

PROFI CART ECH

Begleitheft • Accompanying Booklet • Manuel d'accompagnement

Begeleidend boekje • Cuaderno adjunto • Folheto

fischertechnik®



PROFI CARTECH

(D) Das Begleitheft zum Baukasten
Für alle, die wissen wollen,
„was dahinter steckt“

PROFI CARTECH

(GB+USA) Accompanying Booklet for the
Assembly Kit
For everyone who wants to know
“what’s behind it.”

PROFI CARTECH

(F) Le manuel d’accompagnement
du jeu de construction
Pour tous ceux qui veulent savoir
« ce qu’il y a derrière »

PROFI CARTECH

(NL) Begeleidend boekje bij de
bouwdoos
Voor iedereen die wil weten wat
„erachter zit“

PROFI CARTECH

(E) Cuaderno adjunto a la caja de
construcción
Para todos aquellos que quieren
saber «qué hay detrás de las cosas»

PROFI CARTECH

(P) O auxiliar do kit
Para todos os que querem saber
«como a coisa funciona por dentro»

(D) I N H A L T

1. Cartech: Fahrzeugtechnik total!
- 2 Kraftübertragung über eine Kette
3. Schaltgetriebe
4. Fahrzeuglenkungen
5. Fahrzeugantriebe

(GB+USA) C O N T E N T S

1. Cartech: Total Automotive Technology!
2. Power Transmission via a Chain
3. Gear Shifting
4. Vehicle Steering
5. Vehicle Drive

(F) S O M M A I R E

1. Cartech: Technique automobile pure!
2. Transmission d'une force au moyen d'une chaîne
3. Boîtes de vitesses
4. Directions de véhicules
5. Entraînements de véhicules

(NL) I N H O U D

1. Cartech: complete voertuigtechniek!
2. Krachtoverbrenging via een ketting
3. Versnellingsbak
4. Voertuigbesturingen
5. Voertuigaandrijvingen

(E) I N D I C E

1. Cartech: i Técnica automovilística total!
2. Transmisión de fuerza por cadena
3. Cambios de marcha
4. Direcciones de vehículo
5. Accionamientos de vehículo

(P) Í N D I C E

1. Cartech: tecnologia automobilística total!
2. Transmissão através de uma corrente
3. Caixa de câmbio
4. Direções de veículos
5. Transmissão em veículos

1. Cartech: Fahrzeugtechnik total!

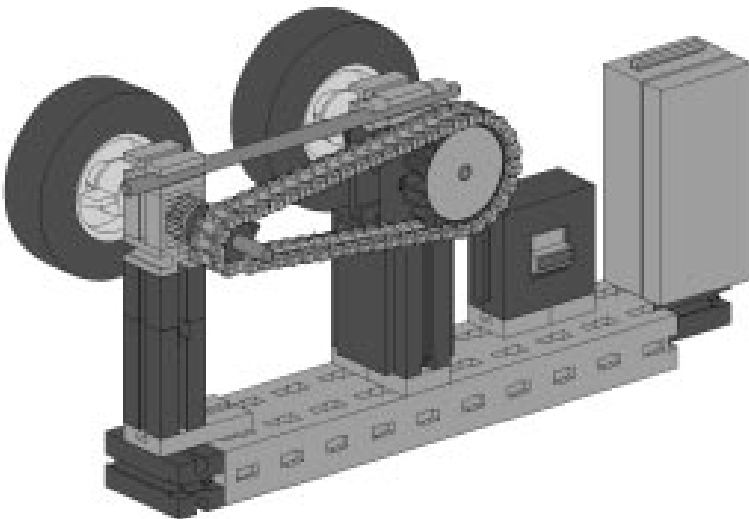
Rauf aufs Fahrrad, kräftig in die Pedale treten und ab geht die Post. Rein ins Auto, Motor anlassen, Gang rein und los geht die Reise. Alles ganz normal, oder? Aber was steckt dahinter, was passiert zwischen den Fußpedalen und den Rädern, wie funktioniert die Technik, die es uns ermöglicht, in einem kleinen Gang zwar langsam, aber relativ leicht einen Berg hochzufahren oder in einem großen Gang mit einem Affenzahn den Berg hinunterzurufen. Wie funktionieren Lenkungen und verschiedene Antriebssysteme? All diese Fragen beantwortet der Baukasten Cartech. Das Beste daran: an den Modellen, die mit Hilfe der Bauanleitung gebaut werden, kann man direkt ausprobieren wie alles funktioniert und dann in diesem Begleitheft nachlesen, was dahinter steckt. Also dann, nichts wie los!

2. Kraftübertragung über eine Kette

Eine Kette kann man hervorragend für die Übertragung einer Kraft von einer Achse auf eine andere verwenden. Beim Fahrrad z. B. wird mit einer Kette die Kraft von den Pedalen (Antriebsachse) auf das Hinterrad (Abtriebsachse) übertragen. Man kann beim Radfahren beobachten, dass die Kombination verschieden großer Kettenräder (Kettenschaltung) dazu führt, dass man im 1. Gang schnell treten muss, aber nur langsam vorwärts kommt, hingegen im 21. Gang nur sehr langsam treten muss und doch schnell vorwärts kommt, was dann aber bedeutend mehr Kraft kostet.

Modell: Kettenantrieb

(siehe Bauanleitung Seite 6)



In unserem ersten Modell wird die Antriebsachse nicht von Pedalen, sondern von einem Motor angetrieben. Wir bauen unterschiedliche Zahnräder ein und beobachten, was passiert:

Versuch 1:

Antriebsachse am Motor (1) mit Zahnrad Z20 (=20 Zähne), Abtriebsachse (2) mit Zahnrad Z10 (=10 Zähne), genau wie in der Bauanleitung gezeigt. Welches der Räder dreht sich schneller?

Beobachtung:

Das Rad auf der Abtriebsachse dreht sich schneller als das Rad auf der Antriebsachse.

Wenn du das Getriebe am Motor aushängst und das Antriebsrad von Hand drehst, kannst du beobachten, dass sich das Abtriebsrad genau doppelt so schnell dreht wie das Antriebsrad.

Versuch 2:

Tausche die Zahnräder auf den beiden Achsen aus: Antriebsachse mit Zahnrad Z10, Abtriebsachse mit Zahnrad Z20. Welches Rad dreht sich jetzt schneller?

Beobachtung:

Das Rad auf der Abtriebsachse dreht sich langsamer als das Rad auf der Antriebsachse.

Wenn du das Getriebe am Motor aushängst und das Antriebsrad von Hand drehst, kannst du beobachten, dass sich das Abtriebsrad genau halb so schnell dreht wie das Antriebsrad.

Versuch 3:

Beide Achsen mit Zahnrad Z20 (=20 Zähne)

Beobachtung:

Beide Räder drehen sich gleich schnell.

Versuch 4:

Beide Achsen mit Zahnrad Z10 (=10 Zähne)

Beobachtung :

Wieder drehen sich beide Räder gleich schnell.

Es ist also egal wie groß die beiden Zahnräder sind, solange sie gleich groß sind (gleich viele Zähne haben) drehen sich die Achsen gleich schnell.

Und was bringt uns das jetzt? Ganz einfach, wir sehen, dass es ausschließlich von dem Größenverhältnis der Zahnräder zueinander abhängt, wie sich die Geschwindigkeit der Räder verhält. Genauer gesagt kommt es auf das Verhältnis der Zähnezahlen der beiden Zahnräder an.

In Versuch 3 und 4 haben beide Zahnräder die gleiche Anzahl von Zähnen. Das Verhältnis von

$$\frac{\text{Zähnezahl Abtriebsrad}}{\text{Zähnezahl Antriebsrad}} \text{ beträgt } \frac{20}{20} \text{ (Versuch 1) bzw. } \frac{10}{10} = \frac{1}{1} \text{ (Versuch 2)}$$

Die Zähnezahl des Abtriebsrads steht immer im Zähler, die des Antriebsrads im Nenner des Bruches. Man sagt auch, das Übersetzungsverhältnis beträgt 1 zu 1. Die Räder drehen sich gleich schnell.

In Versuch 1 ist das Übersetzungsverhältnis: $\frac{20}{10} = \frac{2}{1}$ (zwei zu eins).

In Versuch 2 ist das Übersetzungsverhältnis: $\frac{10}{20} = \frac{1}{2}$ (eins zu zwei).

Ist das Übersetzungsverhältnis größer als 1, handelt es sich um eine Übersetzung ins Langsame, auch Untersezung genannt. Ist es kleiner als 1, wird ins Schnelle übersetzt.

Für das Übersetzungsverhältnis ist anstatt des Bruches auch die Schreibweise mit Doppelpunkt gebräuchlich:

Übersetzungsverhältnis in

Versuch 1 = 20:10 = 2:1 **Versuch 3 = 20:20 = 1:1**

Versuch 2 = 10:20 = 1:2 **Versuch 4 = 10:10 = 1:1**

Ist die Zahl vor dem Doppelpunkt (Zähnezahl des Abtriebsrads) größer als die Zahl nach dem Doppelpunkt (Zähnezahl des Antriebsrads), handelt es sich um eine Übersetzung ins Langsame, genannt „Untersetzung“, ist die Zahl hinter dem Doppelpunkt größer als die vor dem Doppelpunkt, geht die Übersetzung ins Schnelle.

Welche Schreibweise du benutzt, bleibt dir überlassen. In den folgenden Versuchen werden wir beide Schreibweisen verwenden.

So, mit diesen Erkenntnissen kannst du jetzt Autos bauen, die sich entweder schnell oder langsam fortbewegen. Schau mal in der Bauanleitung nach, dort findest du drei Fahrzeuge mit Kette als Antrieb für einen Traktor, einen Renn- und einen Geländewagen.

Modelle: Traktor-, Rennwagen- und Geländewagenantrieb (siehe Bauanleitung Seite 8)

Die drei Modelle unterscheiden sich nur durch die Kombination und Anordnung der Zahnräder.

Aufgabe:

Trage für jedes Modell die Zähnezahlen der Antriebs- und Abtriebszahnrad in die Tabelle ein und berechne die Übersetzung.

Modell	Antriebszahnrad	Abtriebszahnrad	Übersetzung
Traktor			
Rennwagen			
Geländewagen (Vierrad)			

Lösung:

Modell	Antriebszahnrad	Abtriebszahnrad	Übersetzung
Traktor	Z10	Z20	2:1
Rennwagen	Z20	Z10	1:2
Geländewagen (Vierrad)	Z20 und Z10	Z20 und Z10	1:1

Baue die drei Modelle nacheinander und führe mit jedem Modell die folgenden Versuche durch:

Versuch 1:

Wie schnell ist das Modell?

Lege eine Strecke, z. B. einen Meter lang, fest und messe mit einer Stoppuhr die Zeit, die es für die Strecke benötigt.

Versuch 2:

Welche Steigung schafft es?

Als Steigung kannst du z.B. ein Brett verwenden, das du an einen Bücherstapel oder Stuhl anlehnt.

Was kannst du beobachten?

Beobachtungen:

Der Traktor ist das langsamste Modell, schafft aber die größte Steigung. Der Rennwagen fährt am schnellsten, schafft aber nur eine geringe Steigung. Der Geländewagen liegt dazwischen.

Ergebnisse:

Du siehst also: je schneller das Auto ist, desto weniger Kraft haben die Räder. Diese Kraft heißt in der Technik „Drehmoment“. Das Drehmoment steht im umgekehrten Verhältnis zur Übersetzung, d.h. wird die Drehzahl zwischen Antriebs- und Abtriebszahnrad verdoppelt, halbiert sich das Drehmoment (Rennwagen). Wird die Drehzahl halbiert, verdoppelt sich das Drehmoment.

Jetzt kannst du dir auch vorstellen, warum du bei deinem Fahrrad im 1. Gang zwar langsam vorwärts kommst, aber fast jeden Berg hinaufklettern kannst (kleine Geschwindigkeit, hohes Drehmoment).

3. Schaltgetriebe

Nicht nur mit einer Kette kann man Drehzahl und Drehmoment verändern, sondern auch durch ein Getriebe, bei dem die Zahnräder direkt ineinander greifen. Das spart natürlich Platz. Im Gegensatz zum Kettenantrieb dreht sich das Abtriebsrad in die entgegengesetzte Richtung zum Antriebsrad.

