

Physikalische Schülerversuche auf der Basis von Raspberry Pi

Aufzeichnung, Visualisierung und Auswertung der gleichmäßig beschleunigten Bewegungen mit Richtungsumkehr auf einer Rollenfahrbahn mit dem VL53L0X-Sensor und Messwerterfassungssystem PhyPiDAQ

Rejestracja, wizualizacja i ocena równomiernie przyspieszonych ruchów ze zmianą kierunku na rolce z czujnikiem VL53L0X i systemem akwizycji danych PhyPiDAQ

Ziel des Versuchs:

Cel eksperymentu:

1. Aufzeichnung, Visualisierung und Auswertung gleichmäßig beschleunigter und verzögerter Bewegung eines mit einer Stoßfeder vorgesehenen Experimentierwagens auf einer geneigten Fahrbahn mit dem VL53L0X-Sensor und Messwerterfassungssystem PhyPiDAQ;
1. rejestracja, wizualizacja i ocena równomiernie przyspieszonego i opóźnionego ruchu wózka eksperymentalnego ze sprężyną amortyzującą na pochyłym torze przy użyciu czujnika VL53L0X i systemu akwizycji danych PhyPiDAQ;



2. Bestimmung des Zeit-Weg-Gesetzes einer beschleunigten, bzw. verzögerten Bewegung des Experimentierwagens durch die Aufzeichnung der Fahrzeiten und der Wegstrecken auf der geneigten Fahrbahn.
2. wyznaczenie prawa czasu i odległości dla przyspieszonego lub opóźnionego ruchu wózka doświadczalnego poprzez rejestrację czasów i odległości przejazdu po pochyłym torze.
3. Bestätigung der Newtonschen Axiomen;
3. potwierdzenie aksjomatów Newtona;
4. Untersuchung der Rollreibung und deren Wirkung auf die Bewegung des Experimentierwagens.
4. badanie tarcia tocznego i jego wpływu na ruch wózka doświadczalnego.
5. Untersuchung der kinetischen, der potenziellen und der gesamten Energie des Körpers während der Bewegung;
5. analizowanie energii kinetycznej, potencjalnej i całkowitej ciała podczas ruchu;
6. Nutzung der Messdaten im Mathematikunterricht zu funktionalen Zusammenhängen, Anbindung des Mathematikunterrichtes an die Realität;
6. wykorzystanie danych pomiarowych na lekcjach matematyki dotyczących zależności funkcjonalnych, łączenie lekcji matematyki z rzeczywistością;

Ciało stacza się w dół z przyspieszoną prędkością i uderza w przeszkodę na dolnym końcu jezdni. Po uderzeniu wózek pomiarowy porusza się po pochylej płaszczyźnie w przeciwnym kierunku z opóźnieniem, aż do krótkiego zatrzymania, po czym ponownie przyspiesza w dół, odbija się od zderzaka końcowego i w ten sposób kilkakrotnie obraca się w przód i w tył.

Konkrete Ziele:

- Fahrzeiten und Wegstrecken eines mit einer Stoßfeder vorgesehenen Experimentierwagens auf einer geneigten Fahrbahn aufzeichnen und visualisieren. Untersucht wird eine hinab beschleunigte Bewegung gefolgt von einer nach dem Stoß hinauf verzögerten Bewegung. Ein Video der mehrphasigen Bewegung wird produziert.
- Momentane Aufnahme der Zeit-Entfernung-Funktion im Diagramm-Fenster der PhyPiDAQ-Software. Das Ergebnis soll wie in der Abb.1 aussehen.
- .daq-Konfiguration des Versuchs anpassen.
- .yaml-Konfiguration des VL53L0X-Distanzmessensors einstellen.
- Datei mit Rohdaten in .csv-Format speichern.
- Datei mit erarbeiteten Messdaten in Excel oder LibreOffice (direkt auf dem Raspberry Pi) für weitere physikalischen Untersuchungen verwenden.

