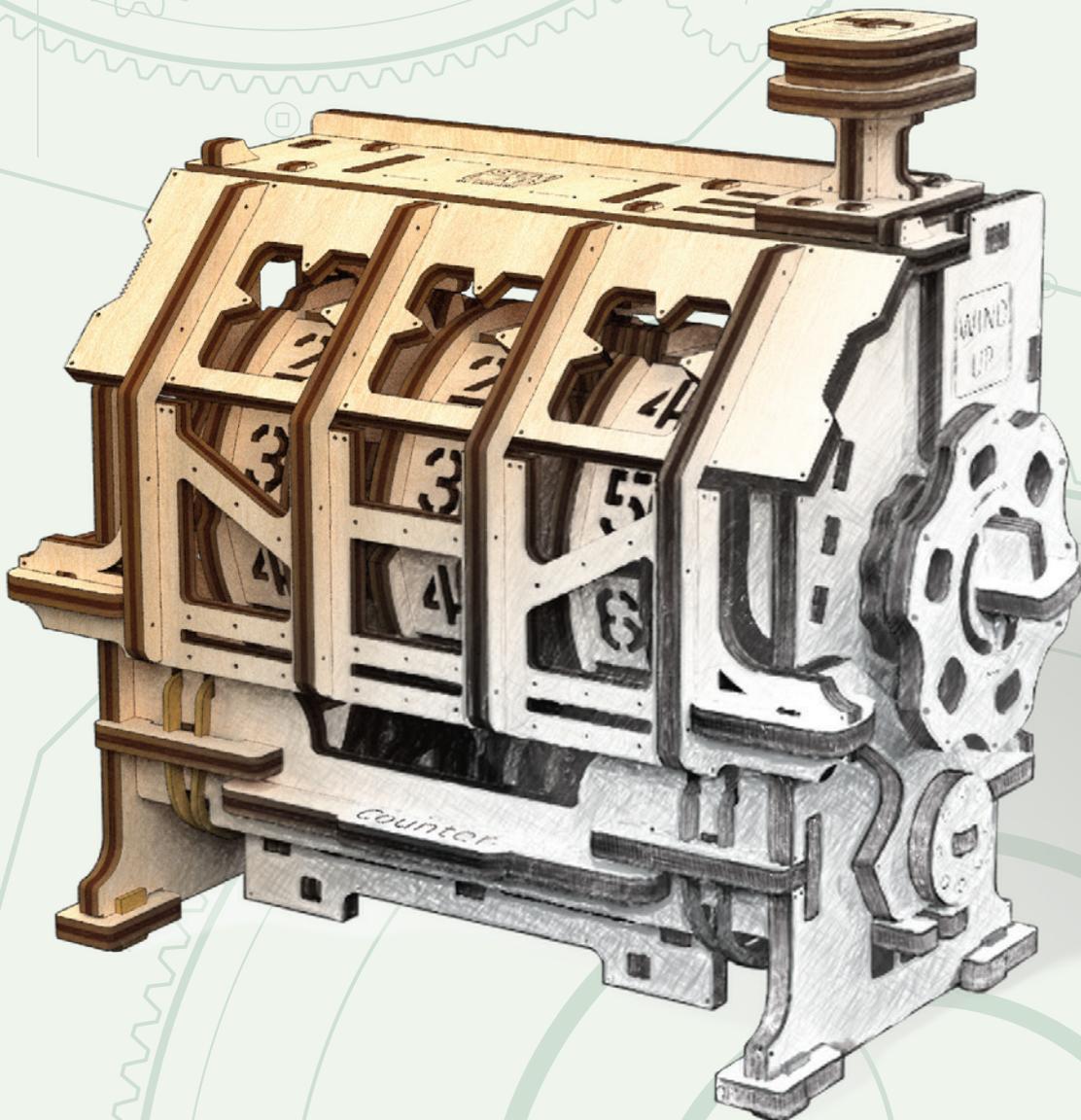


MECHANISCHES MODELL

ZÄHLER



Handbuch eines jungen Ingenieurs

§ 1

Einführung



■ **Unser Gehirn ist so gestaltet, dass wir beim Zählen von mehr als 10 Gegenständen oder Handlungen leicht den Überblick verlieren, was wahrscheinlich mit der Anzahl der Finger unserer Hände zusammenhängt.** Seit ewigen Zeiten schon haben Menschen alle möglichen Arten von Zählvorrichtungen verwendet, sogar solche, die die Entfernung zwischen Orten messen, um auszumachen, wie weit eine Wasserquelle entfernt war, um die Getreidesäcke zu zählen, die zum Müller gebracht werden mussten, etc.

Durch die industrielle und gesellschaftliche Entwicklung wurde automatisches Zählen unerlässlich: Teile und Prozesse müssen gezählt werden, die Besucher einer Ausstellungen, jeder Punkt, den Profisportler erzielen.

Der Zähler deckt all diese Erfordernisse ab. Das Gerät erscheint winzig und einfach, doch es kommt in der einen oder anderen Form in so gut wie allen Bereichen menschlicher Aktivität zum Einsatz. Um die Zahl der Passagiere zu kontrollieren, zählen zum Beispiel die Flugbegleiter beim Boarding die einsteigenden Fluggäste mit einem Miniaturzähler, den sie hinter dem Rücken in der Hand halten.

Es gibt jedoch einen Industriezweig, in dem Zähler fest verankert sind und immer breite Anwendung finden werden: die Automobilindustrie.

Ganz recht! Auf dem Armaturenbrett aller Fahrzeuge kann man die sich bewegenden Ziffern des Kilometerzählers beobachten,



der Teil des Hodometersystems des Wagens ist. Die Bezeichnung „Hodometer“ ist eine Kombination der griechischen Worte, „hodós“ – Weg und „métron“ – Maß. Daraus lässt sich sehr gut erkennen, wofür dieses Gerät verwendet wird: zum Messen der Wegstrecke.

Mit dem mechanischen Modell des Zählers, das wir in dieser Lernanleitung betrachten werden, kann man bis zur Anzahl 999 alles zählen, was man möchte.

So können Sie damit den Überblick über die Züge beim Schachspielen behalten, die Tore oder Punkte bei Ballspielen registrieren, die Anzahl Ihrer Schritte zählen, feststellen, wie oft Sie bestimmte Worte am Tag wiederholen und vieles mehr.

