorzeichen.
 - Da die Schüler, wenn sie im Unterricht die Geschwindigkeit besprechen, bereits ausgeprägte Alltagsvorstellungen besitzen ist es für sie schwer den Unterschied zwischen Alltagsgebrauch und physikalischer Bedeutung zu verstehen.
 - Es ist daher wichtig den vektoriellen Charakter dieser Größe zu betonen und stets die allgemeine Form der Geschwindigkeit $v = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$,

zu gebrauchen und diese nicht auf die vereinfachte Formel aus der eindimensionalen Bewegung $v = s/t$ zu reduzieren.

- Auch der Begriff der Beschleunigung $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ ist für die Schüler schwer zu begreifen und der vektorielle Charakter wird meist nicht erkannt.

➔ es ist daher sinnvoll, diese kinematischen Grundgrößen durch Videoanalyse zu veranschaulichen und zu erklären.

Dafür bietet sich erneut die kreisförmige Bewegung einer Spielzeugeisenbahn an.

- Durch die Kombination von Ortsvektor, Ortsveränderung und Geschwindigkeit erkennt der Schüler, dass sich die Geschwindigkeit aus der Ortsänderung ergibt und beide Größen in die gleiche Richtung zeigen.
- Die Geschwindigkeit wird dadurch von Beginn an als Vektor gesehen und Fehlvorstellungen können vermieden beziehungsweise korrigiert werden.
- Außerdem wird eine einfache Differenzierung geübt und die Einführung der Beschleunigung vorbereitet. Genauso wie hier aus $\Delta \vec{x}$ nun \vec{v} wird, wird später aus $\Delta \vec{v}$ das \vec{a} .

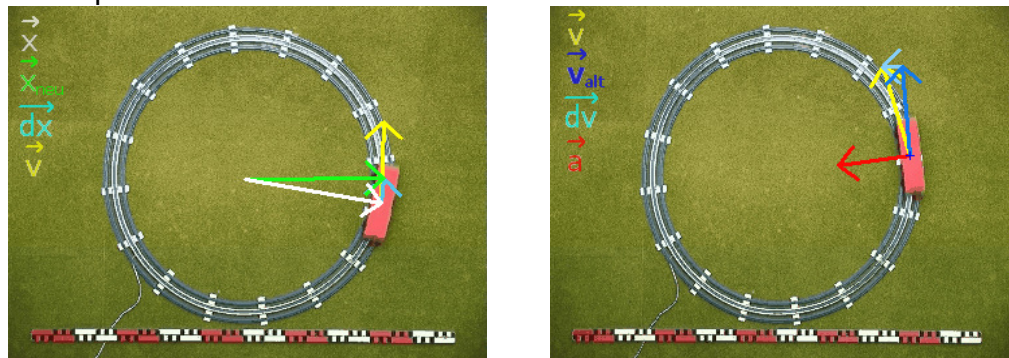


Abb. 5: Darstellungsmöglichkeiten des Ortes, des Ortsvektors und der Ortsänderung zur Herleitung der Geschwindigkeit und der Beschleunigung.

2.2 Impuls

Mit *measure Dynamics* lassen sich neben den kinematischen Grundgrößen auch der Impuls und seine Erhaltung darstellen.

- Beim Stoß zweier Pucks, von denen zunächst einer von beiden in Ruhe ist, erkennt man deutlich, wie sich die Geschwindigkeiten \vec{v} als Indikator für den Impuls $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ an dem Zusammenstoß verändern.

- Neben der vektoriellen Darstellung im Video selbst, bietet sich die Darstellung der Geschwindigkeit in einem Diagramm aufgetragen gegen die Zeit an.

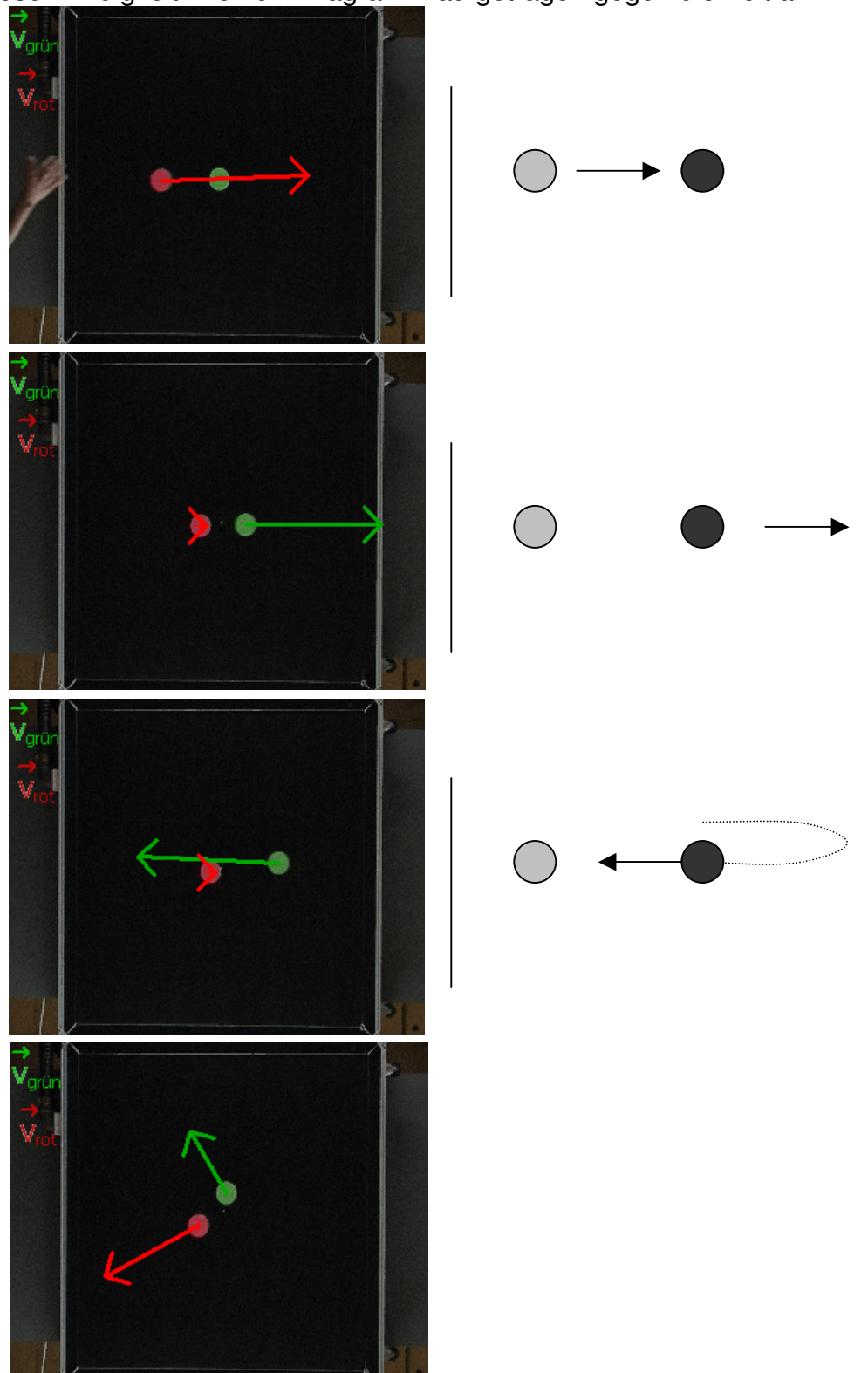


Abb. 6: Geschwindigkeiten der Pucks vor und nach dem Zusammenstoßen

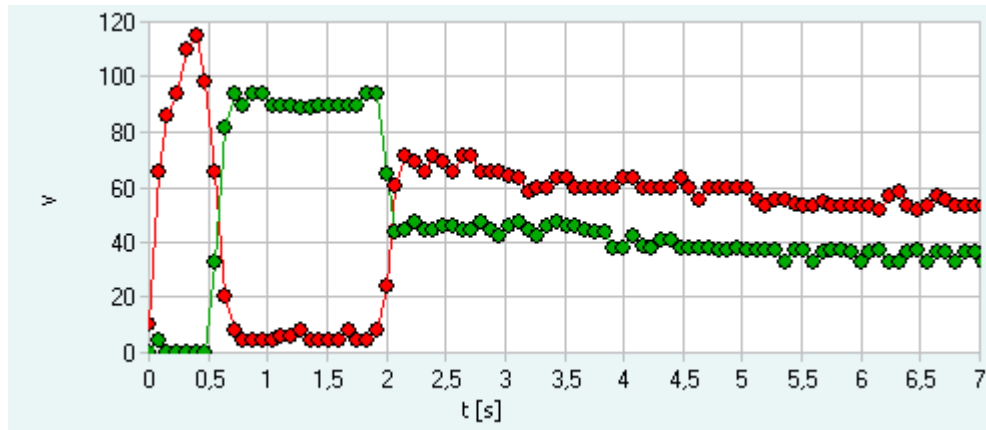


Abb. 7: Zeitlicher Verlauf des Betrags der Geschwindigkeit v des roten und grünen Puck in cm/s.