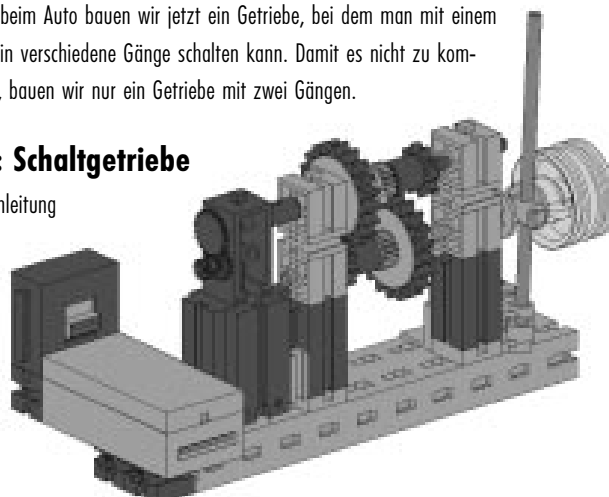
Weshalb verwendet man eigentlich ein Getriebe, man könnte die Geschwindigkeit doch auch über das Gaspedal regeln?

Die meisten Motoren haben ohne Getriebe eine viel zu hohe Drehzahl und eine zu geringe Kraft, so dass man die Räder nicht direkt antreiben kann. Deshalb verringert man mit einem Getriebe die Drehzahl und erhöht gleichzeitig die zur Verfügung stehende Kraft. Außerdem bringen viele Motoren nicht in jedem Drehzahlbereich die gleiche Leistung. Mit Hilfe eines Schaltgetriebes kann man erreichen, dass der Motor immer in einem günstigen Drehzahlbereich läuft, egal wie schnell man fahren will.

Ähnlich wie beim Auto bauen wir jetzt ein Getriebe, bei dem man mit einem Schalthebel in verschiedene Gänge schalten kann. Damit es nicht zu kompliziert wird, bauen wir nur ein Getriebe mit zwei Gängen.

Modell: Schaltgetriebe

(siehe Bauanleitung Seite 14)

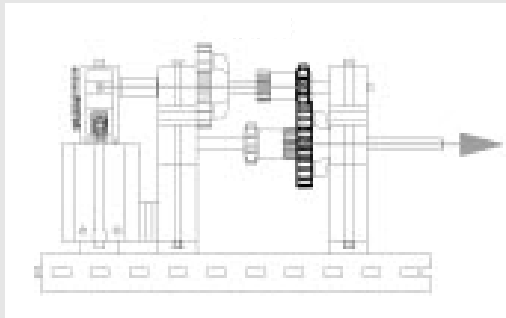


Um zu sehen, wie ein Schaltgetriebe funktioniert, kannst du dieses Demomodell eines stationären Schaltgetriebes aufbauen. Das geht schnell und zeigt anschaulich die Funktion. Wichtig ist, dass sich zwischen dem ersten und zweiten Gang ein schmaler Leerlaufbereich befindet. Dann können beim Gangwechsel die Zähne besser ineinander greifen.

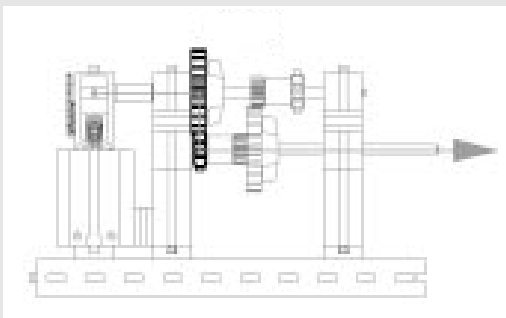
Aufgabe:

Berechne die Übersetzungsverhältnisse im ersten und zweiten Gang!

Lösung:



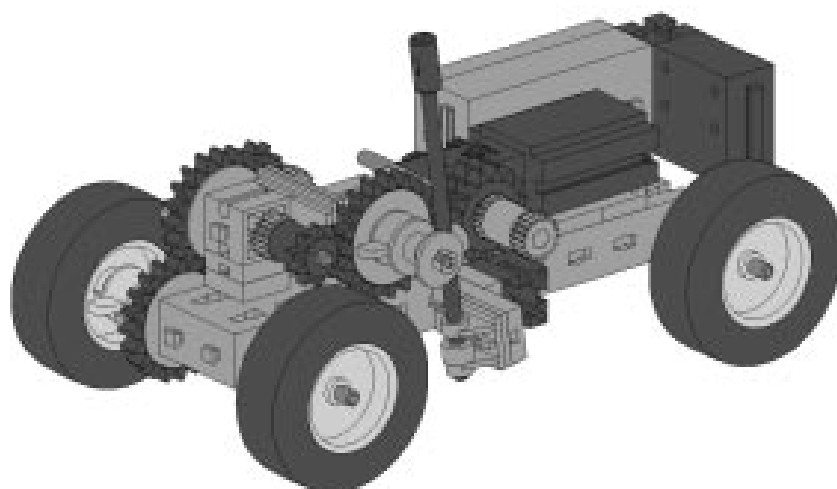
1. Gang (langsam): $20:10 = 2:1$,
d. h. Felge dreht mit halber Motordrehzahl



2. Gang: (schnell): $10:20 = 1:2$,
d. h. Felge dreht mit doppelter Motordrehzahl

Modell: Fahrzeug mit Schaltgetriebe

(siehe Bauanleitung Seite 16)

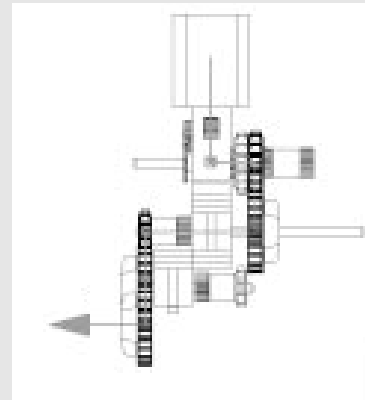


Jetzt kannst du dieses Fahrzeug mit einem Schaltgetriebe bauen. Bei jeder Fahrzeugkonstruktion achtet man darauf, dass das Getriebe möglichst wenig Platz beansprucht. Das Fahrzeug hat zwei Gänge.

Aufgabe:

Wie groß sind die Übersetzungsverhältnisse im ersten und zweiten Gang?

Lösung:

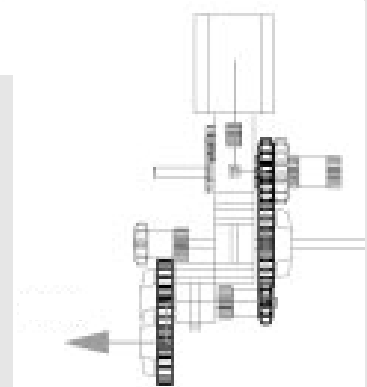


Im ersten (langsamen) Gang beträgt das Übersetzungsverhältnis

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} = 2$$

Im zweiten (schnellen) Gang beträgt das Übersetzungsverhältnis

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$



Im zweiten Gang fährt das Fahrzeug also viermal so schnell wie im ersten Gang.

Geht man von der Abtriebswelle des Motorgetriebes aus, kommt noch eine weitere Übersetzungsstufe hinzu, nämlich von den beiden nebeneinander liegenden Zahnradern mit 15 Zähnen auf das Zahnrad mit 20 Zähnen.

Diese Stufe hat eine Übersetzung von $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$

Die Gesamtübersetzung errechnet man durch multiplizieren der beiden Übersetzungsstufen:

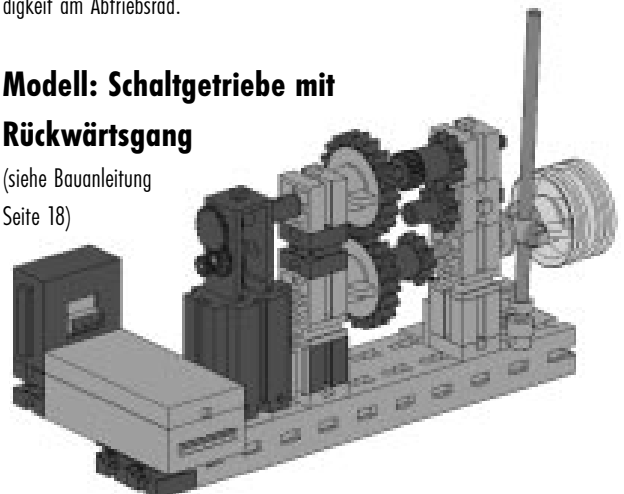
Erster Gang: $\frac{2}{1} \cdot \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$ oder 2,66:1 Zweiter Gang: $\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$ oder 0,66:1

Insgesamt drehen sich die Räder also etwas langsamer als bei dem stationären Getriebe (2:1 im ersten Gang, 1:2 bzw. 0,5:1 im zweiten Gang).

Es gilt: je größer das Übersetzungsverhältnis, desto kleiner die Geschwindigkeit am Abtriebsrad.

Modell: Schaltgetriebe mit Rückwärtsgang

(siehe Bauanleitung Seite 18)



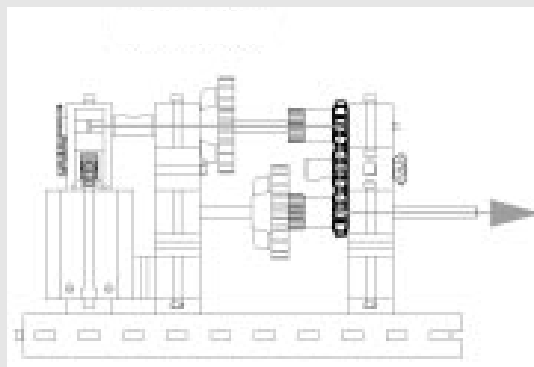
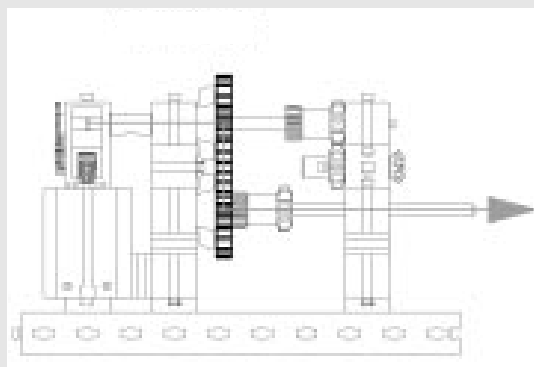
Bei dem fischertechnik Elektromotor kann man die Drehrichtung einfach umkehren, indem man die Polung der Stromversorgung umkehrt. Bei einem Verbrennungsmotor geht das nicht, er läuft immer in die gleiche Richtung. Die Umkehr der Drehrichtung erreicht man hier über ein Getriebe mit Rückwärtsgang. Wie das funktioniert, zeigt dieses Modell, und zwar als einfaches stationäres Getriebe.

Aufgabe:

1. Wie erreicht man bei einem Getriebe die unterschiedliche Drehrichtung im Vorwärts- und Rückwärtsgang?
2. Berechne die Übersetzungsverhältnisse im Vorwärts- und Rückwärtsgang!

Lösung:

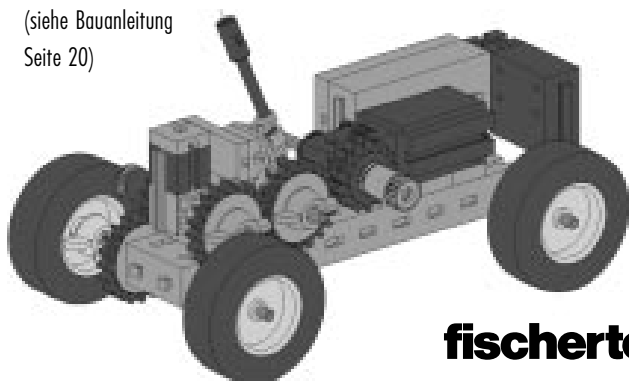
Bereits in unserem ersten Versuch mit dem Schaltgetriebe haben wir gesehen, dass sich das Abtriebsrad in die entgegengesetzte Richtung wie das Antriebsrad dreht. Für den Rückwärtsgang kehren wir die Drehrichtung noch einmal um und benötigen dazu ein drittes Zahnrad. Das Schaltgetriebe mit Vorwärts- und Rückwärtsgang muss also einmal zwei und einmal drei Zahnräder miteinander in Eingriff bringen.