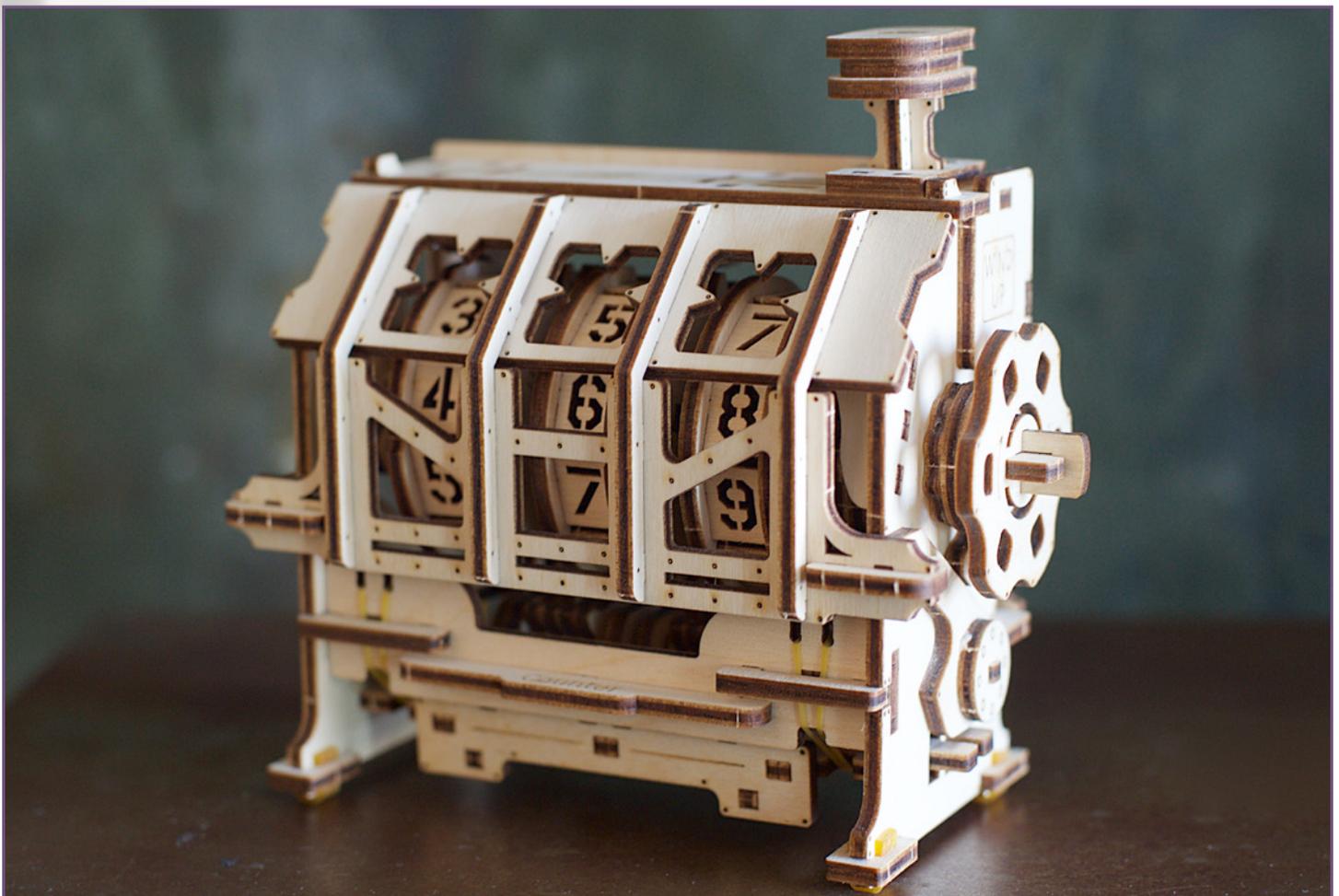
Natürlich ist es etwas schwierig, damit direkt die zurückgelegten Kilometer eines Fahrzeugs zu messen, aber wenn Sie die am Autofenster vorbeiziehenden Leitpfosten zählen und das Ergebnis mit dem Abstand zwischen diesen Pfosten multiplizieren, erhalten Sie die zurückgelegte Wegstrecke.

Wie bereits erwähnt, werden Zählwerke am häufigsten in Hodometern verwendet.

Nehmen wir diese Vorrichtung als Beispiel und betrachten wir die Geschichte und die Funktionsprinzipien dieses spannenden und anscheinend so simplen Mechanismus.



Manueller mechanischer Zähler



Der Zähler aus der STEM-Lab-Reihe

Das Modell wurde in Anlehnung an das Bauteil einer industriellen Maschine aus der Zeit der Industriellen Revolution gestaltet.

§2

Geschichte

■ **Das Hodometer (und sein Herzstück: den Zähler) gibt es schon seit langer Zeit.** Man weiß, dass es bereits vor rund 2000 Jahren zum Messen der Länge von Straßen verwendet wurde.

Und es gibt gleich drei historische Persönlichkeiten, die den Verdienst für diese Erfindung beanspruchen: Der vielseitig gelehrte chinesische Wissenschaftler Zhang Heng, der berühmte griechische Mathematiker Archimedes von Syrakus und Heron von Alexandria, ebenfalls Ingenieur des Antiken Griechenlands.

Das Hodometer von Heron (Abbildung 1) war ein sehr einfacher Mechanismus mit zwei Zahnrädern und einem Kasten mit Steinen und wurde in Fuhrwerken eingesetzt. Bei einer kompletten Radumdrehung* drehte sich das vertikal installierte Zahnrad um einen Zahn. Nach einer vollen Umdrehung des vertikalen Zahnrads, griff dieses in das horizontal installierte Zahnrad ein, in dem ein Loch ausgeführt war. Das von dem vertikalen Zahnrad angetriebene horizontale Rad drehte sich so, dass ein Stein durch das Loch fiel. Am Ende des Weges wurden die Steine gezählt. Wenn man den Radumfang kannte, war es dann ein Leichtes, die von dem Fuhrwerk zurückgelegte Strecke zu berechnen.

Ähnliche Vorrichtungen wurden in derselben Epoche sowohl im Römischen als auch im Chinesischen Reich verwendet. Darüber hinaus taucht im 3. Jahrhundert in China der Begriff „Ji Li Gu Che“ auf, was soviel bedeutet wie „ein Zähler der den Weg eines Fuhrwerks in Li misst“. „Li“ ist ein Längenmaß, das in unseren heutigen Einheiten 500 Metern oder 1640 Fuß entspricht.

Der Nutzen von Hodometern wurde in allen Ländern der Welt erkannt. Mit den Jahren wurden die Hodometer verbessert, modifiziert und an die unterschiedlichen Maßeinheiten der verschiedenen Länder angepasst - Meilen, Leugen, Kilometer. Im Laufe der Jahrhunderte wurden Karren durch Fuhrwerke und Kutschen ersetzt und an deren Stelle traten wiederum moderne Fahrzeuge. Aber eine Sache änderte sich nicht: der Wunsch zu wissen, wie viele Kilometer man zurückgelegt hatte. Aber was ist so wichtig daran, die zurückgelegten Kilometer zu wissen, warum sind Hodometer derart bedeutend? Lassen Sie uns versuchen, das zu verstehen.