2.3 Energie

- Eine weitere Möglichkeit der Bewegungsanalyse ist die Darstellung der Energie. Durch die graphische Darstellung der Größen potentielle, kinetische und gesamte Energie sieht man, wie sich die potentieller in kinetische Energie und zurück umwandelt.
- Als Beispiel soll hier die Berg- und Talfahrt eines Wagens (entsprechender Versuchsaufbau besitzt im Katalog die Bestellnummer: P1296400) dienen
 - Neben der Darstellung der Energie sieht man auch deutlich, dass die Beschleunigung einmal bremsend und einmal schneller werdend wirken kann.

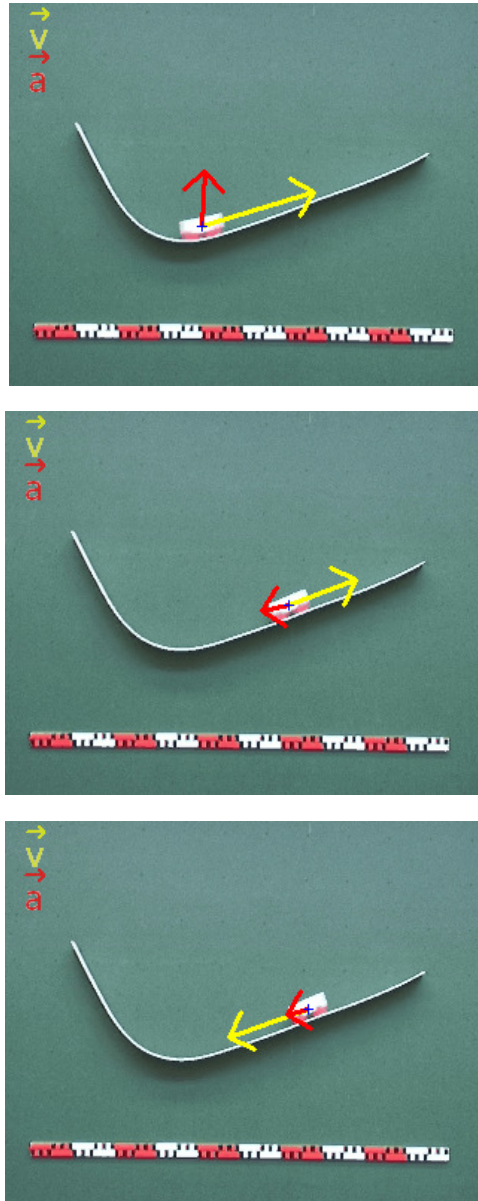


Abb. 8: Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Wagens bei der Berg- und Talfahrt.

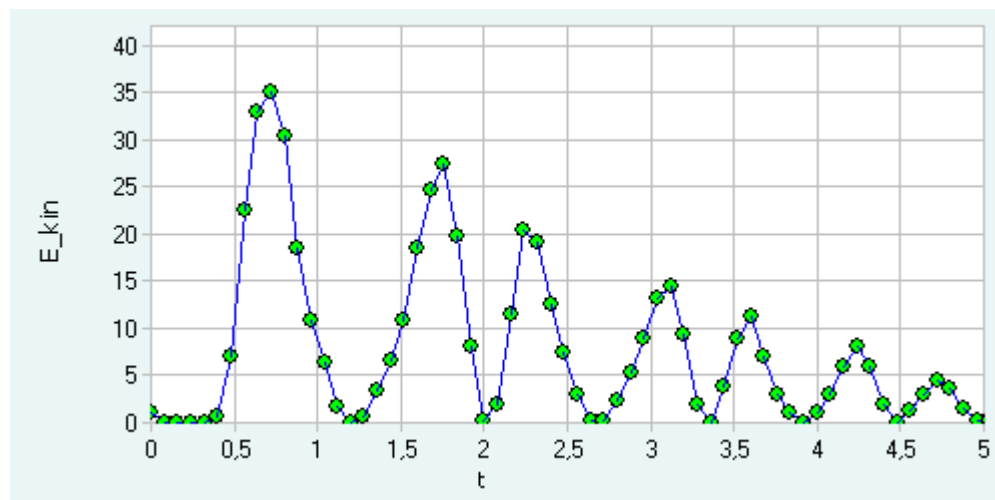


Abb. 9: Zeitlicher Verlauf der kinetischen Energie des Wagens

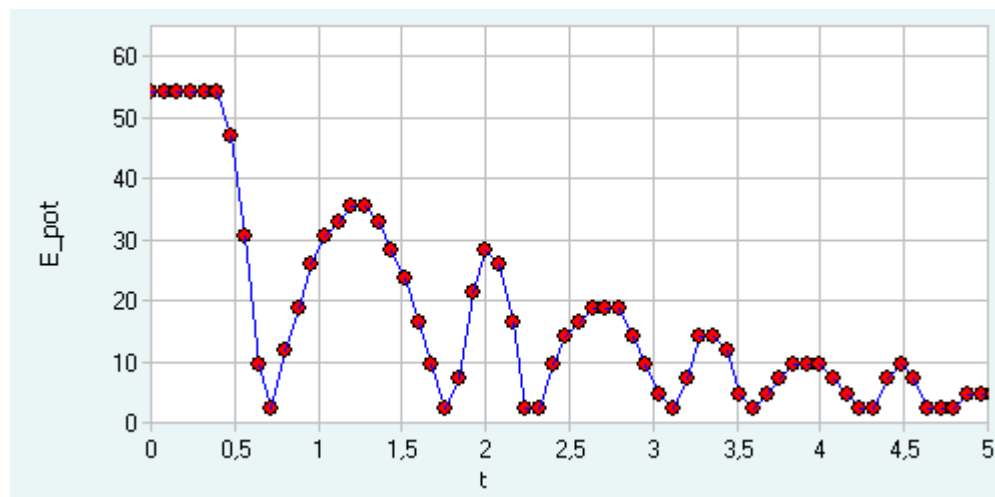


Abb. 10: Zeitlicher Verlauf der potenziellen Energie des Wagens

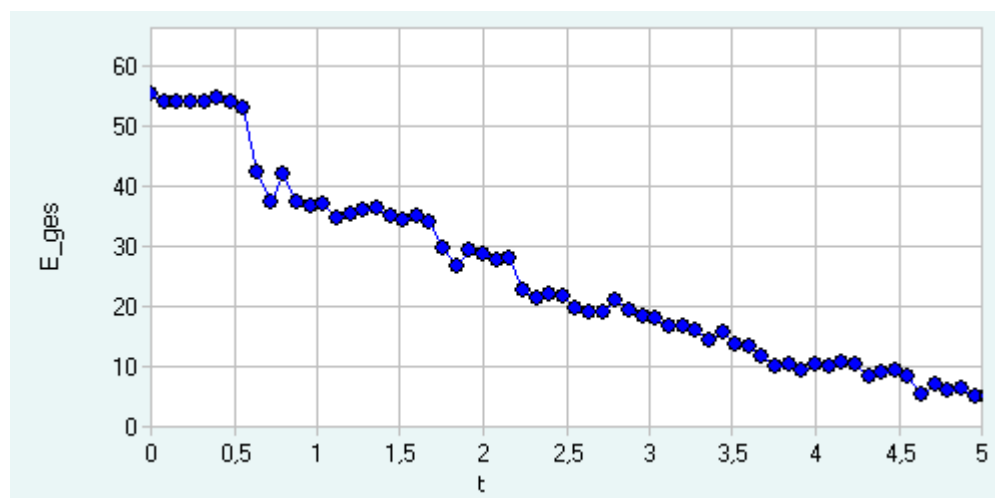


Abb. 11: Zeitlicher Verlauf der Gesamtenergie des Wagens

3 Umfang von measure Dynamics

Im wesentlichen umfasst **measure Dynamics** folgende Komponenten:

- Hauptprogramm mit Setup-Routine
- Beispielvideos mit Auswertung (Projekte)
- Tools (Freeware, zur Weitergabe freigegeben)
 - Virtual Dub (Video-Software)

4 Installation

Die Software ist mit einem eigenen Installationsprogramm ausgestattet. Zur Installation legen Sie die Original-CD in das entsprechende Laufwerk. Das Installationsprogramm startet eigenständig.

Sollte dies nicht der Fall sein, öffnen Sie den Windows Explorer, wählen Sie nun das CD-ROM-Laufwerk aus und doppelklicken Sie das Programm

start.exe.

Folgen Sie nun den weiteren Anweisungen auf dem Bildschirm.

5 Bedienung von *measure Dynamics*

5.1 Bedienoberfläche

Nach dem Start von *measure Dynamics* erscheint die Hauptoberfläche, die sich in 4 Felder aufteilen lässt (Abb. 4).

1. Hauptmenü – zum Aufrufen der Funktionen, die dem jeweiligen Prozess-Schritt zugeordnet sind
2. Video (Rohdaten) – stellt das Video dar mit den zugeordneten Funktionen (zum Beispiel Beschneiden, 5.2.1)
3. Graphische Auswertung – nach durchgeführter Analyse werden die errechneten Ortspunkte oder der zeitliche Ableitungen graphisch dargestellt
4. Tabellarische Auswertung – nach durchgeführter Analyse werden alle relevanten Informationen in Form einer Tabelle abgelegt

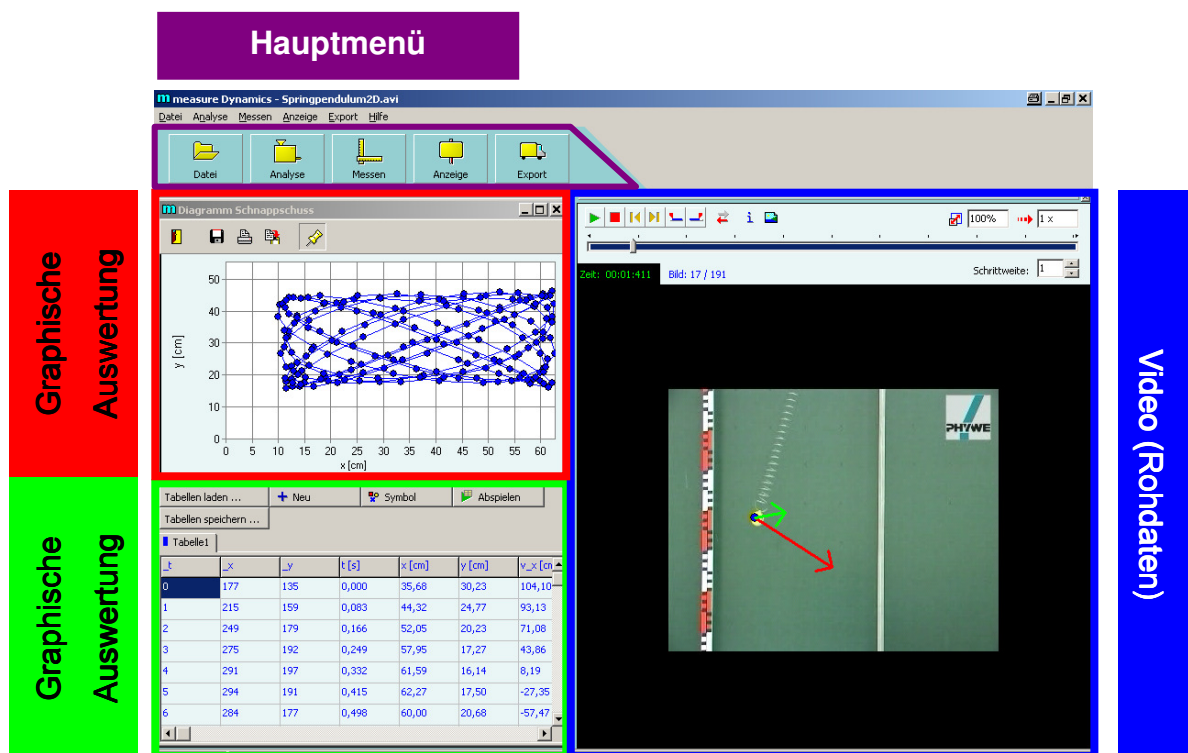


Abb. 12: Bedienoberfläche von *measure Dynamics* (nach Starten des Projektes 2D-Federpendel).

5.2 Videos erstellen und vorbereiten

Beim Erstellen von Videos sind folgende Regeln zu beachten:



- Möglichst hoher Kontrast zwischen bewegtem Objekt und Hintergrund
- Hintergrund unbewegt
- Vom Stativ filmen
- Helligkeit eher zu hoch als zu niedrig
- Bewegte Objekte eher klein
- Objekte möglichst über das gesamte Video bewegt

Für das Aufnahmegerät (Digitalkamera / Camcorder / Webcam / Kamera-Handy) gibt es prinzipiell keine Beschränkung. Trotzdem seien hier folgende Hinweise gegeben:



- Adaptierbarkeit zu Stativ (Gewindebuchse) sollte vorhanden sein. Für ein Handy bleibt empfiehlt sich die Halterung über eine Universalklemme
- 30 Bilder pro Sekunde als Bildrate bei schnellen Bewegungen (hier vor allem freier Fall) sind empfehlenswert
- Interlacing führt speziell bei schnellen Bewegungen zu Artefakten, die sich aber über Virtual Dub reduzieren lassen (3)

Nach der Video Aufnahme sollte vor der eigentlichen Analyse das Video vorbereitet werden, um die Handhabbarkeit zu gewährleisten



- Videos sollten auf die nötige Länge beschnitten werden
- Videos komprimieren (5.2.2)
- Videos in Windows-kompatibles avi konvertieren (avi ist als Format ein etablierter Standard unter einer Vielzahl von Videoformaten)

5.2.1 Videos beschneiden

Starten von *measure Dynamics* und Öffnen des Videos über **Video Laden**. Oberhalb des Videos (in der rechten Fensterhälfte) erscheint folgende Statuszeile mit Funktionen (Abb. 5):