Konkrete cele:

- Zarejestruj i zwizualizuj czasy i odległości przejazdu wózka eksperymentalnego wyposażonego w amortyzator na pochylonym torze. Analizowany jest ruch przyspieszony w dół, po którym następuje ruch spowolniony w górę po uderzeniu. Powstaje nagranie wideo wielofazowego.
- Natychmiastowa rejestracja funkcji czasu i odległości w oknie wykresu oprogramowania PhyPiDAQ. Wynik powinien wyglądać jak na rys. 1.
- Ustaw konfigurację .daq eksperymentu.
- Ustaw konfigurację .yaml czujnika pomiaru odległości VL53L0X.
- Zapisz plik z nieprzetworzonymi danymi w formacie .csv.
- Użyj pliku z danymi pomiarowymi w programie Excel lub LibreOffice (bezpośrednio na Raspberry Pi) do dalszych analiz fizycznych.

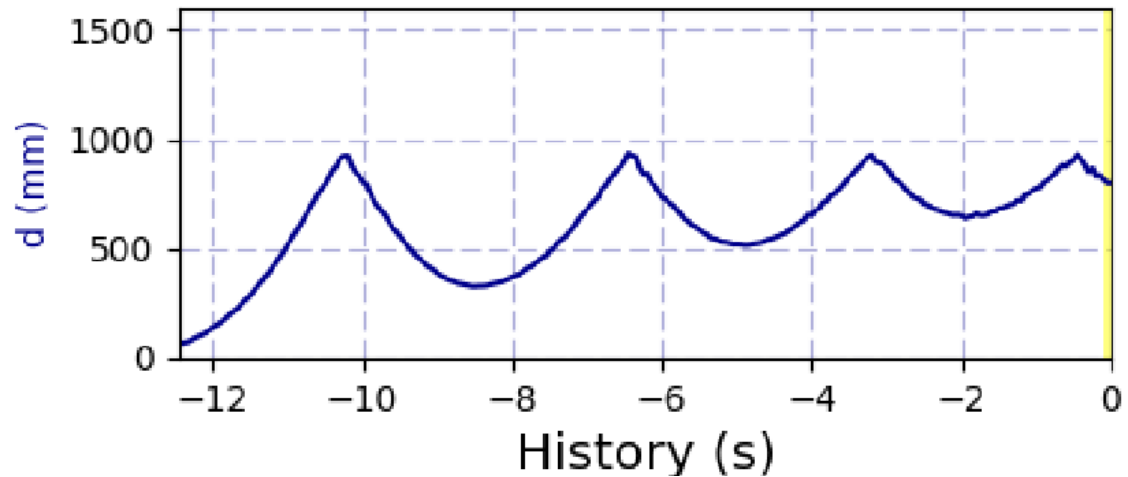


Abb1. Das Zeit-Weg-Diagramm mit Richtungsumkehr wird aufgezeichnet und im PhyPiDAQ- Diagrammfenster in Echtzeit dargestellt.

Rys1. Wykres czasowo-odległościowy z odwróceniem kierunku jest rejestrowany i wyświetlany w czasie rzeczywistym w oknie wykresu PhyPiDAQ.

Aufbau des Versuchs

Struktura eksperymentu

I.1 Entwerfen Sie die Experimentieranordnung des Versuchs mit den notwendigen Bauteilen für die Durchführung und Messwerterfassung basiert auf dem Raspberry Pi und auf dem VL53L0X-Distanzsensor;

I.1 Zaprojektowanie konfiguracji eksperymentu wraz z niezbędnymi do przeprowadzenia eksperymentu i rejestrowania zmierzonych wartości w oparciu o Raspberry Pi i czujnik odległości VL53L0X;

I.2 Besprechen Sie mit Ihrem Partner die Beschaltung und die Pinbelegung des VL53L0X-Distanzsensor.

I.2 Omów z partnerem okablowanie i przypisanie pinów czujnika odległości VL53L0X.

I.3 Überlegen und klären Sie in Worten, wie man das Breadboard mit dem Entfernungssensor befestigen soll, damit der Laser-Strahl senkrecht auf dem Reflektor des Wagens fällt.

I.3 Zastanów się i wyjaśnij słownie, jak przymocować płytkę prototypową z czujnikiem odległości, aby wiązka lasera padała pionowo na reflektor wózka.

Nachdem die Experimentieranordnung vollständig fertig ist, muss man den Versuch in PhyPiDAQ- Messwerterfassungssystem konfigurieren.

Po zakończeniu konfiguracji eksperymentu należy go skonfigurować w systemie akwizycji danych PhyPiDAQ.