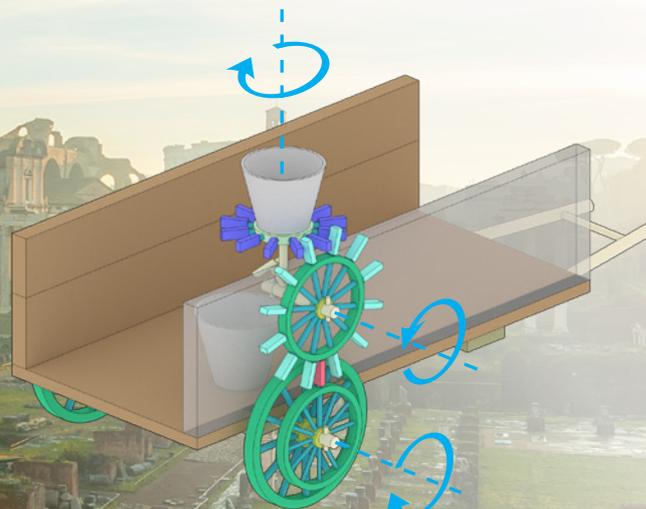
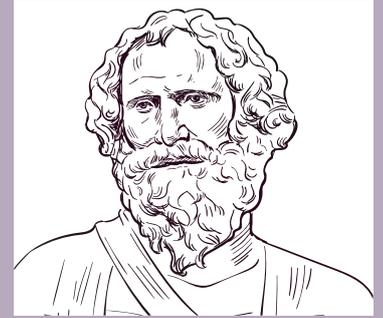


Abbildung 1

*Wenn Sie die Länge eines Kreisumfangs kennen ($2\pi R$), z.B. des Rades eines Wagens, und Ihr Zähler die Anzahl der Umdrehungen zählt, lässt sich die Länge oder Strecke leicht berechnen.

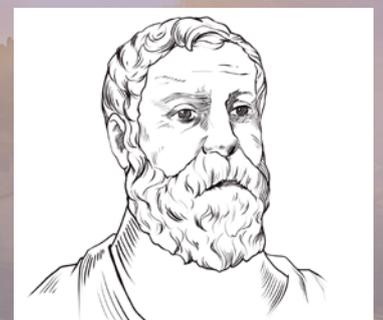


Archimedes war ein Wissenschaftler und Ingenieur des Antiken Griechenlands.

Er machte zahlreiche geometrische Entdeckungen, legte die Grundsteine für Mechanik und Hydrostatik und war der kluge Kopf, der hinter vielen wichtigen Erfindungen stand.



Zhang Heng war ein chinesischer Philosoph, Gebildeter, Denker, Schriftsteller, Dichter, Staatsmann, Erfinder und Wissenschaftler, dem bedeutende Erkenntnisse in Mathematik, Astronomie, Mechanik, Seismologie und Geographie zu verdanken sind.



Heron von Alexandria war ein griechischer Mathematiker und Ingenieur. Die Einzelheiten seines Lebens sind unbekannt, aber er war einer der bedeutendsten Ingenieure der Menschheitsgeschichte.

§3

Der Mechanismus und seine Einsatzbereiche

■ **Wie wir bereits wissen, ist das Hodometer die am häufigsten zum Aufzeichnen der Wegstrecke (zurückgelegte Entfernung) eines Fahrzeugs in Kilometern oder Meilen verwendete Vorrichtung.**

Betrachten wir jetzt, wie es funktioniert und welche Arten von Hodometern es heute gibt.

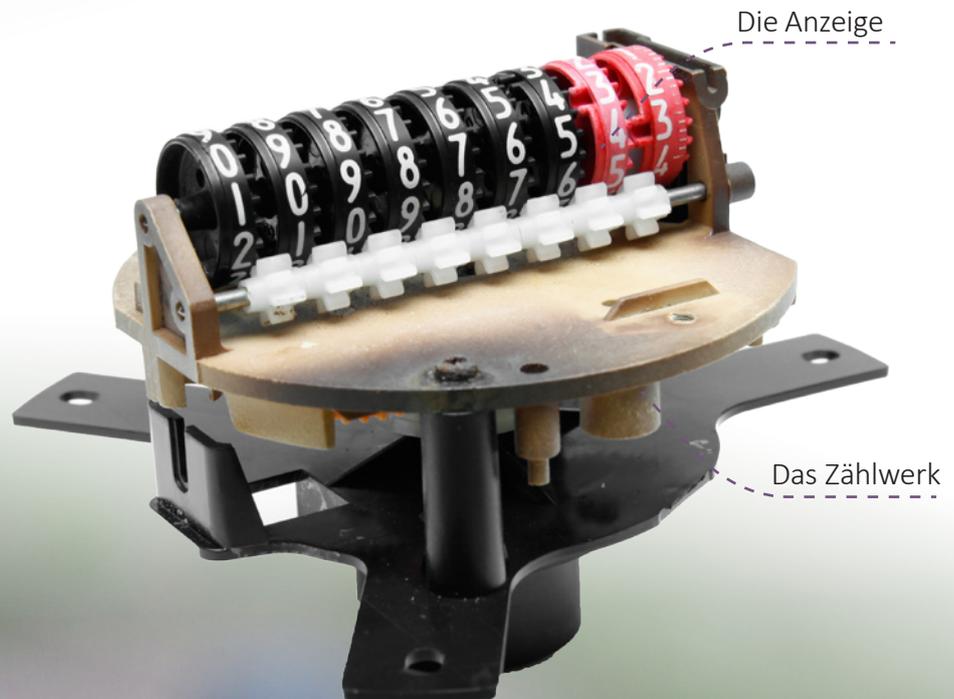
Ein Hodometer umfasst drei elementare Teile:

1. Der Sensor. Dieser Sensor überträgt die Information über die Anzahl der Umdrehungen von z.B. dem Rad eines Autos an das Zählwerk.

In der Regel befinden sich diese Sensoren im Getriebekasten oder direkt am Rad. Das Funktionsprinzip kann mechanisch sein (Erfassen der Umdrehungen und Übertragen an das Zählwerk) oder elektromechanisch (Erfassen der Umdrehungen und Umwandlung in elektrische Signale).

2. Das Zählwerk ist das wichtigste Element. Es wandelt das von dem Sensor empfangene Signal und das Zählwerk es auf der Anzeige an. Bei einem mechanischen Hodometer überträgt der Sensor die Umdrehung über ein spezielles Kabel physisch an das Zählwerk und setzt den Mechanismus in Betrieb. Bei einem elektronischen Zähler wird nichts in Betrieb gesetzt. Diese Funktion übernehmen elektronische Impulse, die verarbeitet werden, bevor sie auf der Anzeige erscheinen.

3. Die Anzeige, ist - einfach ausgedrückt - eine Tafel mit sich bewegenden Zahlen oder ein elektronisches Display, das uns zeigt, wie weit wir gefahren sind.



Auf der Grundlage dessen, was wir nun wissen, betrachten wir jetzt die unterschiedlichen Hodometerarten, die es gibt:

Mechanisches Hodometer – Mechanischer Sensor + mechanischer Zähler. Es handelt sich hierbei um die einfachste dieser Art Vorrichtungen. Sie basiert auf dem Prinzip der direkten Übertragung der Drehung per Kabel an den Zählmechanismus.

Hybrides oder elektromechanisches Hodometer – mechanischer Sensor und elektronisches Zählwerk. In diesem Fall bewegt die physische Umdrehung des Kabels den Zählmechanismus, doch die Anzeige ist digital, die Operation des Zählwerks wird also digitalisiert.

Digitales Hodometer – Elektromechanischer Sensor + elektronischer Zähler. Hierbei handelt es sich um das modernste kommerziell eingesetzte System. Der Sensor erfasst die Umdrehungen und wandelt sie in einen elektronischen Impuls um, der in dem Zählwerk interpretiert und dann an die Anzeige übertragen wird.