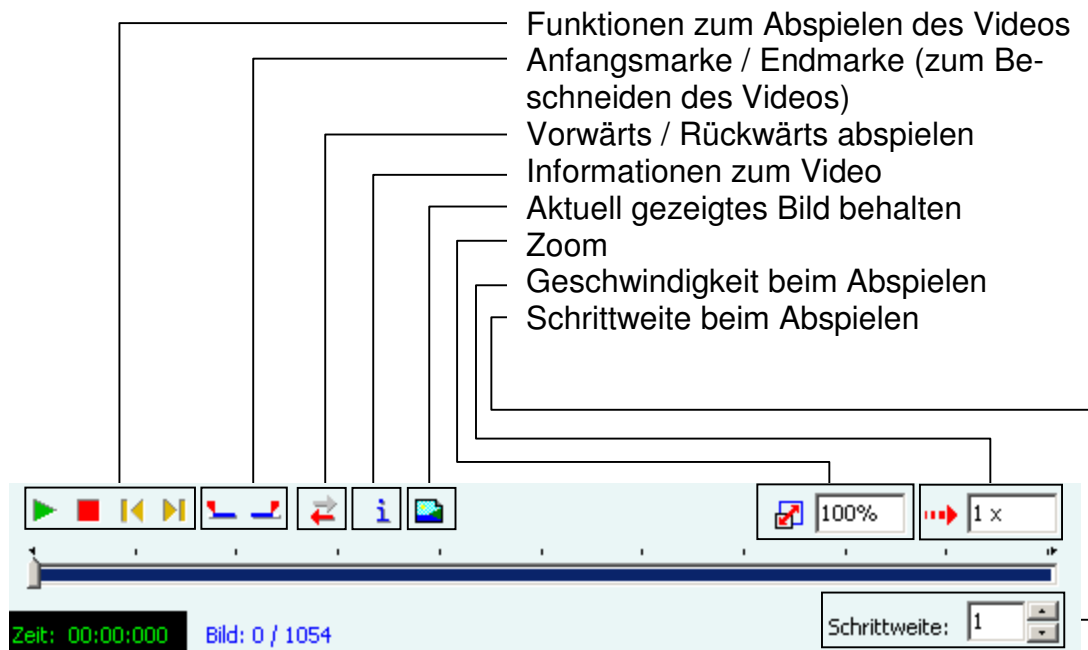


Abb. 13: Statuszeile zum Video Abspielen und Beschneiden.

Lässt man das Video abspielen, so findet man schnell die relevante Sequenz, auf die das Video zu beschneiden ist.

Auswahl des gewünschten **ersten** Bildrahmens, danach  anklicken.

Auswahl des gewünschten **letzten** Bildrahmens, danach  anklicken.



Bei den nachfolgenden Schritten (Analyse, Speichern,...) wird nur noch die eingeschränkte Bild-Sequenz genutzt!

5.2.2 Videos komprimieren und im avi-Format abspeichern

Hat man ein Video in *measure Dynamics* modifiziert (zum Beispiel durch Beschneiden oder durch Überlagern von Vektorpfeilen), so können diese Veränderungen in einem (neuen) Video gespeichert werden.



Videos vorzugsweise als windows-kompatibles avi speichern, um möglichst viele Video-Player nutzen zu können.



- Das Komprimieren von Videos ist auf jeden Fall zu empfehlen, um die Handhabbarkeit der Dateien zu behalten und den Speicherbedarf in Grenzen zu halten.
- Richtig eingestellte Kompressionsalgorithmen ist ein Qualitätsverlust im Video nicht erkennbar.

Aufrufen von **Export**, dann **Video exportieren**, dann **Kompression** (Abb. 6).

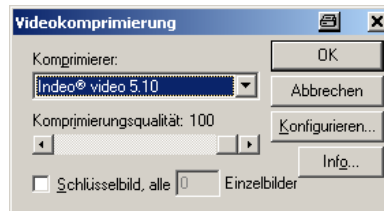


Abb. 14: Auswahlfenster für Kompressionsalgorithmen. Der Qualitätsverlust des Videos beim Komprimieren mit dem Algorithmus **Indeo Video 5.10** bei einer Kompressionsqualität von 100 ist nicht erkennbar.

Nach dem Aktivieren der Kompression kann das Video gespeichert werden, über **Export**, dann **Video exportieren**, dann **Video Speichern**.

5.3 Analyse von Bewegungen

Prinzipiell stehen 2 Wege für die Bewegungsanalyse offen:

- **Video Laden** – Eigenständige Analyse eines Videos (5.3.1)
- **Projekt Laden** – Vorführung oder weitergehende Untersuchung eines Videos, das bereits analysiert wurde (5.3.6)

5.3.1 Video laden

Laden eines Videos über Menüpunkt **Datei**, dann **Video Laden**

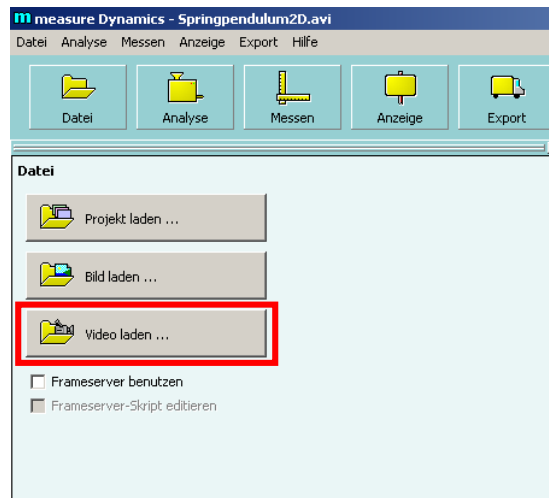


Abb. 15: Auswahlfenster Laden eines Projekts oder Bilds oder Videos.
Ein Projekt (*.prj) ist ein bereits analysiertes Video.

5.3.2 Videos analysieren

Prinzipiell gibt es 2 Möglichkeiten der Analyse von Videos:

- Stroboskop-Darstellung (5.3.7)
- Bewegungsanalyse

In diesem Abschnitt wird nur die Bewegungsanalyse beschrieben.



Vor der eigentlichen Analyse sollte das Video skaliert werden (5.3.2.1), um die nachfolgende Auswertung zu vereinfachen!

5.3.2.1 Nullpunkt setzen, Video skalieren

Unter **Skalierung** stehen die folgenden Funktionen zur Verfügung:

- Nullpunkt setzen, sinnvoll ist hier der Start-, Endpunkt oder Nulldurchgang einer Bewegung
- Kalibrieren (Länge)

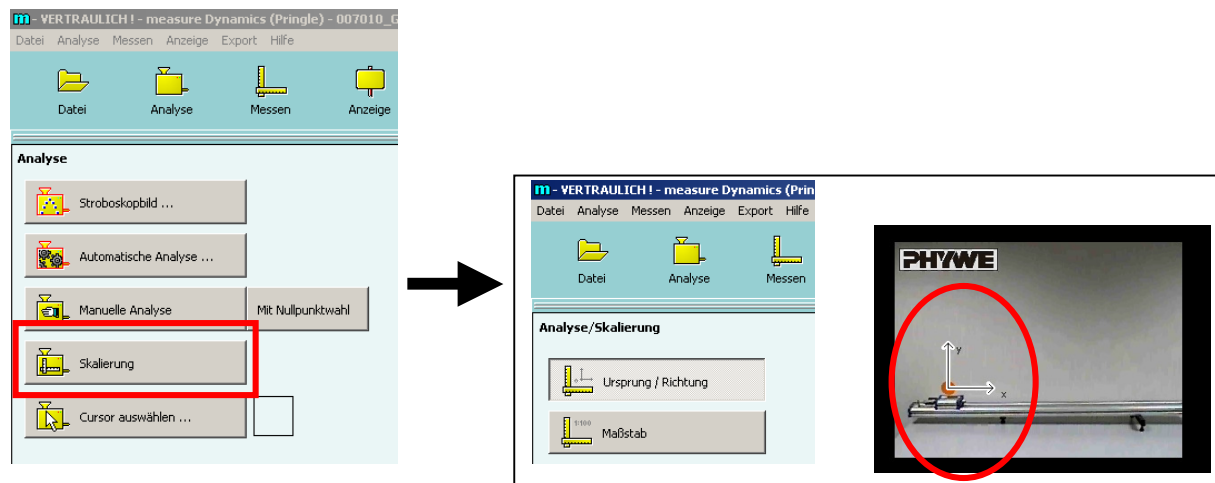


Abb. 16: Vorgehen zur Festlegung des Ursprungs und der Richtung



Koordinatensystem drehen: rechte Maustaste drücken und Achsen verdrehen

Danach das Video kalibrieren:

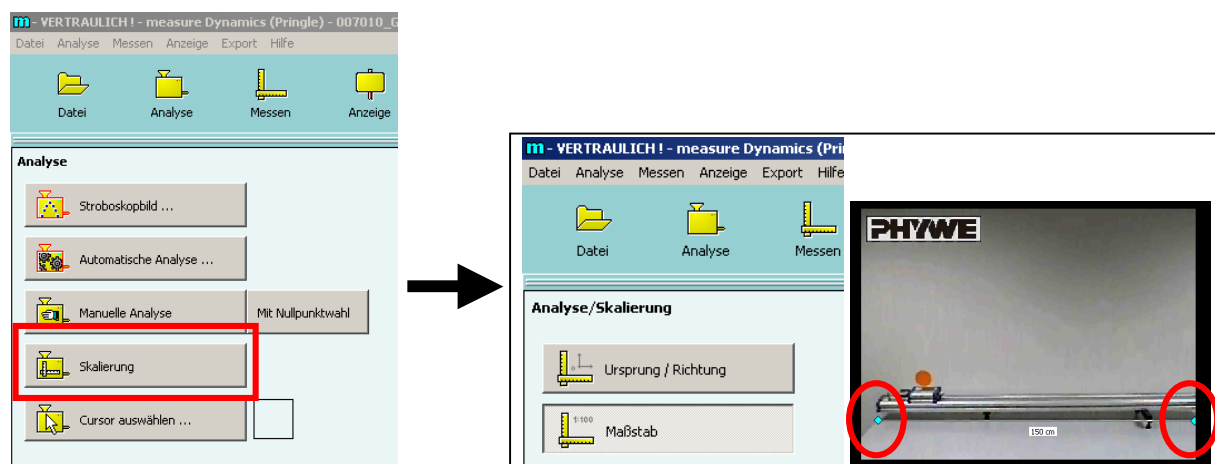
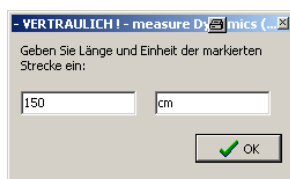


Abb. 17: Vorgehen zur Festlegung des Maßstabes.

Ziehen der beiden Enden des Messbalkens an ein Objekt bekannter Größe.

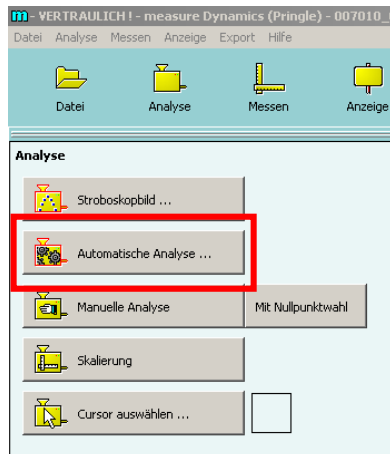


Es kann sowohl der Betrag der bestimmten Länge, als auch die Größe (m, cm) verändert werden.



Für genaue Auswertungen empfiehlt es sich beim Erstellen des Videos immer ein Objekt bekannter Größe im Bild zu haben, am besten ein großer Maßstab, um Verzeichnungsfehler der Kamera berücksichtigen zu können.

5.3.2.2 Automatische Analyse



Im Normalfall **Automatische Analyse** wählen!
Manuelle Analyse bedeutet: das bewegte Objekt in jedem Bildrahmen anklicken.

Nach dem Start der automatischen Analyse beginnt eine Voruntersuchung, die mit der Aufforderung **Objekt anklicken** endet.



Je Video können ein oder mehrere Objekte durch die Bildsequenz verfolgt werden. Jedes Objekt muss aber einem eigenen Tabellenblatt zugeordnet werden.

Fährt man mit dem Cursor in das Video, so erscheint eine Zielmarke. Damit ins Zentrum des Objekts klicken.

Die erfolgreiche Objekterkennung wird über ein Fenster angezeigt, im Objekt erscheint ein grünes Quadrat.



Abb. 18: Automatische Analyse: der Algorithmus zur Voruntersuchung hat an dieser Stelle ein bewegtes Objekt erkannt.

Falls die Objekterkennung fehlschlägt:



Abb. 19: Automatische Analyse: der Algorithmus zur Voruntersuchung hat an dieser Stelle (!) kein bewegtes Objekt erkannt.



Was tun bei fehlgeschlagener Objekterkennung?

- Optionen der automatischen Analyse optimieren
- Wechseln zur manuellen Analyse
- Neues Video erstellen

Nach erfolgreicher Objekterkennung: **Start** anklicken:



Danach startet die eigentliche Berechnung des Objektpunkts je Bildrahmen, das Ergebnis wird in der Tabelle abgelegt.

5.3.3 Tabelle



Die Tabelle zum einzelnen Objekt umfasst – verteilt auf die Tabellenblätter zum Objekt – alle in der Analyse ermittelten Werte. Außerdem kann über die Tabelle die Markierung der Ortspunkte im Video geändert werden.

Tabellen laden ...

Tabelle

Symbol

Tabellen speichern ...

Spalte

Abspielen

Tabelle1

Tabelle2

Tabelle3

_t	_x	_y	t [s]	x [cm]	y [cm]	v_x [cm/s]	v_y
0	190	204	0,000	7,14	-11,67		
1	183	208	0,040	5,48	-12,62	-50,50	-20,
2	173	211	0,080	3,10	-13,33	-98,25	-14,
3	150	213	0,120	-2,38	-13,81	-98,25	2,88
4	140	210	0,160	-4,76	-13,10	-62,50	29,7
5	129	203	0,200	-7,38	-11,43	-62,50	41,7
6	119	196	0,240	-9,76	-9,76	-50,63	47,6

Tabelle 20: Informationen zu einem Objektpunkt je Bildrahmen

_t	Zähler
_x	x-Koordinate des Objektpunkts in Pixel-Werten
_y	y-Koordinate des Objektpunkts in Pixel-Werten
T[s]	Zeitstempel des Bildrahmens
x[m]	x-Koordinate des Objektpunkts, kalibriert
y[m]	y-Koordinate des Objektpunkts, kalibriert
v_x [m/s]	x-Komponente der Geschwindigkeit, Differenzenquotient, gemittelt
v_y [m/s]	y-Komponente der Geschwindigkeit, Differenzenquotient, gemittelt
a_x [m/s]	y-Komponente der Beschleunigung, Differenzenquotient, gemittelt
a_y [m/s]	y-Komponente der Beschleunigung, Differenzenquotient, gemittelt



Geschwindigkeit und Beschleunigung sind gerechnete Werte (Differenzenquotient).

Bei verrauschten Trajektorien (Verlauf der Ortspunkte) diese erst glätten und danach differenzieren (zum Beispiel in measure).

5.3.3.1 Tabellenwerte übertragen

Die generierten Tabellenwerte umfassen das Ergebnis der Bewegungsanalyse. Sie können in verschiedener Weise nachbearbeitet und übertragen werden.

Folgende **Funktionen** stehen zur Verfügung (Tabelle anklicken, rechte Maustaste):

- Zelle editieren
- Zelle löschen
- Ganze Zeile löschen
- Ganze Tabelle löschen
- Tabelle laden
- Tabelle speichern
- Tabelle in Zwischenablage kopieren
- Automatische Einträge erneuern
- Erste Spalte füllen

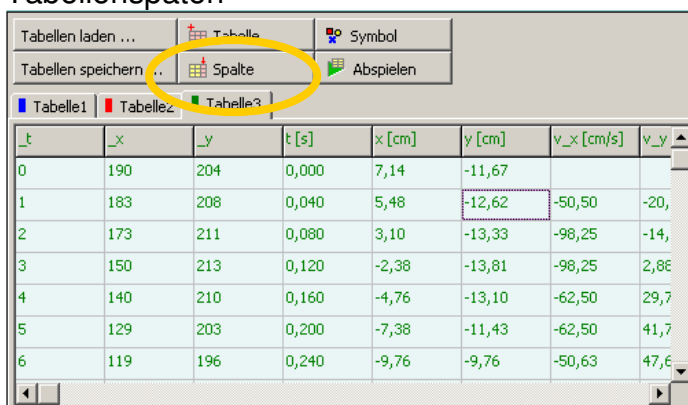


- Ändern und Löschen von Zellenwerten wirken sich auch auf die Objektmarkierungen im Video aus!
- Wichtigste Funktion: Tabelle in Zwischenablage speichern