Konfiguration des Versuchs Konfiguracja eksperymentu

II.1 Beschreiben Sie die .daq- Konfiguration des Versuchs, und die .yaml-Konfiguration des Sensors. Bei Ihren Beschreibungen gehen Sie durch die folgenden Schritte durch:

II.1 [Opisz konfigurację .daq eksperymentu i konfigurację .yaml czujnika. W swoich opisach wykonaj następujące kroki:](#)

II.2 Wie werden die Befehle zum Aufzeichnen, Visualisieren und Speichern der Messdaten im Hauptmenü des PhyPiDAQ-Fensters aktiviert und angepasst?

II.2 [W jaki sposób polecenia rejestrowania, wizualizacji i zapisywania danych pomiarowych są aktywowane i dostosowywane w menu głównym okna PhyPiDAQ?](#)

II.3 Wie wird die .yaml-Konfiguration des VL53L0X-Distanzmesssensor hochgeladen? Welche Merkmale soll man bei diesem Sensor eingeben?

II.3 [Jak załadować konfigurację yaml czujnika pomiaru odległości VL53L0X? Jakie funkcje należy wprowadzić dla tego czujnika?](#)

II.4 Was bewirkt der Befehl ChanLimits, ChanLabels, ChanUnits, im Messfenster des PhyPiDAQ-Messwerterfassungssystem?

II.4 [Co robi polecenie ChanLimits, ChanLabels, ChanUnits w oknie pomiarowym systemu akwizycji danych PhyPiDAQ?](#)

II.5 Wie werden die physikalischen Größen mit ihren Maßeinheiten in die .daq-Konfiguration des Versuchs eingegeben?

II.5 [W jaki sposób wielkości fizyczne i ich jednostki miary są wprowadzane do konfiguracji .daq eksperymentu?](#)

II.6 Mit welchen Befehlen lassen sich die Messdaten in .csv-Format für weitere Auswertungen speichern?

II.6 [Których poleceń można użyć do zapisania danych pomiarowych w formacie .csv w celu dalszej analizy?](#)

II.7 Wo befindet sich die Datei mit den entsprechenden Konfigurationen und Messwerten?

II.7 [Gdzie znajduje się plik z odpowiednimi konfiguracjami i zmierzonymi wartościami?](#)

**Ist die Konfiguration des Versuchs fertig, kann man die erste Messung beginnen.
[Po zakończeniu konfiguracji eksperymentu można rozpocząć pierwszy pomiar.](#)**

Aus dem im Messfenster der PhyPiDAQ-Software visualisierten Zeit-Weg-Diagramm, kann man relevante Informationen ermitteln, wie z.B. die Position des Körpers zu einem bestimmten Zeitpunkt, den zurückgelegten Weg in einem bestimmten Zeitintervall durch Differenzenbildung, Richtung der Bewegung, Schnelligkeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Impuls, Kraftstoß, Reibung, kinetische und potenzielle Energie zeichnerisch und rechnerisch untersucht.

Na podstawie wykresu czas-odległość wizualizowanego w oknie pomiarowym oprogramowania PhyPiDAQ można określić istotne informacje, takie jak pozycja ciała w określonym punkcie w czasie, odległość przebyta w określonym przedziale czasu przez formację różnicową, kierunek ruchu, prędkość, przyspieszenie, siła, impuls, siła uderzenia, tarcie, energia kinetyczna i potencjalna mogą być analizowane graficznie i matematycznie.

III.1 Stellen Sie den Experimentierwagen auf die Fahrbahn auf und starten Sie die Aufzeichnung der Bewegung durch `Start Run` -Knopf im Fenster der PhyPiDAQ-Software. Zeichnen Sie die hinab und hinauf mehrphasige Bewegung auf und speichern Sie die Zeit-Weg-Diagramme mit dem `SaveGraph`-Knopf im Messfenster der Software

III.1 Umieść wózek eksperymentalny na torze i rozpocznij rejestrację ruchu, naciskając przycisk `Start Run` w oknie oprogramowania PhyPiDAQ. Zarejestruj wielofazowy ruch w dół i w górę i zapisz wykresy czasowo-odległościowe za pomocą przycisku `SaveGraph` w oknie pomiarowym oprogramowania.

Die in `.csv`-Format gespeicherten Messdaten werden für weitere Untersuchungen verwendet. Das Verzeichnis mit Bild, Konfigurationen, und `.csv`-Messdaten speichern Sie mit euren Namen. Senden Sie Ihnen selber die `.csv`-Datei und Bild per E-Mail.