Warum ist es nun so wichtig zu wissen, wie weit wir gefahren sind?

In der Praxis hilft ein Hodometer eine Wegstrecke zu messen, wie zum Beispiel beim Kilometerstand eines Fahrzeugs, an dem der Fahrer erkennt, wann die nächste Inspektion ansteht. Wenn Sie Ihren Kilometerzähler vor Ihrer Fahrt zurücksetzen (oder die Ziffern aufschreiben), können Sie feststellen, wie lang die vom Ausgangspunkt bis zum Ziel zurückgelegte Strecke ist. Oder Sie können den Zähler anzeigen lassen, wie weit Ihr Auto mit einer Tankfüllung fahren kann.

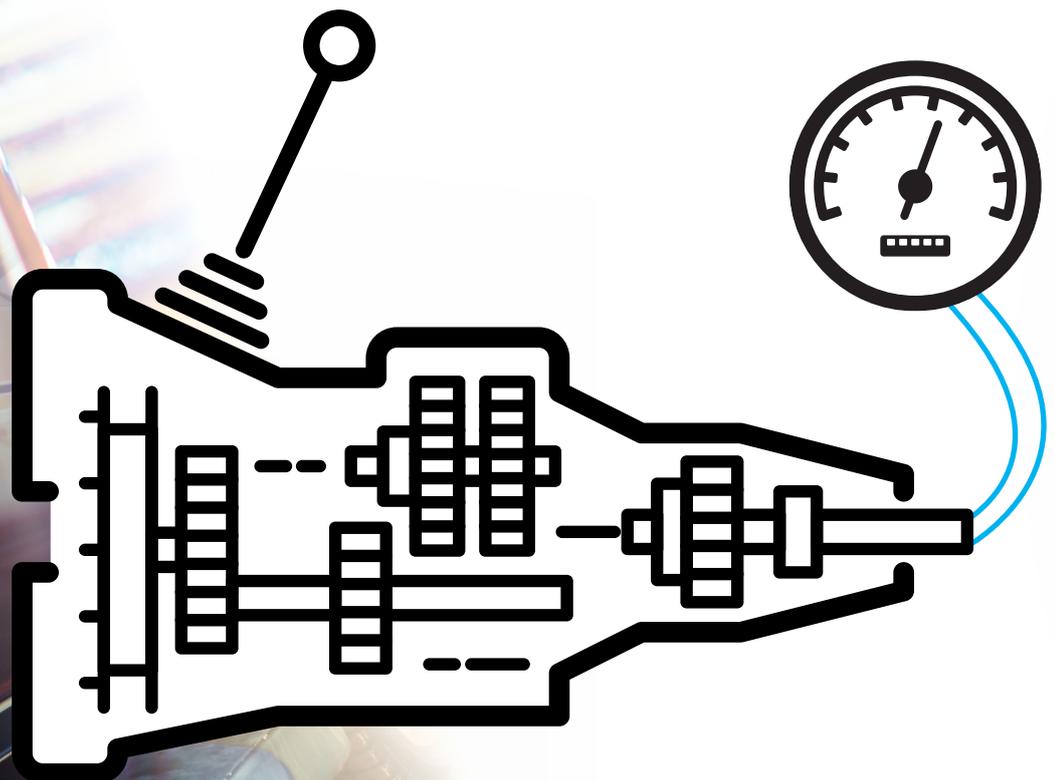
Darüber hinaus wird beim Kauf oder Verkauf eines Autos die verbleibend Nutzungsdauer häufig anhand der gefahrenen Kilometer beurteilt - ein Aspekt, der sich auf den Fahrzeugwert auswirkt. Die Kosten einer Taxifahrt, etc. werden durch die zurückgelegten Kilometer bestimmt.

Aus Gründen des Fahrkomforts befindet sich der Kilometerzähler in einem Auto normalerweise neben dem Tachometer, einem anderen Mechanismus, anhand dessen die Geschwindigkeit des Fahrzeugs festgestellt werden kann.

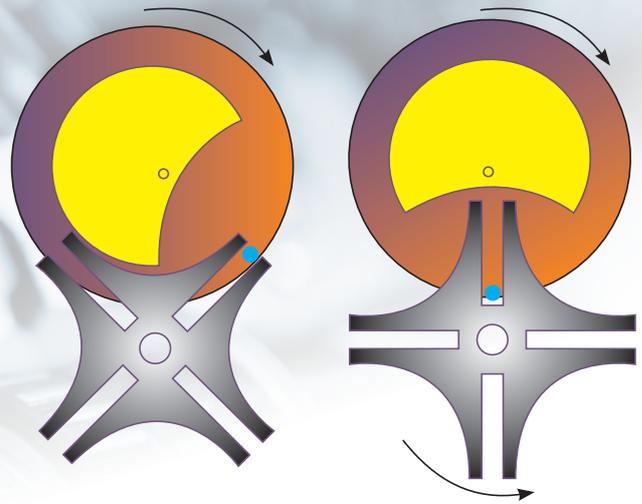
Wenn unser Zähler Teil eines Hodometersystems wäre, würde es sich um ein mechanisches Hodometer handeln.

Werfen wir nun einen näheren Blick auf das, was im Innern eines mechanischen Zählers passiert, wenn der Sensor in Betrieb geht.

■ **Betrachten wir das mechanische Hodometer von Fahrzeugen.** Sein Funktionsprinzip basiert auf dem Zählen der Anzahl der Radumdrehungen, die für jeden von dem Auto zurückgelegten Kilometer dieselbe ist. Kennt man die Anzahl der Umdrehungen die auf einer Fahrt



Ein **Malteserkreuzgetriebe** ist ein intermittierender Bewegungsmechanismus, der die gleichmäßige Drehbewegung in intermittierende Drehbewegung umwandelt.



erfolgten, kann man die von dem Fahrzeug zurückgelegte Strecke problemlos berechnen.

Wir starten das Auto und fahren los. Wie erwähnt, befinden sich die Sensoren meistens im Getriebekasten. Aber wo genau? Und warum im Getriebekasten und nicht direkt am Rad? Die Antwort ist einfach: aus Zweckmäßigkeit. Es gibt im Getriebe außerdem eine Stelle, die uns einen Eindruck davon gibt, wie schnell wir gerade fahren, d.h., wie schnell die Räder drehen.

Das Getriebe wandelt die Umdrehungen der Motorwelle um und je nach eingelegtem Gang verringert oder erhöht sie diese oder kehrt sie um (im Falle des Rückwärtsgangs). Man kann diese Umdrehungen erfassen, wenn man unseren Sensor an die Ausgangswelle des Getriebes schließt. Letztendlich werden die Umdrehungen von hier aus auf die Räder übertragen. Die Drehung der Welle wird auf den Sensormechanismus übertragen, welcher sie wiederum an ein flexibles Kabel überträgt, das mit dem Zählwerk verbunden ist.