5.3.3.2 Tabelle erweitern

Neben den bereits bestehenden Tabellenspalten gibt es die Möglichkeit weitere Spalten der Tabelle zuzufügen

- Zunächst erstellt man bei der gewünschten Tabelle eine weitere Tabellenspalte



t	x [cm]	y [cm]	t [s]	x [cm]	y [cm]	v_x [cm/s]	v_y [cm/s]
0	190	204	0,000	7,14	-11,67		
1	183	208	0,040	5,48	-12,62	-50,50	-20,
2	173	211	0,080	3,10	-13,33	-98,25	-14,
3	150	213	0,120	-2,38	-13,81	-98,25	2,88
4	140	210	0,160	-4,76	-13,10	-62,50	29,7
5	129	203	0,200	-7,38	-11,43	-62,50	41,7
6	119	196	0,240	-9,76	-9,76	-50,63	47,6

- Durch Rechtsklick auf die neue Tabellenspalte ergeben sich folgende Funktionen
 - Titel ändern
 - Farbe ändern
 - Formel
 - Tabelle laden
 - Tabelle speichern
 - Tabelle in Zwischenablage kopieren
 - Spalte in Zwischenablage kopieren
 - Spalte aus Zwischenablage holen
 - Automatische Einträge erneuern
 - Erste Spalte füllen
- Eingabe von Formeln
 - Für jede Tabellenspalte kann über den Eintrag „Formel“ im Kontextmenü (Rechtsklick auf Spaltenkopf) eine Formel eingegeben werden, nach der die Werte dieser Spalte berechnet werden. Dabei können die Variablen verwendet werden, die in den vorherigen Tabellenspalten definiert sind (z.B. x, v_y). Die Werte werden zeilenweise berechnet. Die Eingabe erfolgt über ein Skript
 - Standardmäßig ist als Skriptsprache die Microsoft Windows(TM) Skriptsprache „JScript“ eingestellt.
 - Im Folgenden sind einige der häufigsten verwendeten Formeln aufgelistet.

Formel	Syntax
\sqrt{x}	Math.sqrt(x)
$\sin\alpha$	Math.sin(α)
$\cos\alpha$	Math.cos(α)
$\tan\alpha$	Math.tan α
$\arcsin(x/y)$	Math.asin(x/y)
$\arccos(x/y)$	Math.acos(x/y)
$\arctan(x/y)$	Math.atan(x/y)
x^2	x*x

5.3.4 Diagramm-Auswertung

Es empfiehlt sich die abgeschlossene Analyse über ein Diagramm darzustellen, wobei es hier 2 Möglichkeiten gibt. Darstellung über

- Diagramm: das Diagramm ist fest verankert
- Extra Diagramm: das Diagramm ist verschiebbar.

Extra Diagramm bietet folgende Vorteile:

- Diagramm verschiebbar
- Mehrere Diagramme aufrufbar (ist bei mehreren



Objekten interessant oder wenn die Bewegung eines Objekts über eine Ortskurve und eine Geschwindigkeitskurve analysiert werden.)

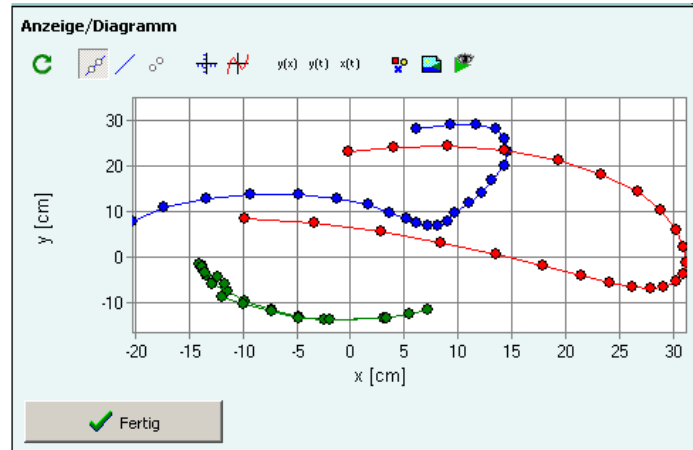


Abb. 21: Darstellung der Bewegung eines Dreifachpendels in Form eines Diagrammes.



Bei mehreren analysierten Objekten können die Ortspunkteverläufe auf verschiedene Diagramme getrennt darstellen!



→ Diagramm Optionen → Tabelle:

5.3.5 Funktionen überlagern (Modellbildung)

Eine weitergehende Analyse von Bewegungen ist auch in *measure Dynamics* möglich. Dafür lassen sich zu ermittelten Bewegungskurven manuell erstellte Funktionskurven hinzufügen.

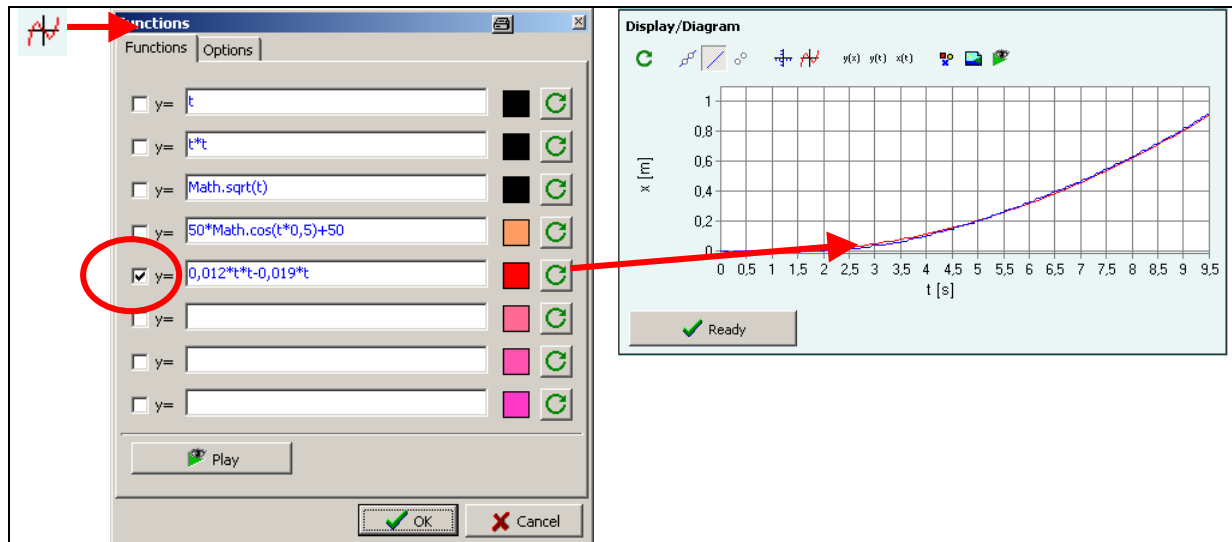


Abb. 22: Modellbildung mit *measure Dynamics* am Beispiel einer gleichförmig beschleunigten Bewegung.



Funktionen werden im Datei-Format im fct-Format abgelegt und gegebenenfalls mit Projekten (5.3.6) verknüpft.

5.3.6 Projekt laden

Ein Projekt (*.prj) verknüpft zu einem Video (.avi) die erstellte Analyse (.csv), Funktionen als Overlay (.fct) und erstellte Filtersets (.pfs).

Damit lässt sich das Ergebnis einer Unterrichtseinheit einfach und elegant sichern.

5.3.7 Stroboskop

Es werden das sich bewegende Objekt über alle Bilder hinweg analysiert, vom Hintergrund abstrahiert und bezogen auf ein Hintergrundsbild überlagert dargestellt.

Aufrufen der Stroboskop-Dialogbox über Menüpunkt **Analyse**, dann **Stroboskopbild**.