Das Übersetzungsverhältnis ist im Vorwärts- und Rückwärtsgang gleich, nämlich $10:10 = 20:20 = 1$

Modell: Fahrzeug mit Rückwärtsgang:

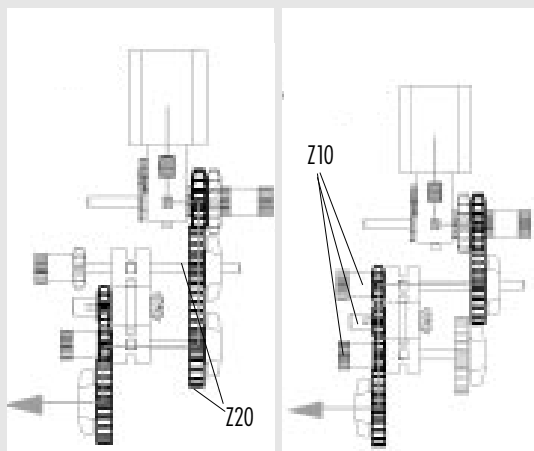
(siehe Bauanleitung
Seite 20)



Bei diesem Modell ist das Getriebe mit Rückwärtsgang in ein Fahrzeug eingebaut.

Aufgabe:

Wie sind die Übersetzungsverhältnisse im Vorwärts- und Rückwärtsgang?



Lösung:

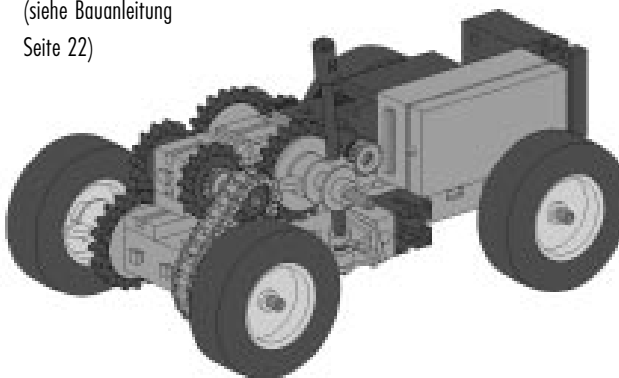
Zwischen den Zahnrädern, die für den Richtungswechsel verantwortlich sind (2 Zahnräder Z20 im Vorwärtsgang und 3 Zahnräder Z10 im Rückwärtsgang), ist das Übersetzungsverhältnis jedes Mal 1:1, d. h. wir brauchen sie bei der Berechnung gar nicht zu berücksichtigen. Beschränken wir uns also auf die Übersetzung zwischen Getriebemotorwelle (Zahnrad Z15) und dem ersten Zahnrad Z20 sowie auf die letzten beiden Zahnräder Z10 und Z20 auf der Hinterachse des Fahrzeugs.

Die Gesamtübersetzung erhalten wir wieder durch Multiplikation der einzelnen Übersetzungen: $\frac{20}{15} \cdot \frac{20}{10} = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{1} = \frac{8}{3}$

Das Übersetzungsverhältnis ist im Vorwärts- und Rückwärtsgang gleich.

Modell: Fahrzeug mit Rückwärtsgang und Kettenantrieb:

(siehe Bauanleitung
Seite 22)

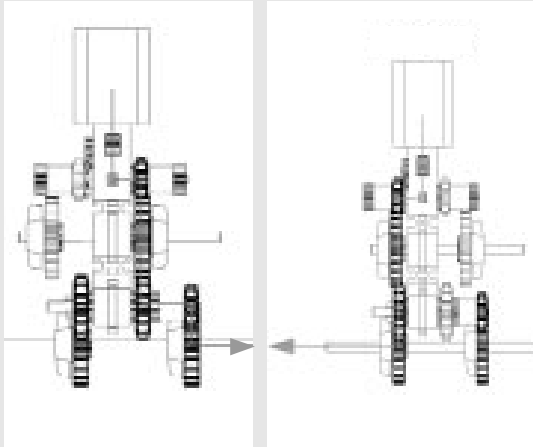


Da ein echtes Fahrzeug im Vorwärtsgang schneller fährt als im Rückwärtsgang, hat auch dieses Modell in den beiden Gängen unterschiedliche Übersetzungen.

Aufgabe:

Wie groß sind die Übersetzungen im Vorwärts- und Rückwärtsgang jeweils von der Abtriebswelle des Motors aus gerechnet?

Lösung:



Vorwärtsgang (schneller):

$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{15} = \frac{6000}{3000} = \frac{2}{1}$$

Rückwärtsgang (langsamer):

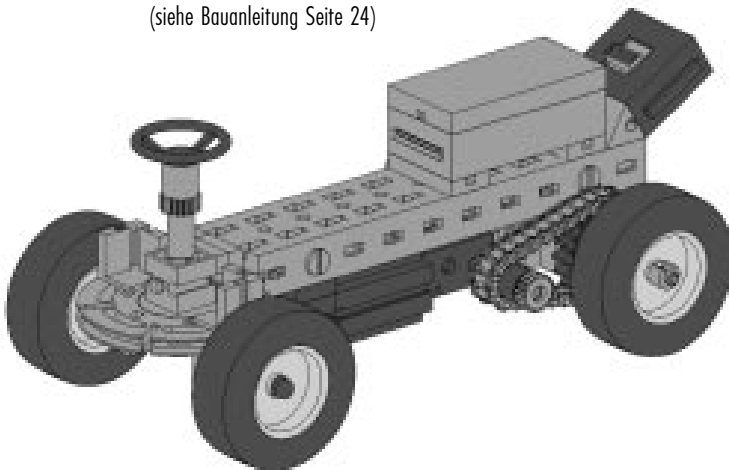
$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{10} = \frac{6000}{2000} = \frac{3}{1}$$

4. Fahrzeuglenkungen

Bei den bisherigen Modellen fehlt etwas Wichtiges, was unbedingt zu einem Fahrzeug gehört: die Lenkung. Denn welches Fahrzeug fährt schon nur geradeaus? Selbst als es noch keine Autos gab, waren Kutschen und Wagen bereits mit einer Lenkung ausgestattet. Diese Lenkungen waren sehr einfach aufgebaut, wie bei unserem folgenden Modell:

Modell: Drehschemel-Lenkung

(siehe Bauanleitung Seite 24)



Bei der sog. Drehschemel-Lenkung wird die ganze Vorderachse auf einem Brett oder einer runden Platte montiert und diese drehbar am Fahrzeug befestigt. Die komplette Vorderachse ist also um den Drehpunkt beweglich und das Fahrzeug so lenkbar. Da in einer Kurve die beiden Räder unterschiedliche Wege zurücklegen, müssen die Räder frei drehbar auf der Achse gelagert sein, damit sie sich unterschiedlich schnell drehen können.

Aufgabe 1:

Welches Rad legt in einer Kurve den größeren Weg zurück, das innere oder das äußere?

Welches Rad dreht sich schneller?

Probiere es am Modell aus!

Lösung:

Das äußere Rad legt den größeren Weg zurück, es fährt einen größeren Kreis. Da es in der gleichen Zeit den größeren Weg zurücklegt, dreht es sich auch schneller.

Aufgabe 2:

Welche Nachteile sind dir beim Ausprobieren der Drehschemel-Lenkung am Modell aufgefallen?

Lösung:

Die Räder brauchen beim Einschlagen viel Platz.

In engen Kurven kippt das Fahrzeug leicht um, besonders, wenn es schnell fährt.

Aufgabe 3:

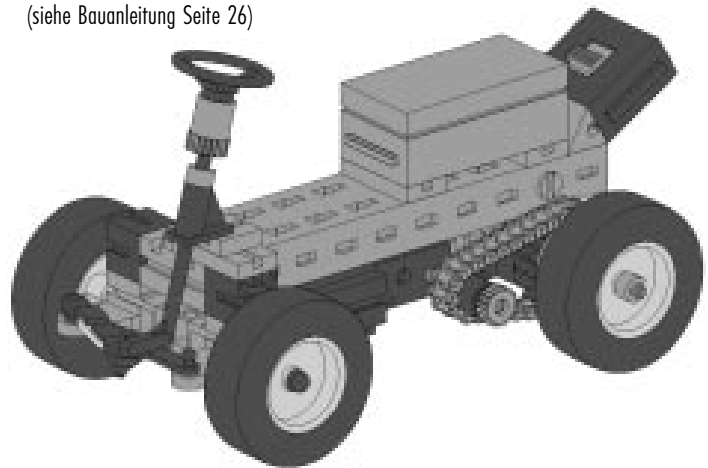
Bei welchen Fahrzeugen findet man heute noch Drehschemel-Lenkungen?

Lösung:

Zum Beispiel bei Anhängern und Leiterwagen

Modell: Achsschenkel-Lenkung

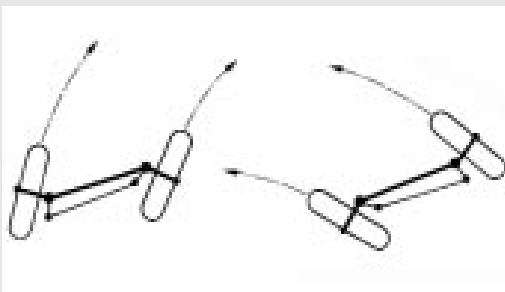
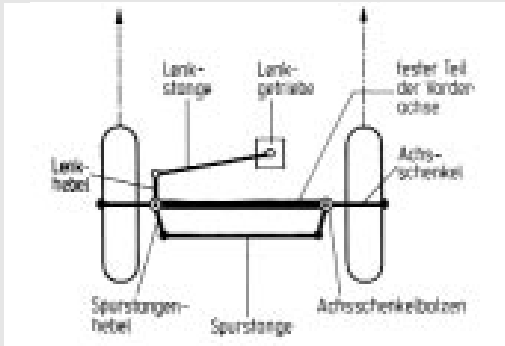
(siehe Bauanleitung Seite 26)



Als die Motoren der Autos immer leistungsfähiger und dadurch die Autos immer schneller wurden, mussten sich die Fahrzeugkonstrukteure auch eine bessere Lenkung ausdenken. So entstand die sog. Achsschenkel-Lenkung, wie sie auch in unserem Modell Verwendung findet.

Bei der Achsschenkel-Lenkung sitzt jedes Rad auf einer ganz kurzen Achse, die Achsschenkel genannt wird. Dieser Achsschenkel ist um den sog. Achsschenkel-Bolzen drehbar gelagert.

Die sogenannte Spurstange verbindet die beiden Achsschenkel an den sogenannten Spurstangenhebeln. Diese geniale Anordnung der Stangen und Hebel nennt man Lenktrapez. Es sorgt dafür, dass in einer Kurve jeweils das innere Rad stärker eingeschlagen wird als das äußere. Dies kannst du auch beim fischertechnik-Modell beobachten. Über die Lenkstange werden die Achsschenkel nach links und rechts gedreht.



Aufgabe:

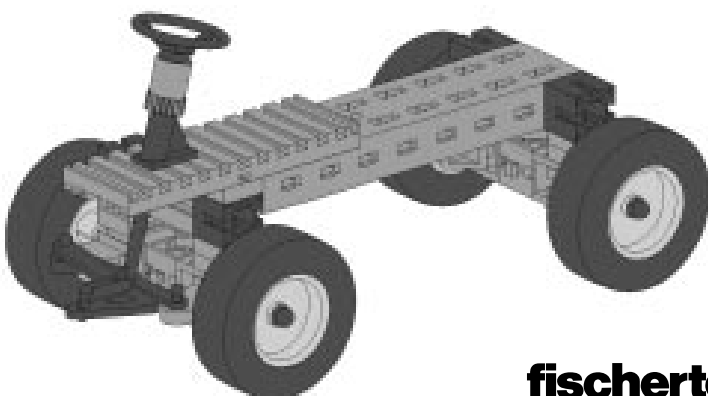
Welche Vorteile hat die Achsschenkel-Lenkung gegenüber der Drehschemel-Lenkung?

Lösung:

Geringerer Platzbedarf, da sich die Räder nur um eine sehr kurze Achse drehen.
Höhere Standfestigkeit in Kurven, da sich die Position der Räder kaum verändert.
Geringerer Reifenverschleiß, da die Räder sich durch den unterschiedlichen Einschlag des äußeren und inneren Rades genau auf dem richtigen Kreisbogen bewegen.

Modell: Fahrzeug mit Allradlenkung

(siehe Bauanleitung Seite 28)



Bei der Allradlenkung besitzt sowohl die Vorder- als auch die Hinterachse eine Achsschenkel-Lenkung. Beide Lenkungen werden gekoppelt und von einem Lenkrad aus gesteuert.

Aufgabe:

Welchen Vorteil hat die Allradlenkung und wo wird sie eingesetzt?

