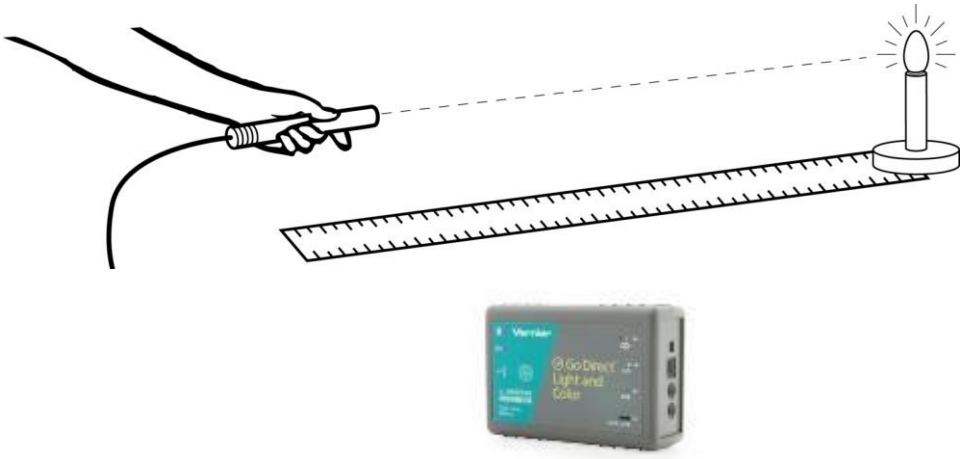
Licht in der Ferne: Entfernung und Lichtintensität

Wenn Sie nachts mit dem Auto unterwegs sind, haben Sie vielleicht schon einmal die Scheinwerfer eines entgegenkommenden Fahrzeugs gesehen. Das Licht beginnt als schwaches Glühen in der Ferne, aber wenn das Fahrzeug näher kommt, nimmt die Helligkeit der Scheinwerfer schnell zu. Das liegt daran, dass sich das Licht ausbreitet, je weiter es sich von der Lichtquelle entfernt. Folglich nimmt die Lichtintensität mit zunehmender Entfernung von einer typischen Lichtquelle ab. Wie ist die Beziehung zwischen Entfernung und Lichtstärke bei einer einfachen Glühbirne?

In dieser Aktivität können Sie die Beziehung zwischen Entfernung und Intensität einer Glühbirne untersuchen. Sie werden die Intensität bei verschiedenen Abständen zwischen einem Lichtsensor und der Glühbirne aufzeichnen. Die Daten können dann analysiert und mathematisch modelliert werden.



ZIELE

- Für eine Punktlichtquelle Daten zur Lichtintensität in Abhängigkeit von der Entfernung aufnehmen.
- Die Daten mit einem inversen quadratischen Modell vergleichen.
- Die Daten Sie mit einem Potenzgesetzmodell vergleichen.
- Den Unterschied zwischen einem inversen quadratischen Modell und einem Potenzgesetzmodell diskutieren.

MATERIALIEN

- TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld
- Vernier Go Direct® Licht- und Farbsensor GDX-LC
- Metermaß
- Gleichstrombetriebene Punktlichtquelle

DURCHFÜHRUNG

1. Zunächst müssen Sie den Go Direct Licht- und Farbsensor entweder über ein USB-Kabel oder über Bluetooth mit dem TI-Nspire™ CX II-T Handheld verbinden.

Wenn Sie ein USB-Kabel verwenden:

- Schließen Sie das Kabel an die Buchse oben rechts am TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld und an die Buchse am Licht- und Farbsensor an.

- Schalten Sie den TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld ein und starten Sie die Vernier DataQuest-App. Wenn Sie die Home-Taste auf dem TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld drücken, ist Vernier DataQuest das grüne Symbol unten rechts. Navigieren Sie zu diesem Symbol und wählen Sie es aus.

- Wählen Sie im Menü Experiment die Option “1: Neues Experiment” .

- Fahren Sie unten mit Schritt 2 fort.

Wenn Sie Bluetooth verwenden:

- Drücken Sie die Taste auf dem Licht- und Farbsensor. Die rote LED sollte anfangen zu blinken.

- Schalten Sie den TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld ein und starten Sie die Vernier DataQuest-App. Wenn Sie die Home-Taste auf dem TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld drücken, ist Vernier DataQuest das grüne Symbol unten rechts. Navigieren Sie zu diesem Symbol und wählen Sie es aus.

- Wählen Sie im Menü Experiment die Option “1: Neues Experiment” .