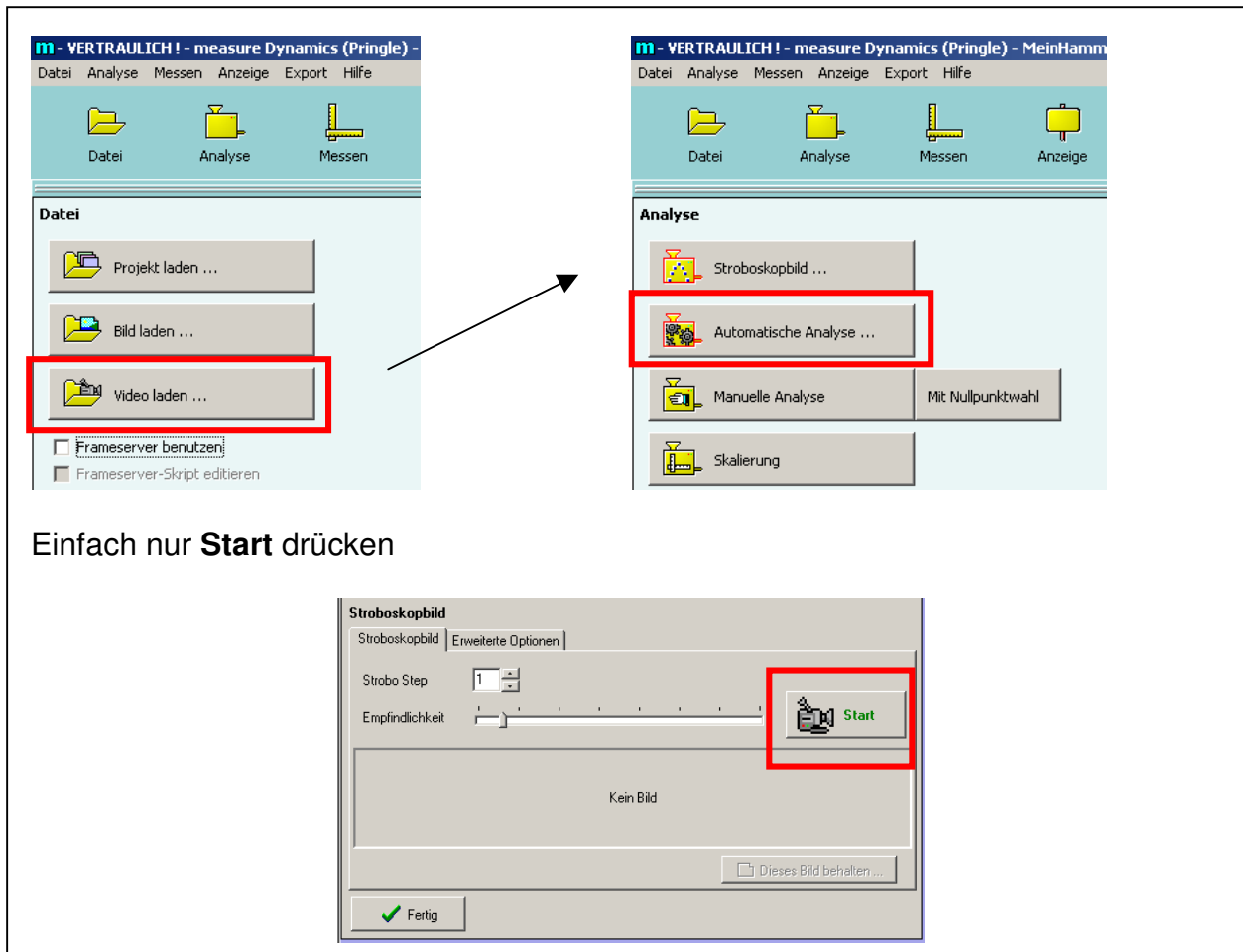


Abb. 23: Stroboskop-Darstellung: Menüführung.

Strobo Step legt die Schrittweite zwischen den Bildern fest, aus denen das bewegte Objekt über die Strobo-Funktion zusammengefasst wird.



Abb. 24: Stroboskop-Darstellung der Bewegung eines geworfenen Hammers.



Einstellungen Stroboskop:

- Schrittweite: legt den Abstand zwischen den Bildern fest, aus dem die jeweiligen Objekte extrahiert werden (Erhöhen sinnvoll bei langsamen Bewegungen)
- Empfindlichkeit
- Hintergrund monochrom: macht Sinn bei unruhigem Hintergrund, zu beachten ist hier die Farbauswahl für den monochromen Hintergrund
- Farbige Blitzlichter: eher Spielerei
- Einzelbilder durchscheinend: erhöht den dynamischen Eindruck.

5.4 Zählen von Objekten in Einzelbildern

Aufruf der Funktion über Menüpunkt **Datei**, danach **Messen**, dann **Zählen**

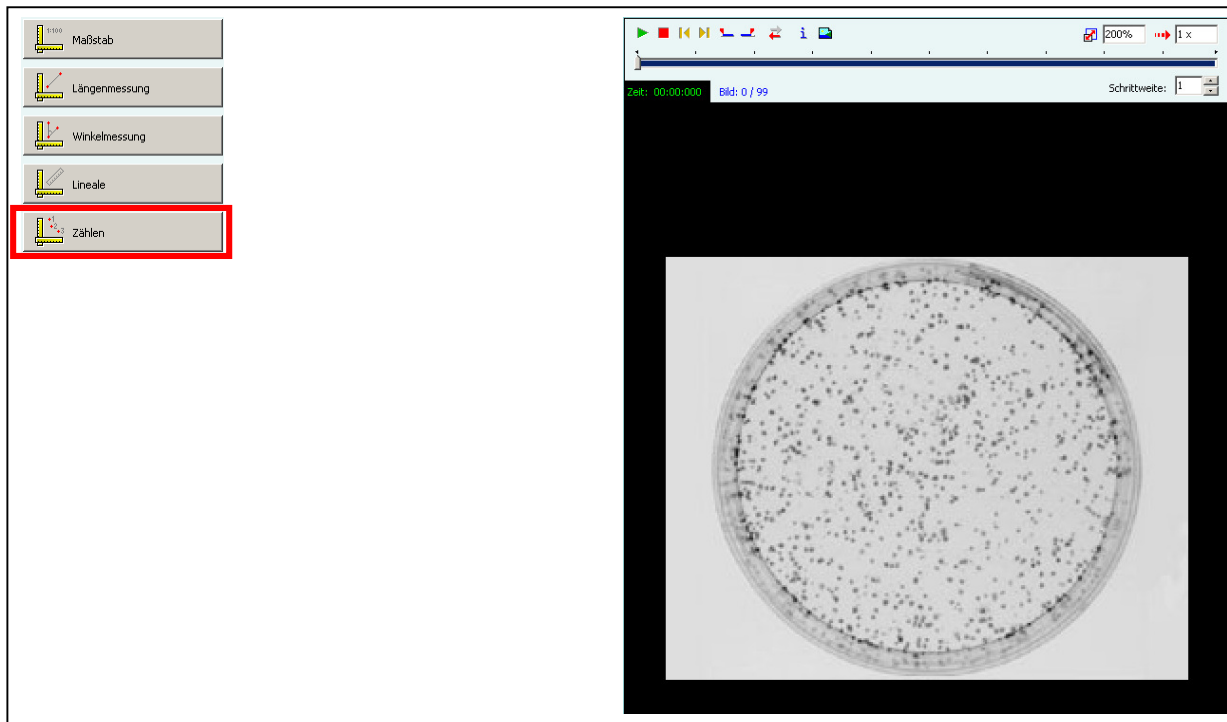


Abb. 25: Zählen am Beispiel des Colony Counting, das heißt des Zählens von Zellkolonien in einer Petrischale.