Im Innern des Zählwerks überträgt das Kabel die Drehung auf die Eingangswelle eines Schneckengetriebesystems (worauf wir hier nicht näher eingehen). Dann aktiviert das Zahnrad des letzten Schneckengetriebes den Zylinder der ersten Anzeige (dieselben Zylinder, wie wir sie im Auto sehen). Zylinder 1 beginnt zu drehen und zählt die erste Kilometerstelle - Hundertstel-Kilometer (alle 10 Meter). Sobald 10 Positionen gezählt wurden (d.h., wenn wir 100 Meter zurückgelegt haben), löst er eine Drehung des 2. Zylinders aus, der die Zehntel-Kilometer (alle 100 Meter) zählt, und dreht dann weiter. Wenn der zweite Zylinder die Anzahl von 10 Positionen erreicht, löst er eine Drehung des 3. Zylinders aus, der die zurückgelegten Kilometer anzeigt. Und so geht die Zählung weiter.

Aber wie dreht ein Zylinder bei Erreichen der Position 10 den benachbarten Zylinder um jeweils einen Zahn und dreht dann weiter? Die Antwort liegt in dem Malteserkreuzgetriebe.

Das Funktionsprinzip dieses Mechanismus findet sich auch in dem Modell „Schaltgetriebe“ der STEM-Lab-Serie. Wenn Sie dieses Modell zusammengebaut haben, können Sie nachvollziehen, wie dieser einfache Mechanismus funktioniert.

Das Funktionsprinzip als solches hat sich seit dem Römischen Reich nicht geändert, nur die Steine wurden durch die Zahlen auf den Stirnrädern ersetzt, die die Anzahl der zurückgelegten Kilometer und Meter anzeigen.

Ein mechanischer Zähler verwendet Schneckengetriebe.

Ein **Schneckengetriebe (Schraubrad)** ist eine mechanische Getriebearrangement, bei der eine Schneckenwelle (Schraube) in ein Schneckenrad (Zahnrad) eingreift.

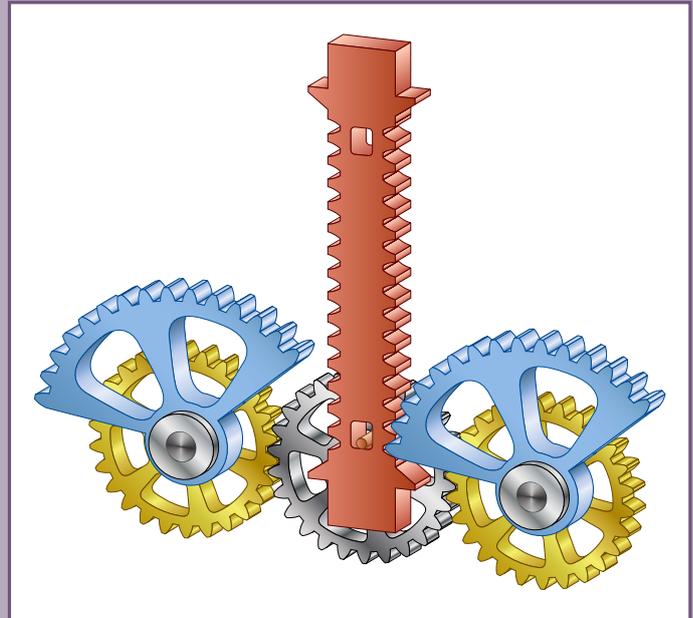


Um die Genauigkeit der Anzeige sicherzustellen, kalibrieren oder eichen Fahrer/ Benutzer ihre Hodometer, z.B. wenn der Durchmesser des Rades geändert wird, etc.

Nachdem wir nun wissen, was ein Hodometer ist, wollen wir seine Funktion praktisch untersuchen - mithilfe des gerade zusammengesetzten mechanischen Puzzles. Ihr Modell ist eine Kombination aus einem Zählwerk und einer Anzeige. Und der Detektor ist derjenige, der die Drucktaste betätigt oder den Griff an der rechten Seite des Modells dreht - also Sie selbst!

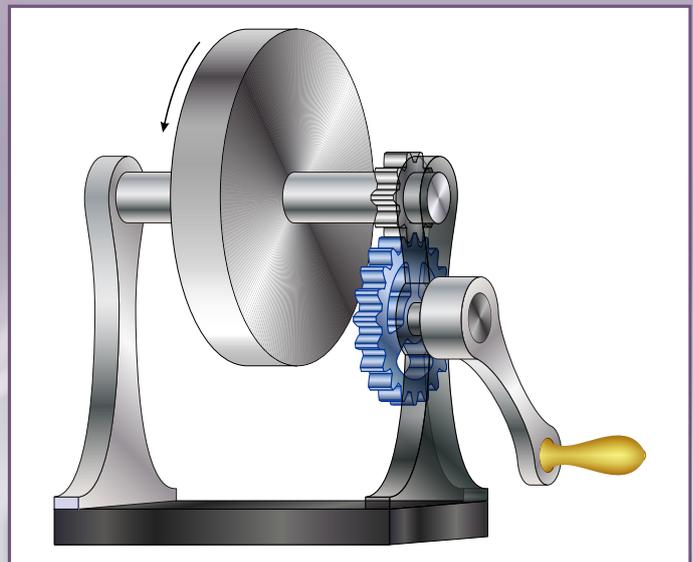
Das Zählermodell besteht aus drei Zylindern mit den Ziffern 0 bis 9, einem Drehgriff, um die Werte der Anzeige mittels einer **Drehbewegung** schnell durchlaufen zu lassen, einer Taste zum Verzeichnender Daten, die eine **alternierende Bewegung** ausführt, und einer Klappe zum Ausführen des Resets.

Das Funktionsprinzip des Zählers basiert auf einem Malteserkreuzgetriebe!