Dane pomiarowe zapisane w formacie `.csv` są wykorzystywane do dalszych analiz. Zapisz katalog z obrazem, konfiguracjami i danymi pomiarowymi `.csv`, podając swoją nazwę. Wyślij plik `.csv` i obraz do siebie pocztą elektroniczną.

PhyPiDAQ-Software ermöglicht die Speicherung der Messdaten in `.csv`-Format

Oprogramowanie PhyPiDAQ umożliwia zapisywanie danych pomiarowych w formacie `.csv`.

IV. 1 Beschreiben Sie, wie die Befehle in `.daq`-Konfiguration des Versuchs, wie z.B. `DataFile: testfile.csv`, für die Speicherung der Messdaten in der Ausgabedatei im CSV-Format eingestellt werden sollen.

IV.1 Opisz, w jaki sposób należy ustawić polecenia w konfiguracji `.daq` testu, takie jak `DataFile: testfile.csv`, w celu zapisania danych pomiarowych w pliku wyjściowym w formacie CSV.

IV. 2 Öffnen Sie die `.csv`-Datei mit den Messdaten in LibreOffice auf. Ergänzen Sie die Spalte der Zeit ausgehend vom Wert des logging-Intervalls, den Sie in die `.daq`-Konfiguration in Abhängigkeit von der Schnelligkeit der Messung eingetragen haben.

IV.2 Otwórz plik `.csv` z danymi pomiarowymi w LibreOffice. Uzupełnij kolumnę czasu w oparciu o wartość interwału rejestrowania wprowadzoną w konfiguracji `.daq` w zależności od prędkości pomiaru.

IV.3 Stellen Sie die Messdaten mithilfe des Streudiagramms grafisch dar.
IV.3 Wyświetl dane pomiarowe w formie graficznej za pomocą wykresu rozrzutu.

Fragen und Aufgaben zu physikalischen Messungen

Pytania i zadania dotyczące pomiarów fizycznych

V. Einfache Fragen zum Zeit-Weg-Diagramm

V. Proste pytania dotyczące wykresu czas-odległość

Die Messdaten wurden in .csv-Format gespeichert, und mit Tabellenkalkulationsprogrammen weiter erarbeitet. Ein Beispiel sieht man in der Abb.2

Dane pomiarowe zostały zapisane w formacie .csv i poddane dalszej obróbce przy użyciu arkuszy kalkulacyjnych. Przykład można zobaczyć na Rys. 2

V.1 Bezeichnen Sie die Bewegung des Objektes zwischen dem Fuß und dem höchsten erreichten Punkt auf der geneigten Rollenfahrban mit Buchstaben.

V.1 Oznacz literami ruch obiektu między stopą a najwyższym punktem osiągniętym na pochyłym przenośniku rolkowym.