- Möchte man verschiedene Spezies zählen, so sollte für jede Spezies ein Tabellenblatt angelegt werden.
- Je Punkt wird in der Tabelle alle Informationen (wie bei Videos aufgezeichnet)
- Jeder Punkt wird in einen eigenen Frame abgelegt

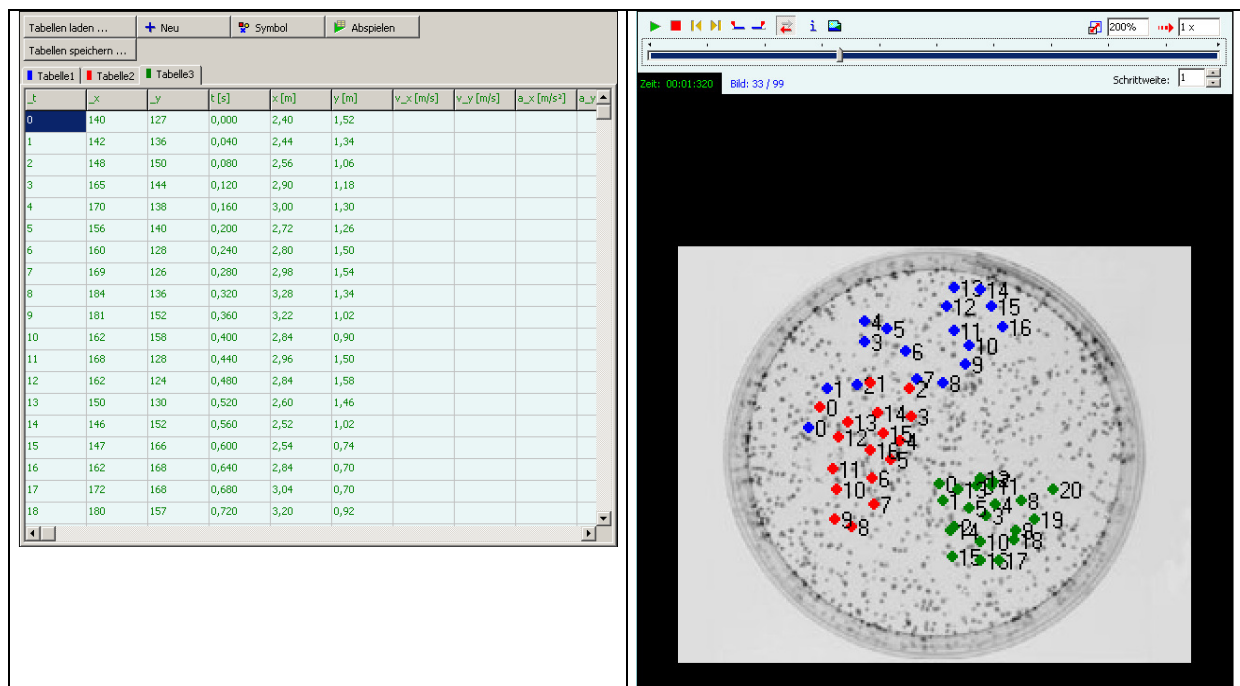


Abb. 26: Zählen der Objekte verschiedener Spezies in einer Petrischale.

5.5 Winkelmessung in Einzelbildern

Aufrufen über Menüpunkt **Messen**, dann **Winkelmessung**.

Es erscheint im gewählten Bildrahmen (Einzelbild oder Bild einer Videosequenz) das Messinstrument Winkel, das durch Ziehen und Schieben dem relevanten Objekt angepasst wird.

Soll das Ergebnis der Winkelmessung übernommen werden, so wird über STRG + W der Messwert in das aktuelle Tabellenblatt übernommen.

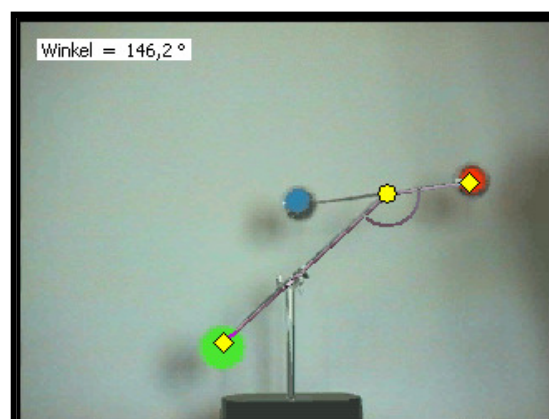


Abb. 27: Winkelmessung im Bild.

5.6 Helligkeit, Kontrast,... von Bildern / Videos ändern

Aufrufen über Menüpunkt **Anzeige**, dann **Filter**, dann das Icon  , dann **Farbe und Helligkeit**.

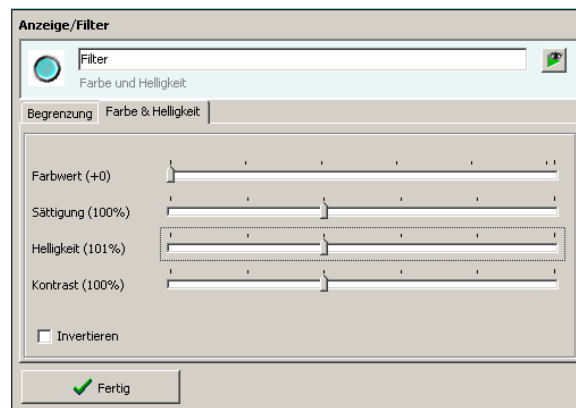
Es erscheint in der Filterauswahlliste folgender Filter



der über das Icon  zur eigentlichen Bedienoberfläche zur Einstellung von

- Farbwert
- Sättigung
- Kontrast

führt:



Die Einstellungen zu Helligkeit, Kontrast,... wirken sich auf alle Bilder eines Videos aus!

5.7 Texte, Bilder,... in Einzelbildern und Videos einblenden

Aufrufen über Menüpunkt **Anzeige**, dann **Zeichnen**:

Es erscheint nachfolgende Dialogbox, mit der Objekte im Bild überlagert werden können:

- Ellipse
- Kreis
- Rechteck
- Quadrat
- Pfeil
- Linie
- Bild
- Textelement

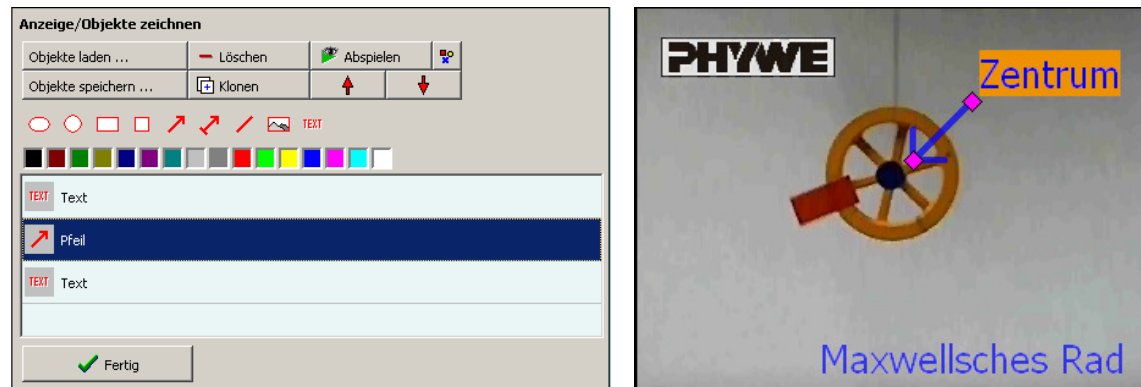


Abb. 28: Überlagern von Elementen in einem Bild. Links: Dialogbox zur Auswahl der Elemente. Rechts: Beispiel für ein überlagertes Bild mit einem Bild, 2 Textelementen und einem Pfeil.

5.8 Sprachen

Die Spracheinstellung von *measure Dynamics* lässt über den Menüpunkt **Datei**, dann **Optionen**, **Allgemein** ändern. Der Wechsel der Sprache wird erst nach Neustart des Programms wirksam!

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG

Robert-Bosch-Breite 10
D - 37079 Göttingen

Telefon: +49/551/604-0
Fax: +49/551/604-107
E-mail: info@phywe.de
Internet: www.phywe.de