Lösung:

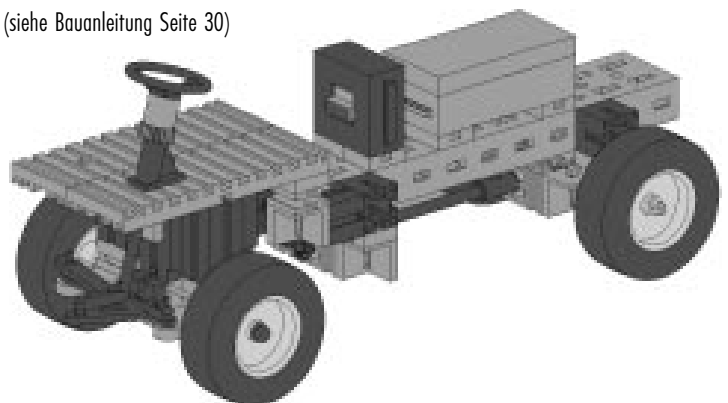
Die Allradlenkung ermöglicht einen kleineren Wendekreis. Sie wird überall dort eingesetzt, wo Fahrzeuge besonders wendig sein müssen, z. B. auf engen Baustellen zur Erdbewegung. Bei besonders langen Fahrzeugen, z. B. Sattelschleppern, lenkt man ebenfalls zusätzlich die Hinterachse, da sie sonst schon bei normalen Kurven Probleme hätten.

5. Fahrzeugantriebe

Bei vielen Fahrzeugen befindet sich der Motor vorne, es werden aber die Hinterräder angetrieben. In diesem Kapitel geht es darum, wie die Antriebskraft vom Motor auf die Räder übertragen wird. Denn dies geschieht in der Realität meist etwas anders als in den bisher gebauten Cartech-Modellen.

Modell: Fahrzeug mit Antriebswelle und Kegelradantrieb

(siehe Bauanleitung Seite 30)



Dieses Modell besitzt einen typischen Lastwagenantrieb. Vorne, unter dem in unserem Modell nicht vorhandenen Führerhaus, befindet sich der Motor. Die Kraft wird über eine Antriebswelle zum Hinterrad übertragen. Zur rechtwinkligen Übertragung der Kraft verwenden wir die sog. Kegelräder, die so heißen, weil ihre Zähne kegelförmig abgeschrägt sind.

Aufgabe:

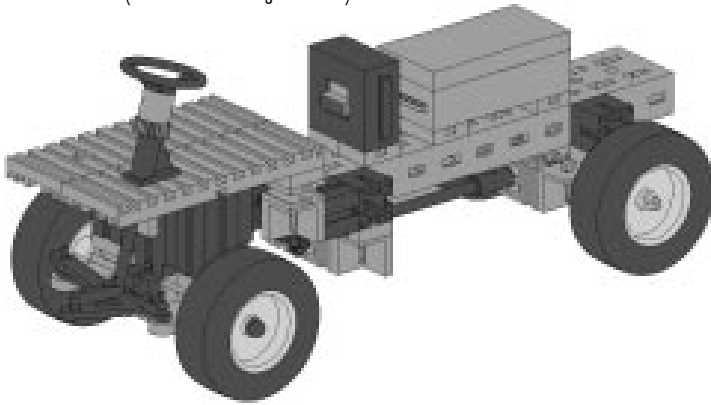
Bei diesem Modell wird wie auch schon bei den vorhergehenden Modellen mit Lenkung nur ein Hinterrad angetrieben. Warum eigentlich?

Lösung:

In Kurven legen auch die Hinterräder unterschiedliche Wege zurück und drehen sich unterschiedlich schnell. Würde man beide Räder starr verbinden und antreiben, würden sie sich zwangsläufig gleich schnell drehen und das Fahrzeug geradeaus schieben. Treibt man dagegen nur ein Rad an, läuft das andere Rad frei und kann sich beliebig schnell drehen.

Modell: Fahrzeug mit Differential

(siehe Bauanleitung Seite 32)



Natürlich ist das Antreiben von nur einem Rad der Hinterachse nicht ideal, da das Fahrzeug dann eine geringere Antriebsleistung hat. Eine geniale Erfindung, die den Antrieb beider Räder ermöglicht, ohne dass sie starr miteinander verbunden sind, ist das sog. Differentialgetriebe. Baue zuerst das Modell auf, dann schauen wir uns die Technik genauer an.

Versuch:

Lasse das Auto zuerst geradeaus und dann um eine Kurve fahren und beobachte, ob sich immer alle beiden Räder drehen und ob das Modell eine saubere Kurve fährt ohne geradeaus zu schieben.

Beobachtung:

Vorausgesetzt, das Modell ist korrekt gebaut, drehen sich sowohl im Geradeauslauf als auch bei Kurvenfahrt beide Räder der Hinterachse. Das Modell fährt eine exakte Kurve.

Ergebnis:

Ohne zunächst zu wissen, wie das Getriebe genau funktioniert, erkennen wir, dass es offensichtlich dafür geeignet ist, beide Hinterräder gleichzeitig anzutreiben.

Versuch 1:

Drehe jedes Rad einzeln. Was passiert mit dem jeweils anderen Rad?

Beobachtung:

Es dreht sich in die andere Richtung.

Versuch 2:

Schalte den Motor ein. Beide Räder müssten sich gleich schnell drehen. Was passiert wenn du ein Rad festhältst?

Beobachtung:

Das andere Rad läuft schneller.

Aufgabe:

Kannst du dir mit der Beobachtung aus Versuch 2 erklären, warum man mit einem Auto im Winter nicht vorwärts kommt, wenn auch nur eines der Antriebsräder auf Glatteis durchdreht?

Lösung:

Das durchdrehende Rad dreht sich schnell, das Rad auf festem Untergrund bleibt stehen (es wird „festgehalten“).

Funktionsweise des Differentials:

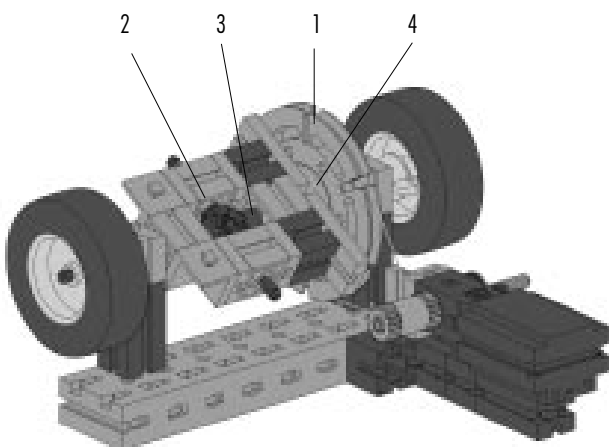
Das Differential wird über die Riemenscheibe (1) angetrieben (siehe Abbildung oben). Die Kraftübertragung zu den beiden Rädern erfolgt über die Ausgleichskegelräder (2). Diese sind in der Lage, den Drehzahlunterschied zwischen dem kurveninneren und kurvenäußeren Rad auszugleichen, indem sie sich um ihre eigene Achse drehen und gleichzeitig auf den Achswellenrädern (3) abwälzen.

Wenn das Auto geradeaus fährt, drehen sich die Ausgleichsräder nicht. Sie wirken dann wie eine feste Verbindung zwischen den beiden Abtriebsachsen, auf denen die Räder befestigt sind. In einer Kurve wird das innere Rad leicht abgebremst, die Ausgleichsräder beginnen sich zu drehen und machen das äußere Rad schneller. Das äußere Rad ist immer um genau so viel schneller, wie das innere Rad langsamer ist.

Zu kompliziert? Kein Problem, die Hauptsache ist, du hast einmal gesehen, wie ein Differential funktioniert und du kennst jetzt eine elegante Möglichkeit, mit der man bei einem Fahrzeug beide Räder der Hinterachse antreiben kann.

Modell: Funktionsmodell Differentialgetriebe

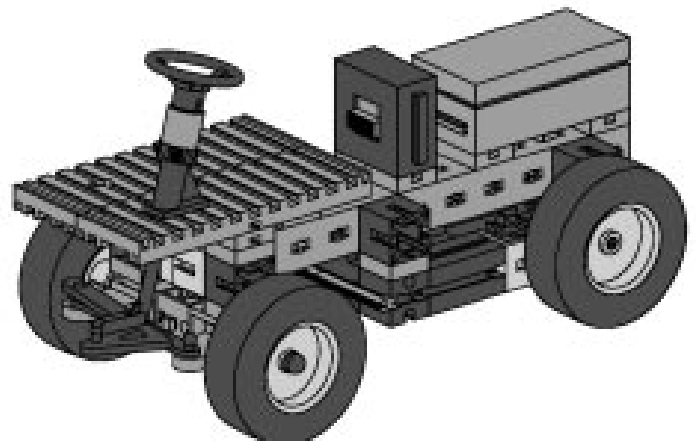
(siehe Bauanleitung Seite 34)



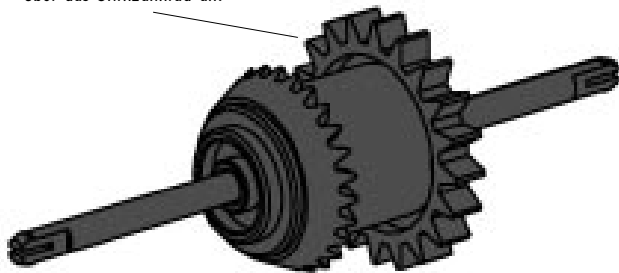
Um besser sehen zu können, wie ein Differentialgetriebe innen aufgebaut ist, baust du es als großes Funktionsmodell aus fischertechnik Bauteilen nach. Wichtig ist dabei, dass du die Nabenmutter (4) an der Drehscheibe (1) nicht fest anziehst, so dass sie sich noch frei auf der Achse drehen kann.

Modell: Heckmotor und Differentialgetriebe

(siehe Bauanleitung Seite 36)



In den bisherigen Modellen wurde das Differential von einem Kegelzahnrad bzw. von einem Riemen angetrieben. Nun aber treiben wir das Differential über das Stirnzahnrad an.



Dadurch können wir den Motor direkt neben dem Differential positionieren, wie das bei einem Fahrzeug mit Heckmotor der Fall ist.

Aufgabe:

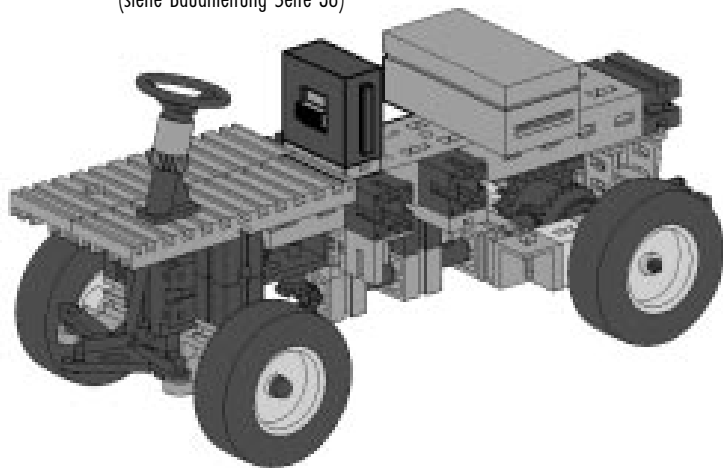
Welches war das berühmteste mit Heckmotor ausgestattete Fahrzeug?

Lösung:

Der VW Käfer. Der Motor sowie die Antriebsachse befanden sich hinten. Das Gewicht des Motors direkt auf der Achse bewirkte, dass der Käfer im Winter sehr gut durch den Schnee kam.

Modell: Pendelachse und Differentialgetriebe

(siehe Bauanleitung Seite 38)



Bei einer Pendelachse ist die Achse nicht starr mit dem Fahrzeug verbunden, sondern kann sich um die Antriebswelle drehen.

Aufgabe:

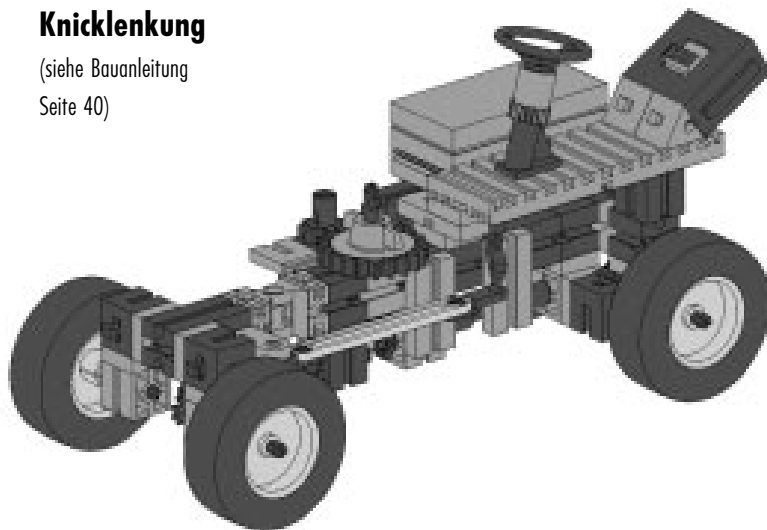
Wo liegt der Vorteil einer Pendelachse gegenüber einer starren Achse?
Bei welchen Fahrzeugen wird sie eingesetzt?