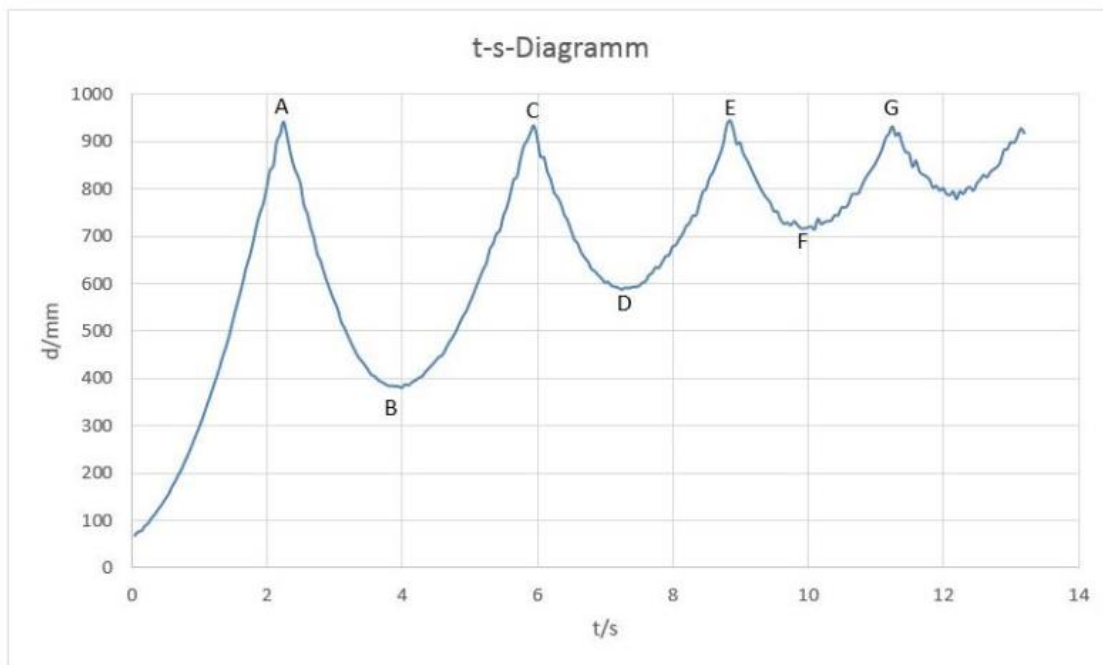


Abb. 2 Das aus den in .csv-Format gespeicherten Messdaten entstandene Zeit-Weg-Diagramm des Fahrbahnwagens

Rys. 2 Wykres czasowo-odległościowy wózka jezdniowego utworzony z danych pomiarowych zapisanych w formacie .csv

V.1 Bezeichnen Sie die Bewegung des Objektes zwischen dem Fuß und dem höchsten erreichten Punkt auf der geneigten Rollenfahrban mit Buchstaben.

V.1 Oznacz literami ruch obiektu między stopą a najwyższym punktem osiągniętym na pochyłym przenośniku rolkowym.

V.2 Vergleichen und interpretieren Sie das im Tabellenkalkulationsprogramm entstandene Zeit-Weg-Diagramm mit dem im PhyPiDAQ-Fenster in Echtzeit dargestellten Diagramm.

V.2 Porównanie i interpretacja wykresu czasowo-odległościowego utworzonego w arkuszu kalkulacyjnym z wykresem wyświetlanym w czasie rzeczywistym w oknie PhyPiDAQ.

V.3 Beschreiben Sie die Fahrt des Objekts in den einzelnen Zeitabschnitten.

V.3 Opisz podróż obiektu w poszczególnych okresach.

V.4 Wann erreicht der Fahrbahnwagen den unteren Endpuffer, bzw. den höchsten Punkt auf der geneigten Schiene? Lesen Sie diese Werte auf dem in PhyPiDAQ-Fenster durch die Schalttaste SaveGraph gespeicherten Bild des realen Vorgangs, sowie in der .csv-Format Wertetabelle ab.

V.4 Kiedy karetką osiągnie dolny zderzak końcowy lub najwyższy punkt na pochyłej szynie? Odczytaj te wartości z obrazu rzeczywistego procesu zapisanego w oknie PhyPiDAQ za pomocą przycisku SaveGraph oraz z tabeli wartości w formacie .csv.

V.5 Wie lange dauert die Bewegung auf jedem Abschnitt? Welche Strecke wird dabei zurückgelegt? Tragen Sie die Messdaten in die folgende Wertetabelle ein:

V.5 Jak długo trwa ruch na każdym odcinku? Jaka odległość jest pokonywana? Wprowadź dane pomiarowe do poniższej tabeli wartości:

Abschnitt der Bewegung	Zeitintervall Δt in ms	Strecke in mm
AB		
BC		
CD		
DE		
EF		
FG		

Sekcja ruchu	Przedział czasu Δt w ms	Odległość w mm
AB		
BC		
CD		
DE		
EF		
FG		

V.6 In welcher Richtung in Bezug auf den Bewegungssensor bewegt sich der Körper auf jedem Abschnitt?

V.6 W którym kierunku w stosunku do czujnika ruchu porusza się ciało na każdym odcinku?



V.7 Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Graphen der beschleunigten bzw. der verzögerten Bewegung sind zu erkennen?

V.7 Jakie są podobieństwa i różnice między wykresami ruchu przyspieszonego i opóźnionego?

VI. Fragen zur Momentangeschwindigkeit, Schnelligkeit und Geschwindigkeitsänderung

VI. Pytania dotyczące prędkości chwilowej, prędkości i zmiany prędkości

VI.1 Gemäß den Bezeichnungen in der Abb.2, klären Sie wo und wann ist die Momentangeschwindigkeit des Messwagens Null, bzw. maximal.