Alternierende Bewegung

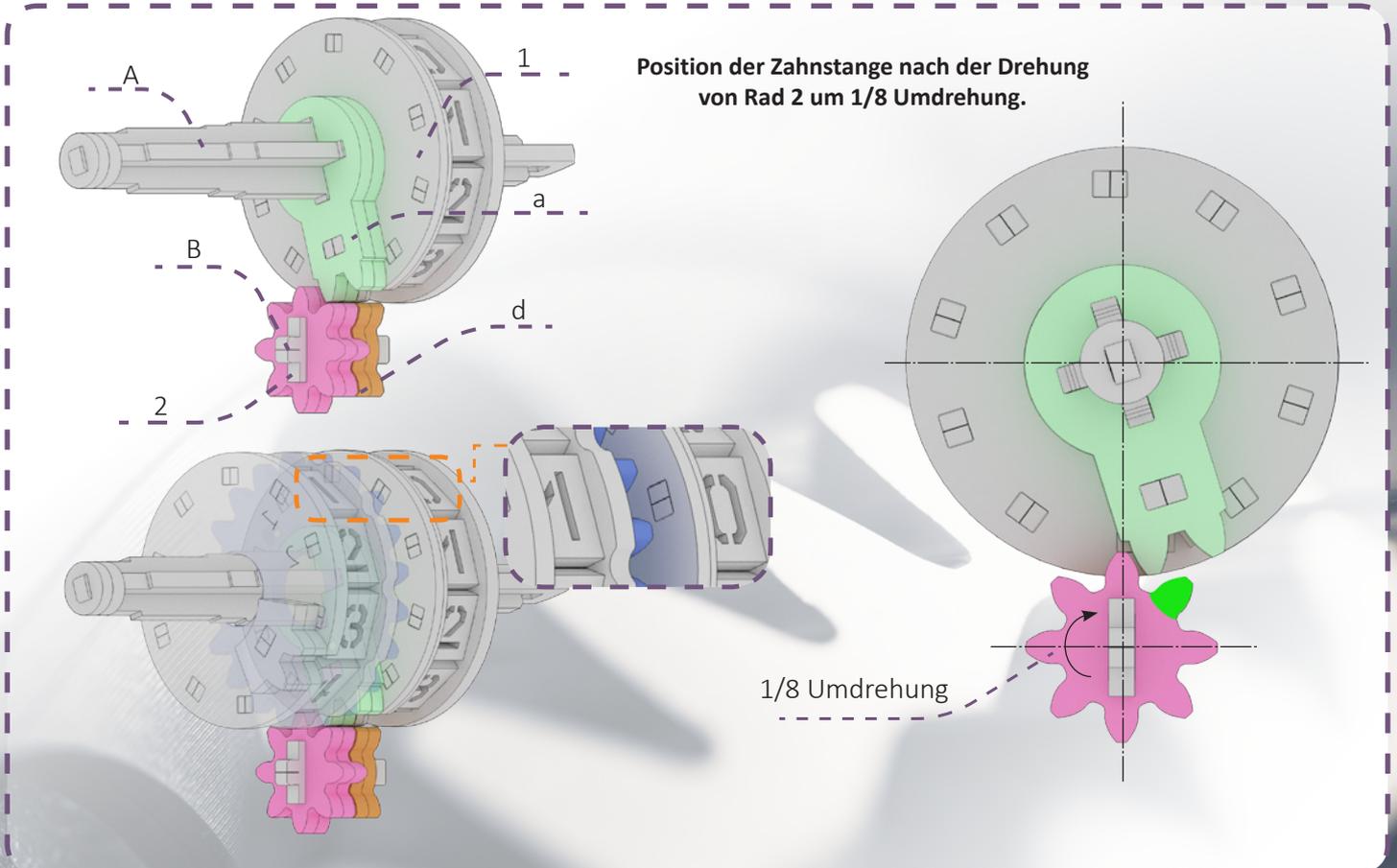
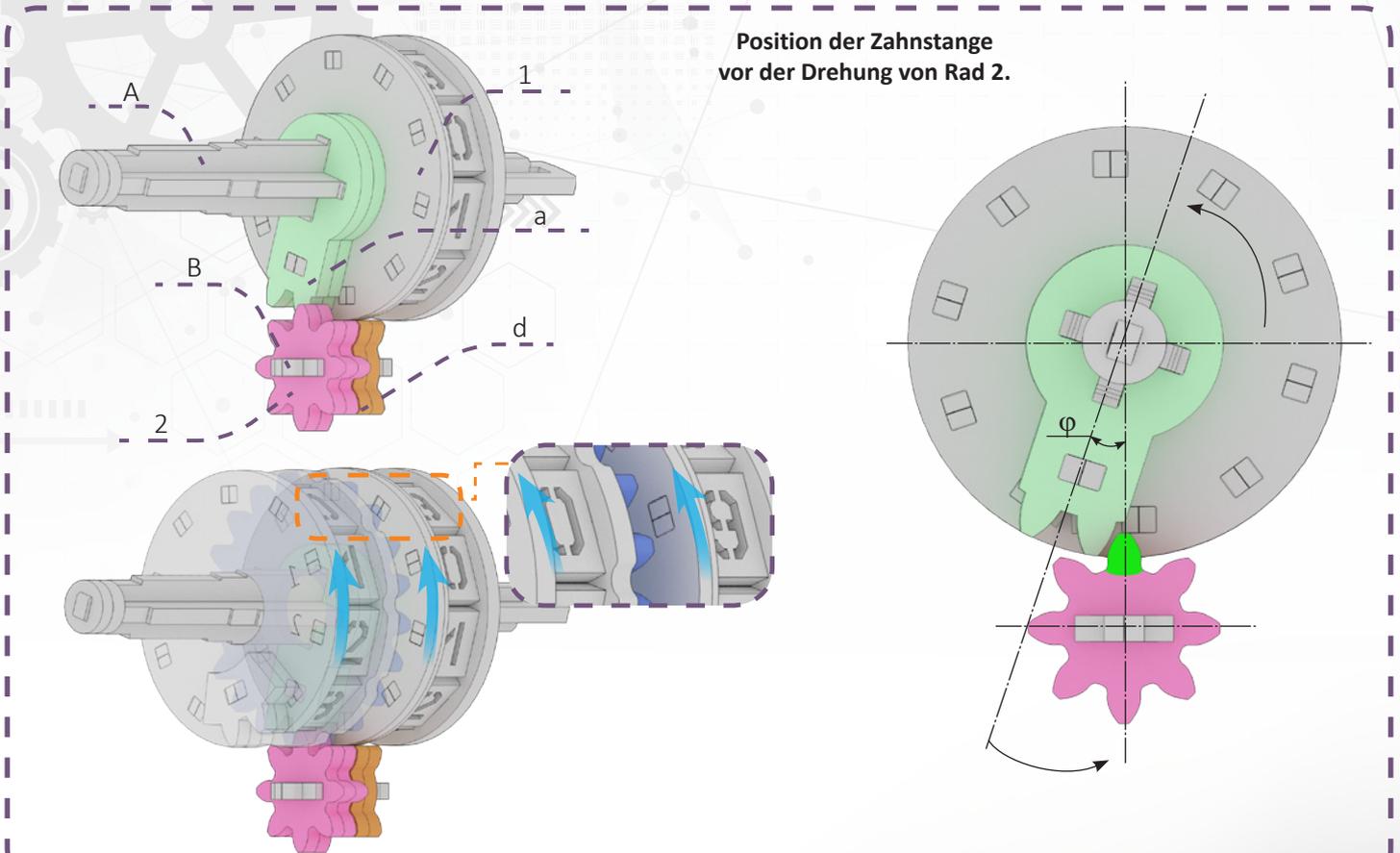
ist eine sich wiederholende, lineare Auf- und Ab- oder Vor- und Zurückbewegung. Das Prinzip wird in einer breiten Palette von Mechanismen genutzt, einschließlich Kolbenmotoren.



Drehbewegung ist eine Art mechanischer Bewegung. Beim Drehen beschreibt der materielle Punkt (ein sehr kleiner Punkt auf dem sich drehenden Objekt) einen Kreis.