- Wenn auf dem DataQuest-Bildschirm ein Messwert für die Lichtintensität [lux] angezeigt wird und Ihr Sensor eine grün blinkende LED aufweist, können Sie das Experiment starten. Fahren Sie mit Schritt 2 fort. Andernfalls müssen Sie Ihren Licht- und Farbsensor drahtlos mit dem TI-Nspire™ CX II-T CAS Handheld verbinden. Dies wird als „Koppeln“ genannt.
    a. Klicken Sie auf Bluetooth-Sensor hinzufügen
    b. Es sollte eine Liste der verfügbaren Sensoren angezeigt werden.
    c. Wählen Sie Ihren Sensor aus. Jeder Sensor hat eine Seriennummer. Wenn mehr als ein Sensor in der Liste erscheint, überprüfen Sie die Seriennummer, die auf dem Sensorgehäuse aufgedruckt ist.
    d. Wählen Sie “Verbinden”. Wenn die Verbindung hergestellt ist, sollte die LED am Licht- und Farbsensor grün blinken und der Name und die Seriennummer des Sensors oben auf dem Bildschirm angezeigt werden.
    e. Wählen Sie “OK” zum Beenden

2. Die Vernier DataQuest App sollte nun eine Lichtintensitätsmessung (in Lux) anzeigen. Versuchen Sie, den Licht- und Farbsensor auf helle und dunklere Bereiche zu richten und sehen Sie, ob sich der Messwert ändert.

3. Wählen Sie im Menü “1: Experiment” ► “7: Erfassungsmodus” ► “2: Ereignisse mit Eintrag”.

4. Geben Sie als Name **Distanz** und als Einheit **m** ein. Wählen Sie “OK”.

5. Bauen Sie den Versuch auf. Während der Datenerfassung dürfen sich keine Hindernisse zwischen der Glühbirne und dem Farb- und Lichtsensor befinden. Entfernen Sie alle Oberflächen in der Nähe der Glühbirne, wie z. B. Bücher, Personen, Wände oder Tische. Hinter, neben oder unter der Glühbirne sollten sich keine reflektierenden Flächen befinden. Die Lichtquelle und der Licht- und Farbsensor sollten sich auf der gleichen vertikalen Höhe befinden. Dadurch wirkt die Glühbirne aus Sicht des Licht- und Farbsensors eher wie eine punktförmige Lichtquelle. Während der Messung der Intensität muss der Licht- und Farbsensor direkt auf die Glühbirne gerichtet sein.

6. Dimmen Sie das Licht, um den Raum zu verdunkeln. Ein sehr dunkler Raum ist entscheidend, um gute Ergebnisse zu erzielen.

7. Halten Sie den Licht- und Farbsensor etwa 10 cm von der Glühbirne entfernt. Bewegen Sie den Sensor von der Glühbirne weg und beobachten Sie die angezeigten Intensitätswerte auf dem Bildschirm. Nutzen Sie Ihre Beobachtungen zur Beantwortung der Aufgabe 1.

8. Platzieren Sie den Lichtsensor erneut in der geplanten Entfernung von der Glühbirne. **Wichtig**: Der Abstand muss sorgfältig gemessen werden. Stellen Sie sicher, dass Sie von der Glühwendel der Lampe bis zur Sensorspitze des Lichtsensors messen.

9. Starten Sie die Datenerfassung, in dem Sie auf den grünen Pfeil klicken. Das Feld ändert sich zu einem rotumrandeten Quadrat Warten Sie, bis sich der Wert stabilisiert hat. Klicken Sie auf die Schaltfläche Beibehalten (Fotoapparat), und geben Sie dann den Abstand zwischen dem Lichtsensor und der Lichtquelle in Metern ein. Wählen Sie OK, um das Datenpaar zu speichern.

10. Bewegen Sie den Lichtsensor 1 cm weiter von der Lichtquelle weg und wiederholen Sie Schritt 9.

11. Fahren Sie mit der Datenerfassung fort, in dem Sie den Sensor in 1-cm-Schritten verschieben, bis die Messwerte auf weniger als 10 % des Anfangswertes fallen. Nach dem letzten Datenpunkt beenden Sie die Datenerfassung (Quadrat anklicken).

12. Untersuchen Sie das Diagramm der Lichtintensität in Abhängigkeit von der Entfernung. Bestimmen Sie die x- und y-Werte des am weitesten links liegenden Punktes und tragen Sie sie als X_L und Y_L in Ihre Datentabelle ein.