VI.1 Zgodnie z oznaczeniami na rys. 2 należy wyjaśnić, gdzie i kiedy chwilowa prędkość wózka pomiarowego wynosi zero lub maksimum.

VI.2 Geben Sie begründen an, ob das Objekt auf der Strecke AB, bzw. BC schneller werdend oder langsamer werdend ist.

VI.2 Uzasadnij, czy obiekt przyspiesza, czy zwalnia na odcinku AB lub BC.

VI.3 Geben Sie die Definitionsformel der durchschnittlichen Geschwindigkeit zwischen zwei Punkten der zurückgelegten Strecke an. Wählen Sie zwei Wertepaare in der .csv-Tabelle entlang der Strecke AB, und berechnen Sie die Durchschnittsgeschwindigkeit.

VI.3 Wprowadź formułę definicji średniej prędkości między dwoma punktami przebytej odległości. Wybierz dwie pary wartości w tabeli .csv wzdłuż odległości AB i oblicz średnią prędkość.

VI.4 Woran besteht der Unterschied zwischen der Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit? Wie kann man grafisch die Momentangeschwindigkeit bestimmen? Erklären Sie das zugehörige Verfahren, sowie den mathematischen Zusammenhang.

VI.4 Jaka jest różnica między prędkością średnią a chwilową? Jak można określić prędkość chwilową w sposób graficzny? Wyjaśnij związaną z tym procedurę i zależność matematyczną.

Mathematisch betrachtet ist die Momentangeschwindigkeit die erste Ableitung des Weges $s(t)$ nach der Zeit t . Falls die Funktion $s(t)$ nicht bekannt ist, kann man ein numerisches Verfahren zur Bestimmung der Momentangeschwindigkeit anwenden. Die Idee ist, dass die gesamte Bewegung des Körpers aus vielen kleinen Intervallen $\Delta t = 0,05s$ oder $\Delta t = 0,1s$ zusammengesetzt wird. Die Momentangeschwindigkeit wird als zurückgelegte Strecke auf jedes kleine Intervall berechnet. Siehe Abb.3.

Z matematycznego punktu widzenia, prędkość chwilowa jest pierwszą pochodną odległości $s(t)$ w odniesieniu do czasu t . Jeśli funkcja $s(t)$ nie jest znana, do określenia prędkości chwilowej można użyć metody numerycznej.

Pomysł polega na tym, że cały ruch ciała składa się z wielu małych odstępów czasu $\Delta t = 0,05s$ lub $\Delta t = 0,1s$. Prędkość chwilowa jest obliczana jako odległość przebyta dla każdego małego interwału. Patrz rys. 3.

	A	B	C	D	E	F
1	# PhyPiDAQ Data recorder 200616-1516					
2	# logging interval 0.05					
3	# d:(mm)		t in s	d in mm	v in mm/s	
4	69		0.05	69		
5	77		0.1	77	=(D5-D4)/0.05	
6	79		0.15	79		
7	89		0.2	89		
8	95		0.25	95		
9	106		0.3	106		

Abb.3 Numerisches Verfahren zur Bestimmung der Momentangeschwindigkeit
 Rys. 3 Numeryczna metoda określania prędkości chwilowej

VI.8 Vergleichen Sie die Geschwindigkeiten vor und nach dem jeden Stoß. Sind die Schnelligkeiten gleich groß beim Stoß in A, B und C?

VI.8 Porównaj prędkości przed i po każdym uderzeniu. Czy prędkości są takie same dla pchnięcia w A, B i C?

Fragen zum Thema Beschleunigung und Kräfte auf einen Körper auf der geneigten Fahrbahn

Pytania na temat przyspieszenia i sił działających na ciało na pochyłej jezdni

VII.1 Das in der Abb.1 und Abb.2 gezeigte Zeit-Weg-Diagramm legt die Vermutung nahe, dass sich der Weg proportional zum Quadrat der Zeit auf jedem Abschnitt ändert. Ermitteln Sie den mathematischen Zusammenhang zwischen den beteiligten Größen in Form einer Funktion im Tabellenkalkulationsblatt. Verlangt ist eine Regressionsparabel für die Messwerte $s(t)$.