Ein Malteserkreuzgetriebe in einem Zähler:

Stirnrad 1 dreht um die Achse A und verfügt über eine Zahnstange a, die regelmäßig in die Zähne d von Rad 2 eingreift, welchen um die Achse B dreht. Wenn das Rad 1 um den Winkel ψ gedreht wird (Abb. 2.1), dreht Rad 2 um $1/8$ Umdrehung (Abb. 2.2)



§4

Technisches Design und Funktionsprinzipien



■ So funktioniert es

Durch Betätigen der Drucktaste bewegt sich der Zähler um eine Position (beim Drehen des Griffs erreicht der Wert des ersten Zylinders nach 1 vollen Umdrehung 10 Positionen und der zweite Zylinder dreht um eine Position). Wenn die Zählung den Wert 9 überschreitet, erfasst das Malteserkreuzgetriebe den nächsten Zylinder und nimmt ihn zur Zählung mit hinzu (der Mechanismus bewegt den nächsten Zylinder um eine Stelle, wenn der vorherige Zylinder eine volle Umdrehung gemacht hat) und der Wert des nächsten Zylinders wird geändert. Das geht so weiter, bis mithilfe des zweiten Zylinders die Position 10 erreicht wird. Dann wird das Malteserkreuzgetriebe des dritten Zylinders einbezogen. Insgesamt kann die dreistellige Anzeige des Zählers Werte von 1 bis 999 registrieren.

Sperrgetriebe verhindern, dass eine Rückwärtszählung oder ein Reset erfolgt, solange die Abdeckung geschlossen ist. Dadurch wird sichergestellt, dass die Zählung in die korrekte Richtung vorgenommen wird.

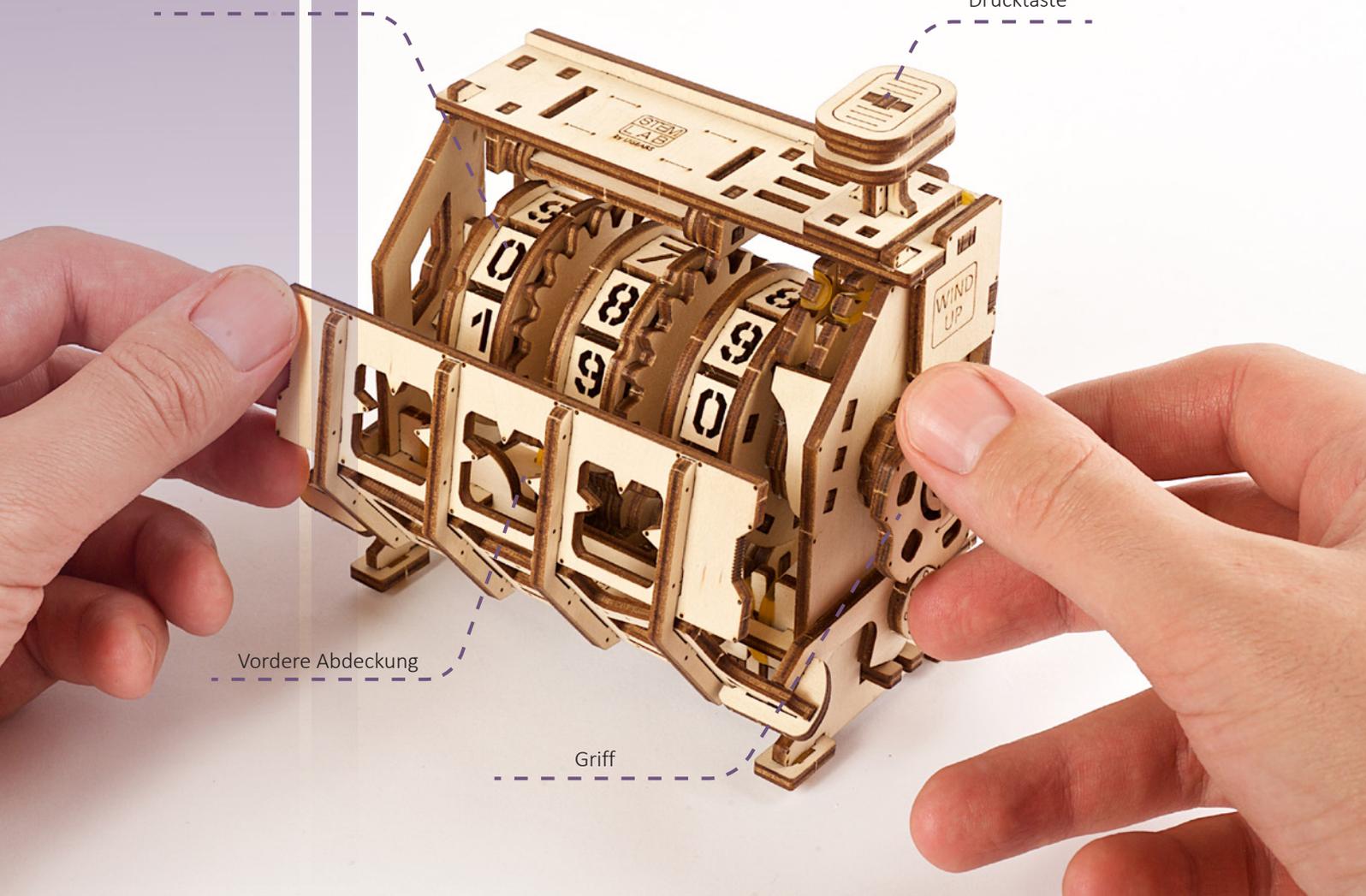
Um den Zähler per Hand zurückzusetzen, öffnen Sie die Abdeckung und drehen Sie die Walzen auf Null.

Stirnrad

Drucktaste

Vordere Abdeckung

Griff



§5

Praktische Übungen und Aufgaben

Um die Aufgaben zu lösen, brauchen Sie:

Formel 1. Formel zum Berechnen der Länge eines Kreisumfangs

$$C = 2\pi R \text{ (m)}$$

Dabei sind:

C – Länge des Umfangs in Meter (m);

R- Kreisradius in Meter (m);

π – die mathematische Konstante, die das Verhältnis zwischen Kreisumfang und Kreisdurchmesser ausdrückt, π beträgt ungefähr 3,14.

Formel 2. Formel zur Berechnung der Länge eines gegebenen Intervalls (l):

$$l = \frac{S}{N} \text{ (m)}$$

Wobei gilt:

S – Gesamtlänge des gelaufenen Wegs/der zurückgelegten Strecke in Meter (m);

N – Anzahl identischer Intervalle, Schritte

Formel 3. Formel zum Berechnen der Durchschnittsgeschwindigkeit der Bewegung:

$$v = \frac{S}{t} \text{ (m/s)}$$

Dabei sind:

S – Gesamtlänge des gelaufenen Wegs/der zurückgelegten Strecke in Meter (m);

t - erforderliche Zeit zur Bewältigung des Wegs in Sekunden (s).

Formel 4. Formel zum Berechnen des zurückgelegten Wegs in Funktion des Umfangs eines Kreises und der Anzahl der Umdrehungen

$$S = C \cdot N \text{ (m)}$$

Dabei sind:

C - die Länge des Kreisumfangs (m – Meter);

N - die Anzahl der von dem Umfang (z.B. einem Rad) gemachten Umdrehungen.