ERGEBNISTABELLE

x-Wert des am weitesten links liegenden Punltes: X_L	
y-Wert des am weitesten links liegenden Punltes Y_L	
Initial model parameter *A*	
Optimized inverse-square model $y = A/x^2$	
Power law model $y = ax^b$	

AUSWERTUNG

1. Untersuchen Sie Ihr Diagramm der Lichtintensität in Abhängigkeit von der Entfernung und beantworten Sie anschließend die Aufgabe 2.
2. Ein Modell für den Zusammenhang von Lichtintensität und Entfernung besagt, dass die Intensität proportional zum inversen Quadrat der Entfernung von einer Punktlichtquelle ist. Das heißt, ein Diagramm würde die Form $y = A/x^2$ haben, wobei A ein einstellbarer Parameter ist. Entsprechen Ihre Daten diesem Modell? Sie können es überprüfen, indem Sie einen ungefähren Wert für A finden und das Modell mit Ihren Daten grafisch darstellen. Um eine gute Anpassung zu erhalten, müssen Sie mehrere Werte für A ausprobieren. Eine Möglichkeit, einen Näherungswert für den Parameter zu finden, besteht darin, den äußersten linken Punkt zu verwenden. Wenn wir nach A auflösen, dann ist A = yx2. Verwenden Sie die x- und y-Werte für den äußersten linken Punkt, um einen Anfangswert für A zu berechnen. Notieren Sie diesen Wert in Ihrer Ergebnistabelle.

3. Sie können Ihren geschätzten Wert für A verwenden und Ihr Modell mit den Daten darstellen.
   b. Wählen Sie im Menü “4: Analysieren” ► “7: Modell” .
   c. Geben Sie A/x^2 als Gleichung für Ihr Modell ein. Wählen Sie “OK”.
   d. Geben Sie einen Wert für den Parameter A ein. Verwenden Sie den Wert aus Schritt 2 oben.
   e. Wählen Sie “OK”.

f. Um die beste Anpassung zu erzielen, müssen Sie den Wert von A anpassen. Passen Sie den Wert mithilfe der Auf- und Abwärtspfeile im Detailfeld links neben dem Diagramm (Modell anklicken) an. Sie können auch auf den Wert von A anklicken und einen bestimmten Wert Ihrer Wahl eingeben.

   Sobald Sie Ihr Modell optimiert haben, tragen Sie die vollständige Gleichung in Ihre Datentabelle ein und beantworten Sie anschließend Aufgabe 3.

4. Sie können ein anderes Modell zum Vergleich mit Ihren Daten verwenden. Das allgemeine Potenzgesetz $y = ax^b$ ist möglicherweise besser geeignet als die inverse quadratische Funktion, insbesondere wenn die Lichtquelle nicht klein ist oder wenn es Reflexionen an Wänden oder anderen Oberflächen gibt. Der Unterschied zwischen diesem neuen Modell und dem inversen quadratischen Modell besteht darin, dass der Exponent nicht auf -2 festgelegt ist. Stattdessen ist der Exponent nun ein einstellbarer Parameter. DataQuest kann verwendet werden, um die Parameter a und b in der allgemeinen Potenzgesetzbeziehung zu den Daten automatisch zu bestimmen.

   a. Kehren Sie zu Ihrer DataQuest-Seite zurück.

   b. Wählen Sie im Menü "4: Analysieren" ► "6: Kurvenanpassung" ► "5: Potenzfunktion (ax^b)".

   c. Wählen Sie "OK", um Ihr Diagramm anzuzeigen.

   d. Bestimmen Sie eine Potenzgesetz-Modellgleichung, in dem Sie die Parameter a und b nutzen. Tragen Sie die Gleichung in die Ergebnistabelle ein. Beantworten Sie anschließend die Aufgaben 4 und 5.

AUFGABEN

1. Notieren Sie Ihre Vermutung für die Beziehung zwischen der Intensität und dem Abstand zu einer Lichtquelle.

2. Stimmt das Diagramm der Lichtintensität in Abhängigkeit von der Entfernung mit Ihrer früheren Vermutung überein?

3. Wie gut passt das Modell des inversen Quadrats $y = A / x^2$ zu den experimentellen Daten?

4. Wie gut passt das Potenzgesetzmodell zu den Daten? Passt es besser als das inverse quadratische Modell? Könnte es noch schlechter passen?

5. Wie würde sich die Verwendung einer helleren Glühbirne auf die Parameter a, b und A in den beiden Modellen auswirken?

ANWENDUNGEN

1. Angenommen, Ihre Terrasse wird von einer Deckenleuchte mit zwei Glühbirnen beleuchtet. Sie beschließen, Strom zu sparen, indem Sie eine der Glühbirnen entfernen. Wenn die Leuchte derzeit 5 m über dem Boden angebracht ist, in welche Höhe sollte die Leuchte versetzt werden, um die gleiche Lichtmenge auf der Terrasse mit einer Glühbirne zu erhalten? Hängt Ihre Antwort von dem von Ihnen verwendeten Modell ab?

2. Zwei identische Glühbirnen leuchten von verschiedenen Stellen im Raum auf Ihren Lieblingslesesessel. Die erste Glühbirne ist 3 m von Ihrem Sessel entfernt und hat eine Lichtstärke von 0,6 mW/cm^2. Die zweite ist 2 m von Ihrem Sessel entfernt. Welche Lichtstärke hat diese Lampe? Hängt Ihre Antwort von dem von Ihnen verwendeten Modell ab?