Lösung:

Bei einer Pendelachse bleiben auch in unebenem Gelände beide Räder auf dem Boden und sorgen für den notwendigen Antrieb. Eingesetzt wird sie z. B. bei Baustellenfahrzeugen, Unimogs und Geländewagen.

Modell: Allradantrieb und Knicklenkung

(siehe Bauanleitung Seite 40)



Bei manchen Fahrzeugen werden beide Achsen und somit alle 4 Räder angetrieben. In unserem letzten Modell treiben wir zwar beide Achsen an, schummeln aber etwas und treiben pro Achse nur ein Rad an, damit das Fahrzeug auch ohne Differential um die Kurven fahren kann. Als Lenkung kommt dieses Mal eine sogenannte Knicklenkung zum Einsatz.

Aufgabe:

Welche Fahrzeuge mit Allradantrieb kennst du?

Was bringt ein Allradantrieb?

Bei welchen Fahrzeugen findet man Knicklenkungen?

Lösung:

Allradantrieb findet man bei geländegängigen Fahrzeugen, aber auch bei PKWs. Der Vorteil liegt vor allem darin, dass man bei rutschigem Untergrund (z. B. Glatteis) wesentlich besser vorwärts kommt.

Knicklenker werden vor allem auf Baustellen eingesetzt, z. B. bei Schaufelladern oder Muldenkippern. Durch ihren engen Wendekreis sind sie sehr wendig.

Soviel zum Thema Fahrzeugtechnik. Jetzt beurteilst du mit Sicherheit manches Detail an Fahrzeugen mit anderen Augen als vorher und kannst locker mitreden wenn „gefachsimpelt“ wird über Autos und die Technik die dort drin steckt.

Alle werden staunen wie genau du dich auskennst!

1. Cartech: Total Automotive Technology!

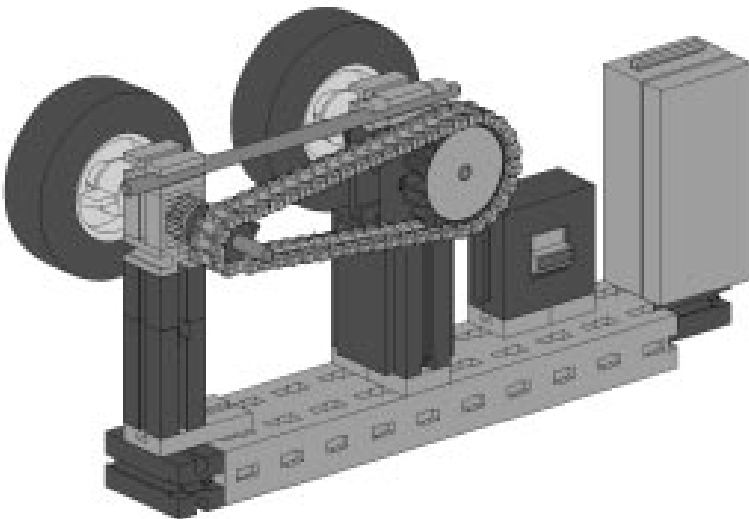
Jump up onto your bike, start pedaling and off you go. In the car, start the engine, shift to first and the trip begins. It's just the ways things are, isn't it? But what's behind all this? What happens between the foot pedals and the wheels, and how does the technology function when you drive in low gear slowly but relatively easily up a mountain or in a high gear racing down like mad? How do different steering and drive systems function? The Cartech assembly kit answers all these questions. And the best thing is, you can try out directly how it all functions using the models you assembly with the help of the instructions. Then you can read in the accompanying booklet what's behind all this. Okay then, time to get going!

2. Power Transmission via a Chain

Transmission of power from one axle to another can be done excellently using a chain. On a bicycle, for example, the power from the pedals (drive axle) can be transmitted to the back wheel (output axle). We can see during bicycle riding that the combination of different-sized chain sprockets (chain gears) results in the fact that you must pedal more quickly in 1st gear but only move forward slowly, while you only need to pedal slowly in the 21st gear to go quickly, but you need a lot more power.

Model: Chain Drive

(see the assembly instructions on page 6)



In our first model, the drive axle is not powered by pedals, but instead by an engine. We are going to build in different toothed gears and observe what happens:

Experiment 1:

Drive axle on engine (1) with toothed gear Z20 (= 20 teeth), output axle (2) with toothed gear Z10 (= 10 teeth), exactly as shown in the assembly instructions. Which of the wheels rotates more quickly?

Observation:

The wheel on the output axle rotates more quickly than the wheel on the drive axle.

If you detach the gears from the engine and rotate the drive axle by hand, you can observe that the output axle rotates exactly twice as fast as the drive axle.

Experiment 2:

Exchange the toothed gears on the two axles: drive axle with toothed gear Z10 and output axle with toothed gear Z20. Which wheel rotates faster now?

Observation:

The wheel on the output axle rotates more slowly than the wheel on the drive axle.

If you detach the gears from the engine and rotate the drive axle by hand, you can observe that the output axle rotates exactly half as fast as the drive axle.

Experiment 3:

Both axles with toothed gear Z20 (= 20 teeth)

Observation:

Both wheels rotate at the same speed.

Experiment 4:

Both axles with toothed gear Z10 (= 10 teeth)

Observation:

Both wheels rotate at the same speed again.

Consequently, it does not matter how large the toothed gears are. As long as they have the same size (have the same number of teeth), they rotate the axles at the same speed.

And what does this mean for us? Very simple. We see that the speed of the wheels depends solely on the size ratio of the gears. To put it more precisely, it is a question of the relation of the number of teeth of the two gears.

The two gears have the same number of teeth in experiments 3 and 4. The relation between

$$\frac{\text{Number of teeth on the driven gear}}{\text{Number of teeth on the drive gear}} \text{ is } \frac{20}{20} \text{ (Exp. 1) or } \frac{10}{10} = \frac{1}{1} \text{ (Exp. 2)}$$

The number of teeth of the driven gear is always in the numerator of the fraction and that of the drive gear in the denominator. The transmission relation is 1 to 1. The wheels rotate at the same speed.

In experiment 1, the transm. relation is: $\frac{20}{10} = \frac{2}{1}$ (two to one).

In experiment 2, the transm. relation is: $\frac{10}{20} = \frac{1}{2}$ (one to two).

If the transmission relation is greater than 1, it is a transmission into slower rotation, also called speed reduction. If it is smaller than 1, transmission is to faster rotation.

The transmission ratio is often written using a colon instead of a fraction:

Transmission ratio in:

Experiment 1 = 20:10 = 2:1 Experiment 3 = 20:20 = 1:1

Experiment 2 = 10:20 = 1:2 Experiment 4 = 10:10 = 1:1

If the number before the colon (toothed gear number of the driven gear) is greater than the number after the colon (toothed gear number of the drive gear), it is a transmission into slower rotation, called "speed reduction". If the number after the colon is greater than the number before, transmission is to faster rotation.

The way you write this down is up to you. We will use both ways in the experiments below.

Using this knowledge, you can build cars that move either fast or slowly. Take a look at the assembly instructions. You can find three vehicles there (a tractor, a racing car and an off-road vehicle), which use a chain as a drive.

Models: Tractor, Racing Car and Off-Road Vehicle Drives (see the assembly instructions on page 8)

The three models only differ in their combination and arrangement of toothed gears.

Task:

Write down the number of toothed gears of the drive and driven toothed gears for each model in the table and calculate the transmission.

Model	Drive gear	Driven gear	Transmission
Tractor			
Racing car			
Off-road vehicle (4-wheel drive)			

Solution:

Modell	Drive gear	Driven gear	Transmission
Tractor	Z10	Z20	2:1
Racing car	Z20	Z10	1:2
Off-road vehicle (4-wheel drive)	Z20 and Z10	Z20 and Z10	1:1

Assembly the models one after another and make the following experiments with each model:

Experiment 1:

How fast is the model?

Set a distance, e.g., one meter long, and measure the time that the model requires for it using a stopwatch.

Experiment 2:

What incline can it ride up?

You can use a board for the incline, for example, which you lean on a pile of books or a chair.

What can you observe?

Observations:

The tractor is the slowest model, but is able to go up the highest incline. The racing car goes the fastest, but is only able to go up a slight incline. The off-road vehicle is between the other two.

Results:

You can see that the faster the car, the less power the wheels have. This power is called "torque" in engineering. The torque is in an inverse relation to the transmission, i.e., if the rotational speed is doubled between the drive and driven gears, the torque is halved (racing car). If the rotational speed is halved, the torque doubles.

Now you can imagine why although your bicycle is slower in 1st gear, you can ride up almost every mountain (slow speed, high torque).

3. Gear Shifting

You can change the rotational speed and torque not only with a chain, but also with gears in which the teeth grip one another directly. Of course, this saves space. Contrary to chain drive, the driven gear rotates in the opposite direction of the drive gear.

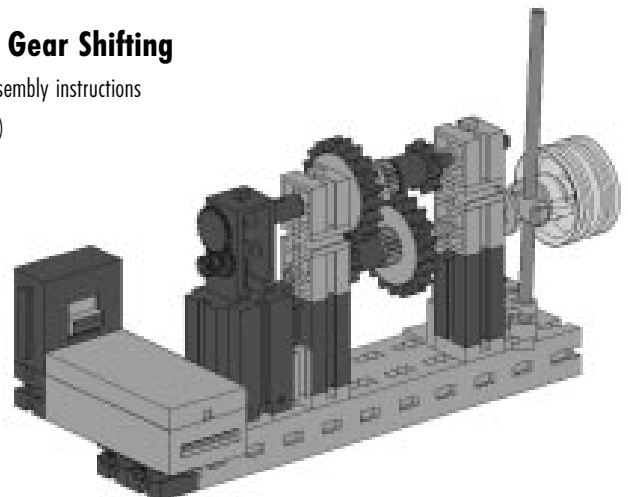
Why do we use gears? We could also regulate speed simply by using the gas pedal.

Most engines have too high a rotational speed and too little power without gears, so that the wheels cannot be driven directly. That is why we reduce the rotational speed with a gear and increase the available power at the same time. Additionally, many engines do not provide the same power in each rotational speed range. By shifting gears, an engine can always run in a favorable rotational speed range, regardless of how fast you want to go.

Similar to in a car, we are now going to assemble a gearbox with which we can switch gears using a shift stick. So that it does not get too complicated, we will assemble a gearbox with only two gears.

Model: Gear Shifting

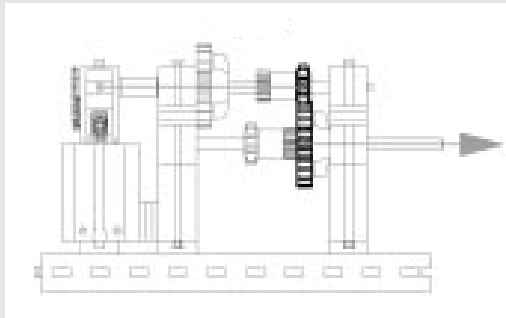
(see the assembly instructions on page 14)



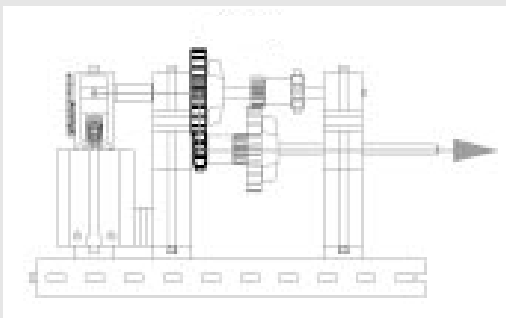
To see how shift gears work, you can build in stationary gear shifting in this demonstration model. You can do this quickly, and it demonstrates how it functions clearly. It is important to ensure that a narrow idling area is located between the first and second gear. Then the tooth can catch better when the gears are shifted.

Task:

Calculate the transmission relations in first and second gear.