VII.1 Wykres czas-odległość pokazany na Rys. 1 i Rys. 2 sugeruje, że odległość zmienia się proporcjonalnie do kwadratu czasu na każdym odcinku. Określ matematyczną zależność między zmiennymi w postaci funkcji w arkuszu kalkulacyjnym. Dla zmierzonych wartości $s(t)$ wymagana jest parabola regresji.

VII.2 In der folgenden Abb.4 wird die Ausgleichskurven für den Abschnitt AB, bzw. BC des in der Abb.2 dargestellten Zeit-Wegs-Diagramms gezeigt.

VII.2 Rys. 4 poniżej przedstawia krzywe wyrównawcze dla sekcji AB lub BC wykresu czasowo-odległościowego pokazanego na rys. 2.

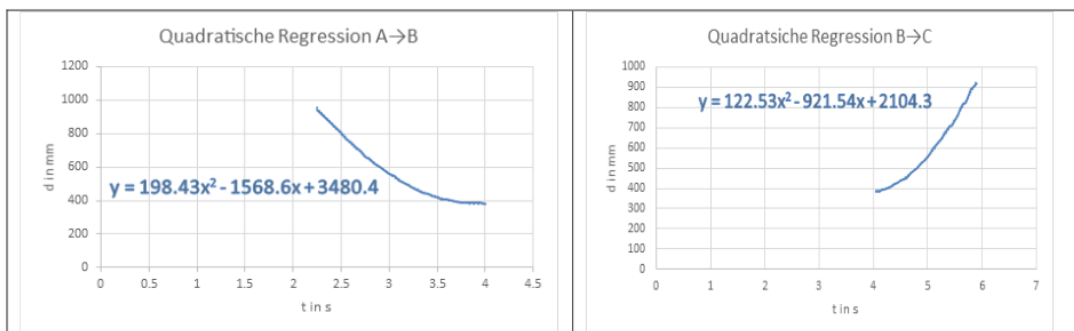


Abb. 4 Quadratische Regressionen im Abschnitt AB, bzw. BC. Die Abhängigkeit des Wegs s von der Zeit t im Bereich der Messwerte.

Rys. 4 Regresja kwadratowa na odcinku AB lub BC. Zależność odległości s od czasu t w zakresie zmierzonych wartości.

VII. 3 Vergleichen Sie **Ihre Zeit-Weg-Diagramme** mit den oben dargestellten Diagrammen. Bestimmen Sie die Koeffizienten der quadratischen Regressionen auf den Abschnitten AB und BC. Setzen Sie den Koeffizienten der t^2 in Verbindung mit der Beschleunigung des Experimentierwagens.

VII.3 Porównaj wykresy czas-odległość z wykresami przedstawionymi powyżej. Wyznacz współczynniki regresji kwadratowej na odcinkach AB i BC. Odnieś współczynnik t^2 do przyspieszenia wózka doświadczalnego.

VII.4 Der Wert der Beschleunigung lässt sich über das Zeit-Weg-Gesetz $d = \frac{a \cdot t^2}{2}$

berechnen. Bestimmen Sie den Wert der Beschleunigung des Experimentierwagens für das Hinab-, bzw. für das Hinaufrollen des Experimentierwagens auf der Rollenfahrbahn. Warum sind die Werte der Beschleunigung unterschiedlich?

VII.4 Wartość przyspieszenia można obliczyć za pomocą prawa czasu i odległości. Określ wartość przyspieszenia wózka doświadczalnego podczas staczania się w dół i staczania się w górę po torze rolkowym. Dlaczego wartości przyspieszenia są różne?

VII.5 Wiederholen Sie den Versuch für andere Neigungswinkel. Setzen Sie den Koeffizienten der t^2 in Verbindung durch die quadratische Regressionskurve mit der Beschleunigung des Experimentierwagens. Bestimmen Sie die Werte der Beschleunigung für Hinab-, bzw. für das Hinaufrollen des Experimentierwagens. Welche Wirkung hat der Neigungswinkel auf diese Werte?

VII.5 Powtórz eksperyment dla innych kątów nachylenia. Odnieś współczynnik t^2 do przyspieszenia wózka doświadczalnego za pomocą krzywej regresji kwadratowej. Określ wartości przyspieszenia dla toczenia wózka doświadczalnego w dół i w górę. Jaki wpływ na te wartości ma kąt nachylenia?