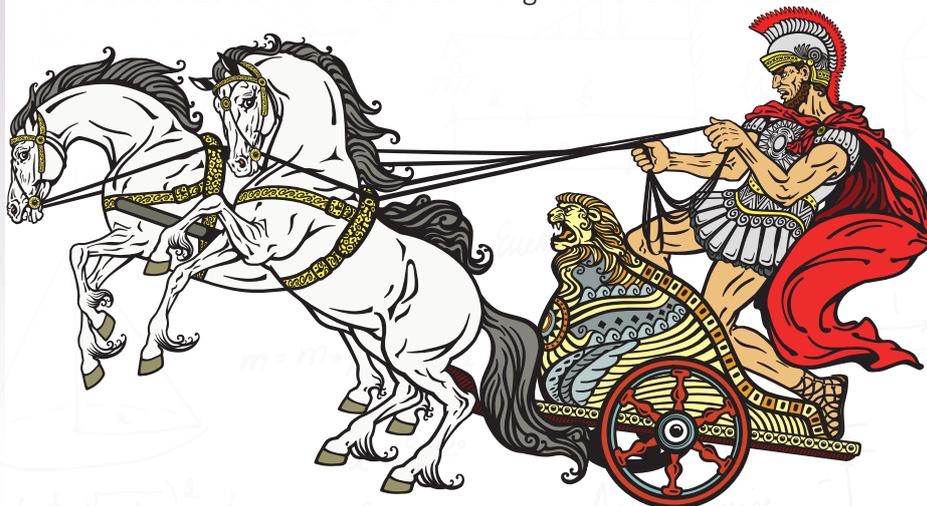
Aufgabe 1. «Seidenstraße»

Angenommen, die Karawane war 6 Stunden unterwegs. Das Rad des Fuhrwerks machte 1800 volle Umdrehungen pro Stunde. Der Durchmesser des Rads beträgt 1,5 m.

Berechnen Sie die tägliche Wegstrecke, die eine Karawane auf der Seidenstraße zurücklegt. Nutzen Sie dazu Formel 1 und Formel 4.

Aufgabe 2. «Das Kolosseum»

Der römische Legat drehte in seinem Streitwagen 4 Runden um das Kolosseum und gewann. Der Umfang des Kolosseums beträgt 500 Passus (ein Passus ist ein historisches römisches Längenmaß, der sogenannte Doppelschritt, zwei Schritte, die ungefähr 1,48 m entsprechen). Der Raddurchmesser beträgt 1 m. Wie viele Umdrehungen machte das Rad des römischen Streitwagens während eines Wettkampfs im Römischen Reich? Benutzen Sie für die Berechnung Formel 1 und Formel 2.



Aufgabe 3. „Die Länge Ihres Schritts“

Berechnen Sie die durchschnittliche Länge Ihres Schritts.

Gehen Sie 10-20 Schritte (N) in einem Raum. Zählen Sie die Schritte mithilfe des Zählers. Messen Sie den zurückgelegten Weg mit einem Maßband – $S =$ _____ Meter (verwenden Sie SI-Einheiten beim Aufzeichnen Ihrer Daten). Berechnen Sie anhand Ihrer Daten - Anzahl der Schritte und Wegstrecke - die durchschnittliche Länge Ihrer Schritte mithilfe der Formel 2. Um ein genaueres Ergebnis zu erhalten, wiederholen Sie das Experiment mehrere Male und berechnen Sie den Mittelwert Ihrer Ergebnisse.

Aufgabe 4. „Durchschnittliche Geschwindigkeit Ihrer Bewegung“

Finden Sie mithilfe von Formel 2 die durchschnittliche Geschwindigkeit Ihrer Bewegung heraus. Wählen Sie eine Strecke, z.B. von Ihrer Wohnung zum Park.

Zählen Sie mit dem Zähler die Anzahl der Schritte, die Sie für die gewählte Strecke benötigen. Zeichnen Sie die Anzahl als $N =$ _____ auf. Messen Sie die für den Weg erforderliche Zeit. Verwenden Sie für die Messung der Zeit - t - in Sekunden eine Stoppuhr. $t =$ _____. Verwenden Sie die Ergebnisse, die Sie in der Aufgabe zum Feststellen der Durchschnittslänge Ihres Schritts erhalten haben, und die Anzahl der Schritte, um mithilfe von Formel 2 die Länge Ihrer Strecke zu berechnen. Anschließend berechnen Sie mit Formel 3 Ihre durchschnittliche Geschwindigkeit.

Übung 1

Zählen Sie die vorbeifahrenden Autos. Um sicherzugehen, dass Sie den Überblick über z.B. die blauen vorbeifahrenden Autos nicht verlieren, verwenden Sie den Zähler. Zählen Sie während 10 Minuten die vorbeifahrenden blauen Wagen. Zeichnen Sie nach 10 Minuten die Anzahl auf und setzen Sie den Zähler zurück. Zählen Sie dann 10 Minuten lang die weißen Autos. Welche Anzahl ist größer - die der blauen oder der weißen Autos?

Übung 2

Option 1. Zählen Sie, wie viele Schritte es von Ihrem Haus zum Stadion/Geschäft/zur Schule und zurück sind. Benutzen Sie den Zähler, um die Schritte einer Wegstrecke zu zählen. Notieren Sie die Anzahl und setzen Sie den Zähler zurück, wenn Sie an Ihrem Ziel angekommen sind. Jetzt wiederholen Sie das Ganze auf dem Rückweg. Vergleichen Sie die Ergebnisse. Sind sie identisch?

Option 2. Nehmen Sie einen anderen Weg zurück und vergleichen Sie die Anzahl der Schritte beider Strecken. Sind Sie identisch oder ist ein Weg länger/kürzer als der andere?

LERNTEST

1. Die Vorrichtung zum Messen des Wegs heißt...

- a) Geschwindigkeitsmesser
- b) Tachometer
- c) Hodometer

2. Archimedes soll die Kraft und Genauigkeit eines Katapults verbessert haben und Erfinder des ... sein.

- a) Propellers
- b) Flugzeugs
- c) Hodometers

3. Stimmt es, dass das ursprüngliche Hodometer als ein Kasten mit Steinen beschrieben wird, der nach jeder Meile einen Stein durch ein Loch in einem Zahnrad fallen ließ?

- a) Nein
- b) Das ist nicht nachgewiesen
- c) Ja

4. Wie viele Stirnräder hat das Zähler-Modell?

- a) fünf
- b) sieben
- c) drei

5. Welche Arten von Hodometern gibt es?

- a) mechanische
- b) digitale
- c) allradbetriebene

6. Welches Teil verhindert eine Rückwärtszählung, solange die Abdeckung des Zählers geschlossen ist?

- a) Zahnrad
- b) Welle
- c) Sperrgetriebe

7. Von was hängt die durchschnittliche Geschwindigkeit einer Person ab?

- a) Weg
- b) Kraft
- c) Schrittlänge

8. Was geschieht bei gleichmäßiger Bewegung mit der Schrittlänge?

- a) Sie nimmt zu
- b) Sie nimmt ab
- c) Sie bleibt gleich

Herzlichen Glückwunsch! Sie haben es geschafft!

Wir freuen uns, dass Sie uns auf diesem Abenteuer begleitet haben und hoffen, Sie hatten Spaß dabei und haben das eine oder andere dazugelernt!