Solution:

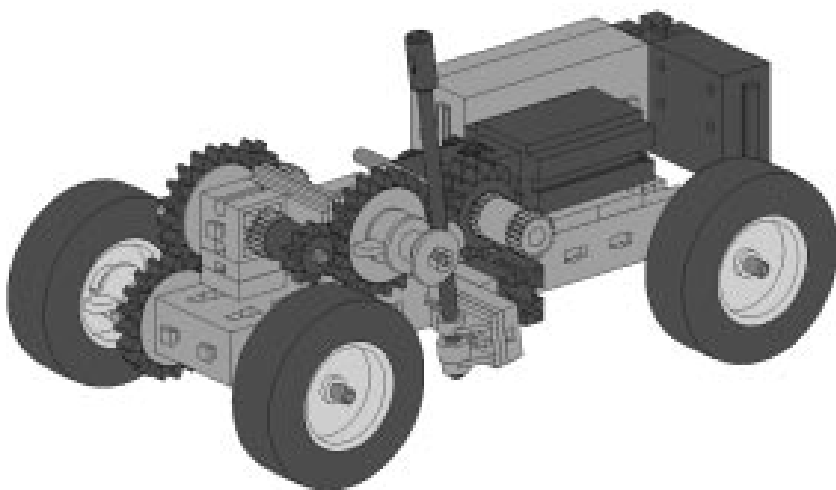
1st gear: (slow): $20:10 = 2:1$,
i.e., the rim rotates at half the engine revolution



2nd gear: (fast): $10:20 = 1:2$,
i.e., the rim rotates at double the engine revolution

Model: Vehicle with Gear Shifting

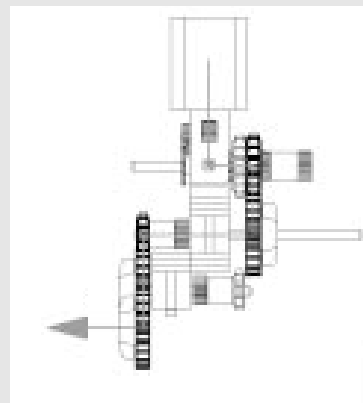
(see the assembly instructions on page 16)



Now you can assembly this vehicle with gear shifting. In the design of every vehicle, you must ensure that the gears take as little space as possible. The vehicle has two gears.

Task:

How big are the transmission relations in first and second gear?

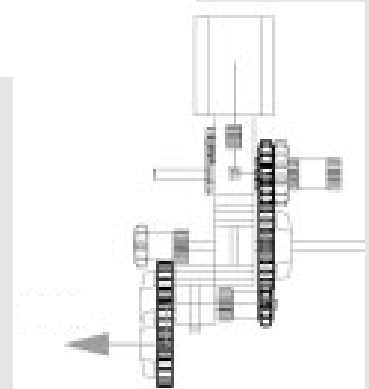
Solution:

In the first (slow) gear, the transmission relation is

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} = 2$$

In the second (fast) gear, the transmission relation is

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$



Consequently, the vehicle goes four times faster in the second gear than in the first.

If we base our calculations on the output shaft of the engine gearbox, another transmission level is added, specifically that from the two gears next to each other with 15 teeth to the gear with 20 teeth.

This level has a transmission of $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$

The total transmission is calculated by multiplying the two transmission levels.

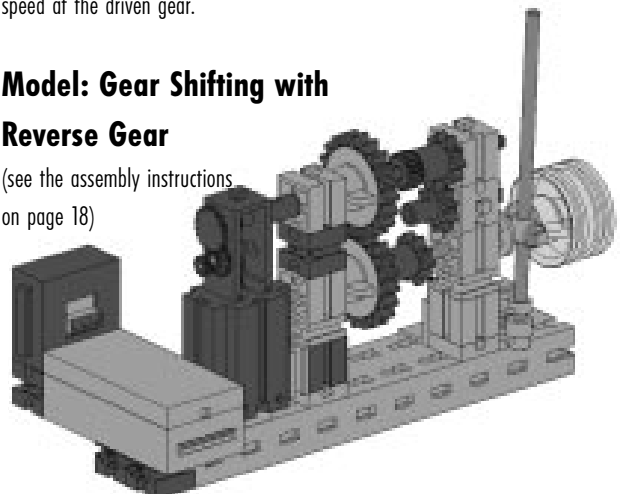
First gear: $\frac{2}{1} * \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$ or 2.66:1 Second gear: $\frac{1}{2} * \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$ or 0,66:1

Consequently, the wheels rotate somewhat more slowly than in the stationary gears (2:1 in first gear; 1:2 or 0.5:1 in second gear).

The following applies: the larger the transmission relation, the smaller the speed at the driven gear.

Model: Gear Shifting with Reverse Gear

(see the assembly instructions on page 18)



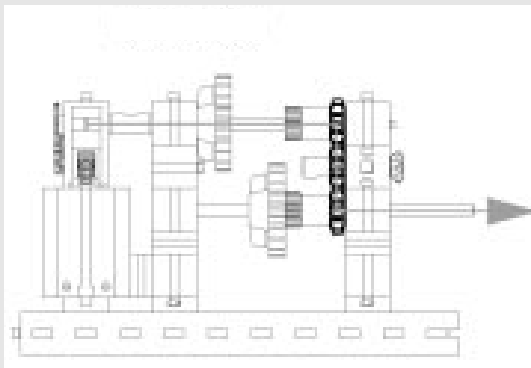
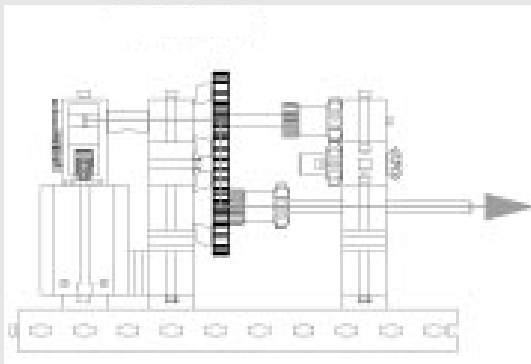
In the fischertechnik electric engine, you can reverse the rotational direction easily by reversing the poles of the power supply. This is not possible with a combustion engine; it always runs in the same direction. The rotational direction is reversed there via a gearbox with a reverse gear. This model demonstrates how this functions using the example of a simple, stationary gearbox.

Task:

1. How can you achieve the different rotational directions in a gearbox with forward and reverse gears?
2. Calculate the transmission relation in the forward and reverse gears.

Solution:

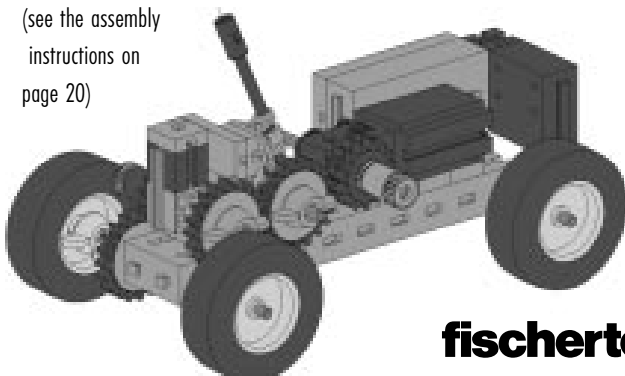
We already saw in our first experiment with gear shifting that the driven gear rotates in the opposite direction to the drive gear. We reverse the rotational direction once again for the reverse gear and require a third gear to do this. Consequently, gear shifting with forward and reverse gears involves two gears working together one time and three gears working together another time.



The transmission relation is the same in the forward and reverse gears, i.e., $10:10 = 20:20 = 1$

Model: Vehicle with Reverse Gear

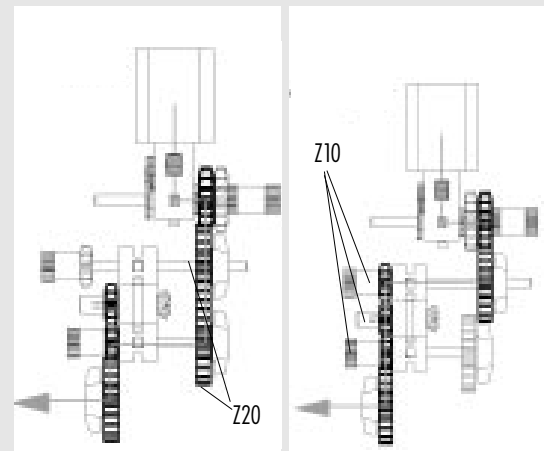
(see the assembly instructions on page 20)



A gearbox with reverse gear is built into the vehicle in this model.

Task:

What are the transmission relations in the forward and reverse gears?



Solution:

The transmission relation is 1:1 each time between the gears, which are responsible for the change of direction (2 toothed gears Z20 in the forward gear and 3 toothed gears Z10 in the reverse gear). This means that we do not need to consider them in the calculation. Consequently, we restrict our calculation to the transmission between the geared engine shaft (toothed gear Z15) and the first toothed gear Z20 as well as to the last two toothed gears Z10 and Z20 on the rear axle of the vehicle.

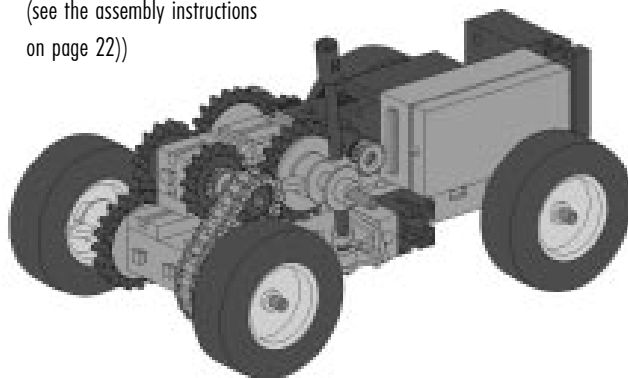
We again calculate the total transmission by multiplying the individual transmissions:

$$\frac{20}{15} * \frac{20}{10} = \frac{4}{3} * \frac{2}{1} = \frac{8}{3}$$

The transmission relation is the same in the forward and reverse gears.

Model: Vehicle with Reverse Gear and Chain Drive

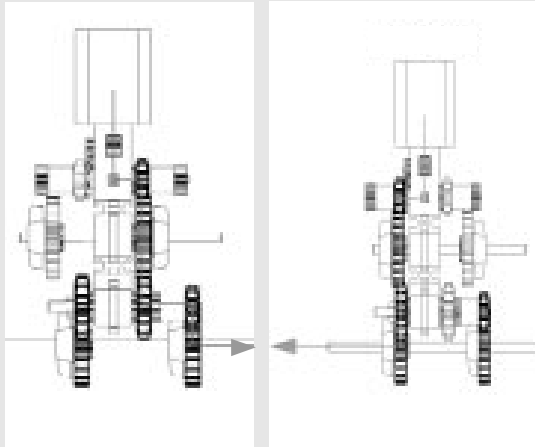
(see the assembly instructions on page 22))



Because a real vehicle goes faster in forward gear than in reverse gear, this model has different transmissions in both gears.

Task:

What are the transmission relations in the forward and reverse gears calculated from the output shaft of the engine?

Solution:

Forward gear (faster):

$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{15} = \frac{6000}{3000} = \frac{2}{1}$$

Reverse gear (slower):

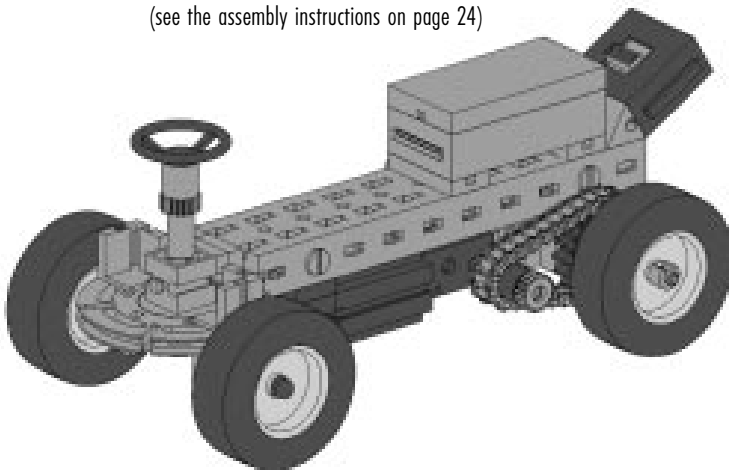
$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{10} = \frac{6000}{2000} = \frac{3}{1}$$

4. Vehicle Steering

Something has been missing in the models up to now, which is absolutely necessary for a vehicle: the steering. Is there any vehicle that just goes straight? Even before cars existed, carriages and wagons were already equipped with steering. This steering was of a very simple design as in the following model.

Model: Pivot-Support Steering

(see the assembly instructions on page 24)



In pivot-support steering, the complete front axle is mounted on a board or a round plate and attached to the vehicle so that it can be turned. Consequently, the complete front axle can be moved around the pivotal center, and the vehicle can be steered in this way. Because both wheels travel different distances in curves, the wheels must be mounted so that they can rotate freely on the axle. This allows them to rotate at different speeds.

Task 1:

Which wheel moves the greater distance in a curve: the outside wheel or the inside one?

Which wheel rotates faster?

Try it out on the model!

Solution:

The outer wheel travels the greater distance, because it moves over a greater circle. Because it travels the greater distance, it also rotates more quickly.

Task 2:

Which disadvantages did you notice in trying out the pivot-support steering on the model?

Solution:

The wheels need a lot of space when they incline during turning. The vehicle can tip easily in sharp curves, especially when it is going fast.

Task 3:

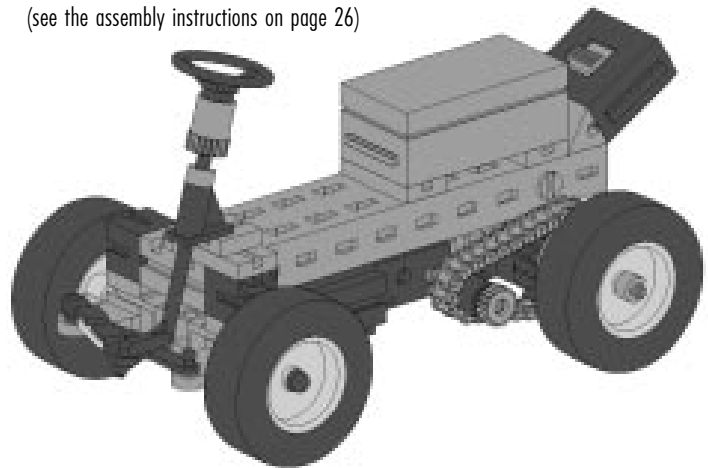
Which vehicles use pivot-support steering today?

Solution:

Trailers and handcarts, for example.

Model: Steering Knuckle

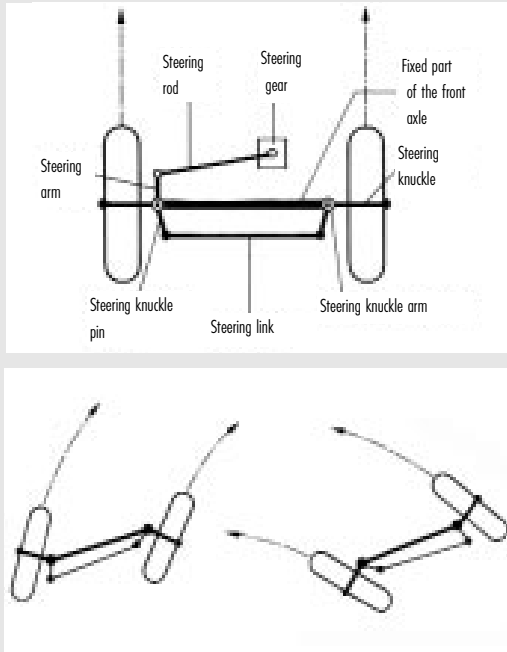
(see the assembly instructions on page 26)



As engines became increasingly powerful and consequently cars faster, automotive engineers had to come up with improved steering too. The result was a steering knuckle, as it is found in our model.

In this type of steering, each wheel is mounted on a very short axle, called a steering knuckle. This steering knuckle is mounted on a steering knuckle pin in such a way that it can be turned.

The steering link connects the two steering knuckles to the steering knuckle arm. This ingenious design of the link and arm is called a steering trapezoid. It ensures that the inner wheel inclines more in a curve than the outer wheel. You can observe this in the fischertechnik model too. The steering knuckles are turned to the left or the right using the steering rod.



Task:

Which advantages does steering with a steering knuckle have compared to pivot-support steering?

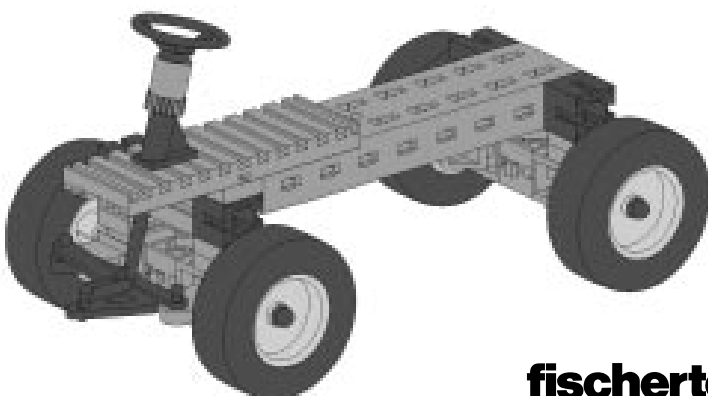
Solution:

It requires less space, because the wheels rotate on a very short axle. High degree of stability in curves, because the position of the wheels hardly changes at all.

Less wear on the tires, because the wheels rotate precisely in the correct arc due to the different inclines of the outer and inner wheels.

Model: Vehicle with Four-Wheel Drive

(see the assembly instructions on page 28)



Both the front and back axles have steering knuckles in four-wheel drive vehicles. Both steering systems are connected and controlled using a steering wheel.

Task:

What advantages does four-wheel drive have, and where is it used?

Solution:

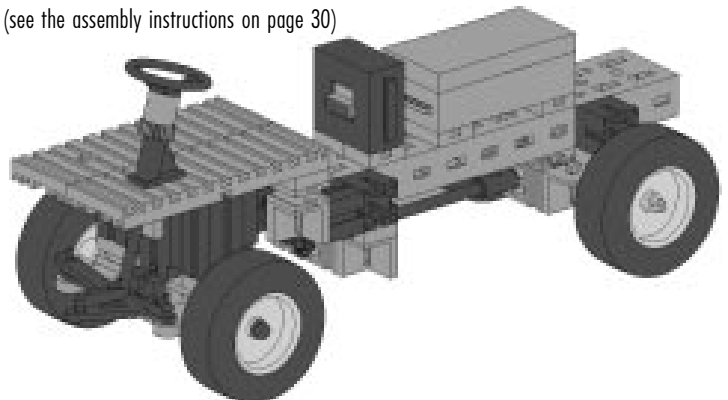
Four-wheel drive steering makes it possible to turn within a small radius. It is used when vehicles have to be especially maneuverable, e.g., in cramped construction sites for earthmoving. In especially long vehicles such as trailer trucks, the rear axle is also steered, because otherwise there would be problems in normal curves.

5. Vehicle Drive

The engine is in the front in many vehicles, but it drives the rear wheels. This section explains how the drive power from an engine is transmitted to the wheels. This usually happens differently in reality from how it was done in the Cartech models assembled until now.

Model: Vehicle with Drive Shaft and Bevel Gear Drive

(see the assembly instructions on page 30)



This model contains a typical truck drive. The engine is in the front under the driver's cab (not present) in our model. The power is transmitted via a drive shaft to the rear wheel. We use a bevel gear to transmit the power at a right angle. They are called this because their teeth are shaped like cones..

Task:

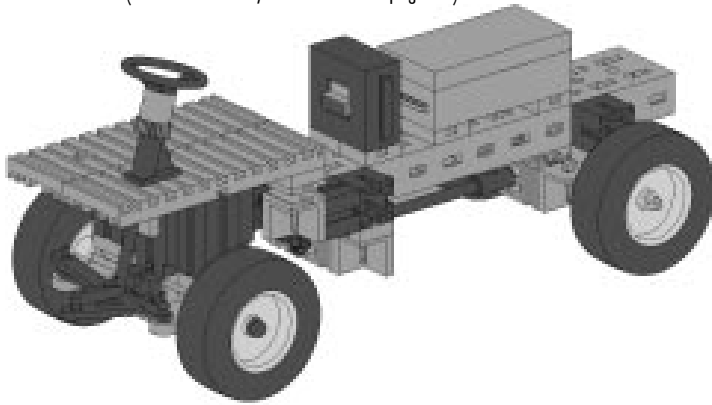
In this model as in the previous ones with steering, only one rear wheel is driven. Why?

Solution:

The rear wheels travel different distances in curves and rotate at different speeds. If both wheels were connected rigidly to each other and driven, they would both rotate at the same speed and push the vehicle straight forward. On the other hand, if only one wheel is driven, the other wheel can run freely and rotate at any speed.

Model: Vehicle with Differential

(see the assembly instructions on page 32)



Of course, only driving one wheel of the rear axle is not ideal, because then the vehicle has less drive power. An ingenious invention, which allows drive of both wheels without them having to be connected rigidly to one another, is represented by differential gears. First assemble the model, and then we will take a closer look at the technology.

Experiment:

First have the car go straight, then around a curve and observe whether all wheels always rotate and whether the model takes the curve cleanly without pushing forward.

Observation:

If the model has been assembled correctly, both wheels on the rear axle rotate when the car goes straight and when it goes around a curve too. The model takes curves cleanly.

Result:

Without knowing how the gearbox functions exactly, we can see that it is obviously able to drive both rear wheels simultaneously.

Experiment 1:

Rotate each wheel individually. What happens to the other wheel?

Observation:

It turns in the opposite direction.

Experiment 2:

Switch on the engine. Both wheels must rotate at the same speed. What happens if you hold one wheel?

Observation:

The other wheel rotates faster.

Task:

Can you explain from the observation in Experiment 2 why you cannot go forward with a car in winter if only one of the driven wheels spins on ice?

Solution:

The rotating wheel revolves quickly, and the wheel on solid ground remains stationary (it is "held").

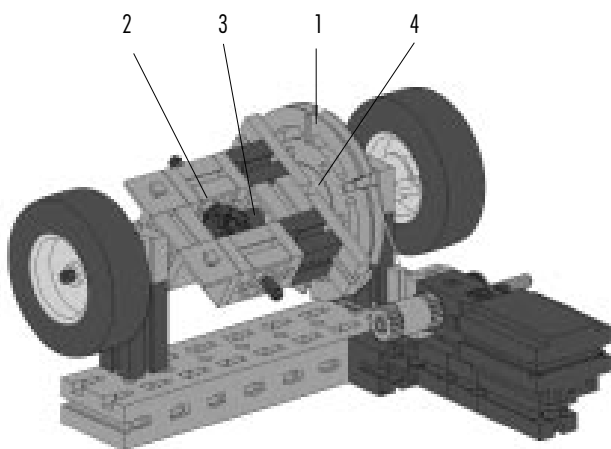
Mode of Operation of Differential Gears:

The differential is driven via a belt pulley (1) (see the diagram above). The power is transmitted to the two wheels via the differential bevel gears (2). They are capable of compensating for the rotational differences between the wheel on the inner and outer positions of a curve by rotating around their own axle and hobbing on the axle shaft wheels (3) at the same time. When the car drives straight forward, the differential wheels do not rotate. Then they act like a fixed connection between the two driven axles on which the wheels are mounted. The inner wheel is slightly braked in a curve, and the differential wheels start to rotate and make the outer wheel faster. The outer wheel is always faster at the exactly the same rate as the inner wheel is slower.

Too complicated? No problem. The main thing is that you have seen how differential gears function and now know an elegant way of driving both wheels on the rear axle of a vehicle.

Model: Functional Model of Differential Gears

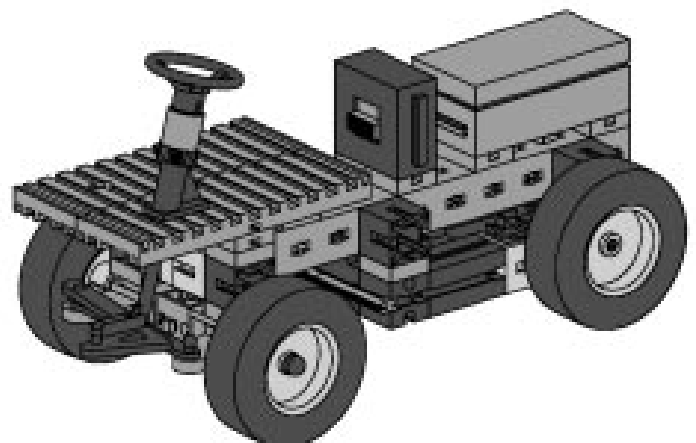
(see the assembly instructions on page 34)



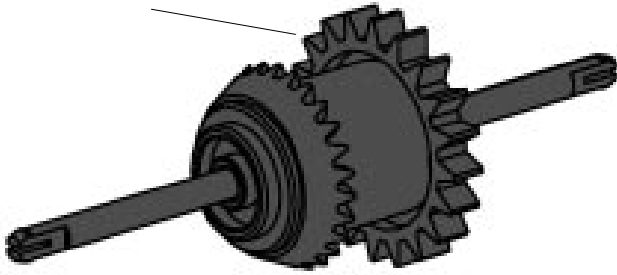
To make it easier for you to see how differential gears are constructed on the inside, assemble it as a large function model from fischertechnik construction components. It is important that you do not tighten the hub nut (4) on the hub (1), so that it can rotate freely on the axle.

Model: Rear Engine and Differential Gears

(see the assembly instructions on page 36)



The differential was driven by a bevel gear or a belt in the previous models. Now we are going to drive the differential via a cylindrical gear pair.



This makes it possible to position the engine directly next to the differential, which is the case in a vehicle with an engine in the rear.

Task:

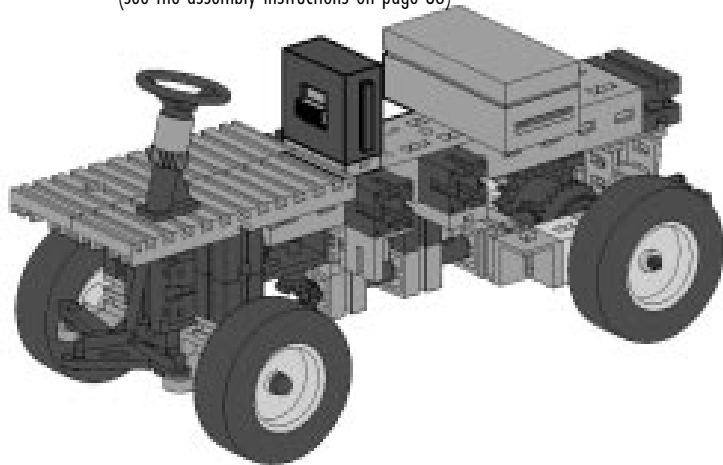
What was the most famous vehicle equipped with a rear engine?

Solution:

The VW Beetle. The engine and the drive axle were in the rear. The weight of the engine on the axle helped the Beetle to make good progress through snow in winter.

Model: Pendulum Axle and Differential Gears

(see the assembly instructions on page 38)



The axle is not connected rigidly with the vehicle with a pendulum axle, but instead it can rotate around the drive shaft.

Task:

What is the advantage of a pendulum axle compared to a rigid axle? Which vehicles is it used in?

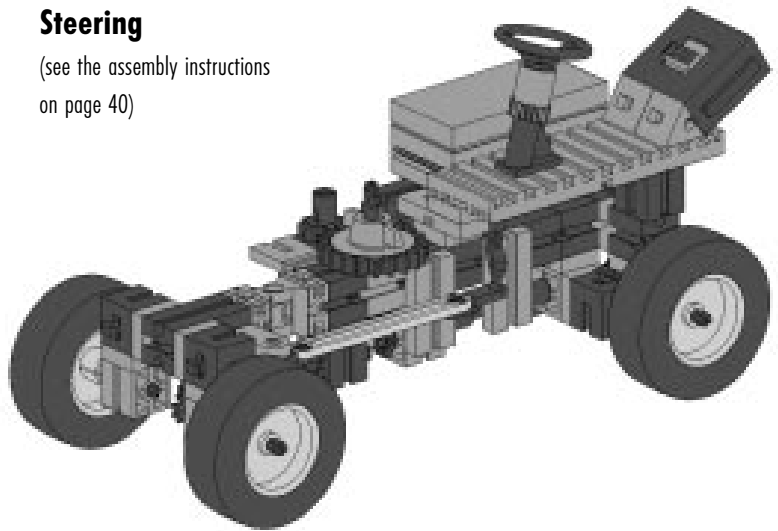
Solution:

Both wheels stay on the ground with a pendulum axle when the ground is uneven and provide the necessary drive. It is used for earthmovers, unimogs and off-road vehicles.

Model: Four-Wheel Drive and Artic-Frame

Steering

(see the assembly instructions on page 40)



Both axles and all four wheels are driven in some vehicles. In our last model, we drive both axles but cheat a little and drive only one axle per wheel, so that the vehicle can turn corners even without differential. Artic-frame steering is used in this model.

Task:

Which vehicles do you know with four-wheel drive?

What are the advantages of four-wheel drive?

Which vehicles use artic-frame steering?

Solution:

Four-wheel drive is found in all common off-road vehicles, but also in normal passenger cars. The advantage is that you can make much better progress on slippery surfaces (e.g., icy roads). Artic-frame steering is used especially at construction sites, e.g., for front-end loaders or dumpers. They can be maneuvered easily around their own turning radius.

That's all about vehicle technology. Now, you most certainly see details on vehicles differently than before and can easily hold your own in a conversation about simple technical details of vehicles.

People will be surprised about how much you know!

1. Cartech : Technique automobile pure !

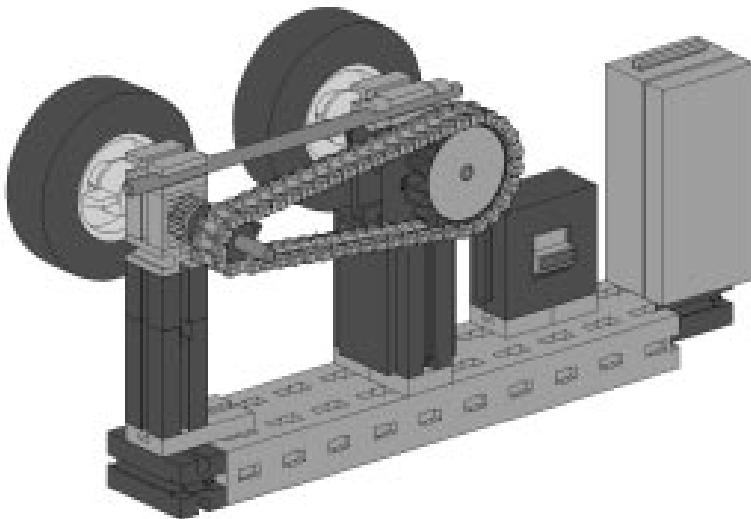
Sauter sur son vélo, appuyer énergiquement sur les pédales, et c'est parti, mon kiki. Monter dans son auto, un coup de démarreur, passer la première, et on est déjà en route. C'est tout à fait normal, n'est-ce pas ? Mais qu'est-ce qu'il y a derrière ça, qu'est-ce qu'il se passe entre les pédales et les roues, comment fonctionne la technique qui nous permet en petite vitesse de rouler lentement, mais de pouvoir assez facilement grimper une montée, ou bien en grande vitesse de pouvoir dévaler la montagne à une allure folle ? Comment fonctionnent les directions et les différents systèmes d'entraînement ? C'est à toutes ces questions que répond le coffret Cartech. Et ce qu'il a de bien, ce coffret, c'est que les modèles proposés dans les notices permettent de tester directement comment tout cela fonctionne, et de lire ensuite dans ce manuel d'accompagnement ce qui se cache derrière tout cela. Alors, n'attendez plus, en avant !

2. Transmission d'une force au moyen d'une chaîne

Une chaîne est un moyen idéal pour transmettre une force d'un essieu à un autre. Sur le vélo par exemple, on transmet la force exercée sur les pédales (essieu moteur) à la roue arrière (essieu mené) au moyen d'une chaîne. En roulant en vélo, on peut observer que la combinaison de différents pignons et pédaliers (dérailleur) a pour effet qu'en 1^{ère} vitesse il faut pédaler vite, mais qu'on avance lentement, et par contre qu'en 2^{1e} vitesse il suffit de pédaler très lentement pour rouler vite, mais que ça exige beaucoup plus de force.

Modèle : Transmission par chaîne

(voir Notice de montage page 6)



Dans notre premier modèle, l'essieu moteur n'est pas entraîné par des pédales, mais par un moteur. Nous y installons différents pignons et observons ce qui se passe :

Expérience 1 :

Essieu moteur (1) au moteur avec pignon Z20 (= 20 dents), essieu mené (2) avec pignon Z10 (= 10 dents), exactement comme dans la notice. Laquelle des roues tourne plus rapidement ?

Observation :

La roue de l'essieu mené tourne plus rapidement que la roue de l'essieu moteur.

Si tu décroches l'engrenage se trouvant au moteur et fais tourner la roue motrice à la main, tu pourras observer que la roue menée tourne exactement deux fois plus vite que la roue motrice.

Expérience 2 :

Remplace les pignons sur les deux essieux : essieu moteur avec un pignon Z10, essieu mené avec un pignon Z20. Laquelle des roues tourne à présent plus rapidement ?

Observation :

La roue de l'essieu mené tourne plus lentement que la roue de l'essieu moteur.

Si tu décroches l'engrenage se trouvant au moteur et fais tourner la roue motrice à la main, tu pourras observer que la roue menée tourne exactement deux fois plus lentement que la roue motrice.

Expérience 3 :

Les deux essieux avec un pignon Z20 (= 20 dents)

Observation :

Les deux roues tournent à la même vitesse.

Expérience 4 :

Les deux essieux avec un pignon Z10 (= 10 dents)

Observation :

Les deux roues tournent de nouveau à la même vitesse.

La taille des deux pignons n'a donc pas d'importance tant qu'ils sont identiques (en ayant le même nombre de dents) : les deux essieux tournent à la même vitesse.

À quoi cela nous avance-t-il ? Nous constatons tout simplement que le rapport des vitesses des roues dépend uniquement du rapport de la taille des pignons. Plus précisément, c'est le rapport des nombres de dents des deux pignons qui compte.

Dans les expériences 3 et 4, les deux pignons ont le même nombre de dents. Le rapport

$$\frac{\text{Nombre de dents Roue menée}}{\text{Nombre de dents Roue motrice}} \text{ est égal } \frac{20}{20} \text{ (Exp. 1) resp. } \frac{10}{10} = \frac{1}{1} \text{ (Exp. 2)}$$

Le nombre de dents de la roue menée se trouve toujours au numérateur, celui de la roue motrice toujours au dénominateur de la fraction. On dit aussi que le rapport des vitesses est 1 pour 1. Les roues tournent à la même vitesse.

Dans l'expérience 1, le rapport des vitesses est de :

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} \text{ (deux pour un).}$$

Dans l'expérience 2, le rapport des vitesses est de :

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} \text{ (un pour deux).}$$

Lorsque le rapport des vitesses est supérieur à 1, il s'agit d'un rapport de réduction, appelé aussi démultiplication. Lorsqu'il est inférieur à 1, c'est un rapport de multiplication.

Il est également courant d'écrire le rapport des vitesses avec deux points au lieu d'une fraction :

Rapport des vitesses dans

Expérience 1 = 20:10 = 2:1 Expérience 3 = 20:20 = 1:1

Expérience 2 = 10:20 = 1:2 Expérience 4 = 10:10 = 1:1

Si le nombre figurant devant les deux points (nombre de dents de la roue menée) est supérieur au nombre figurant derrière les deux points (nombre de dents de la roue motrice), il s'agit d'une transmission réductrice, appelée aussi « démultiplication », si le nombre figurant derrière les deux points est supérieur à celui figurant devant les deux points, il s'agit d'une transmission multiplicatrice.

Tu es libre d'utiliser la notation qui te convient. Dans les expériences qui suivent, nous utiliserons les deux notations.

Avec ces connaissances, tu peux à présent construire des autos qui se déplacent soit lentement, soit rapidement. Consulte les modèles proposés dans la notice de montage. tu y trouveras trois véhicules munis d'une chaîne servant d'organe de transmission pour un tracteur, une voiture de course, et une voiture tout-terrain.

Modèles : Transmission de tracteur, voiture de course et voiture tout-terrain (voir Notice de montage page 8)

Les trois modèles ne se différencient que par la combinaison et la disposition des pignons utilisés.

Problème :

Pour chaque modèle, porte le nombre de dents du pignon moteur et du pignon mené dans le tableau, et calcule le rapport des vitesses.

Modèle	Pignon moteur	Pignon mené	Rapport
Tracteur			
Voiture de course			
Voiture tout-terrain (4 roues)			

Solution :

Modèle	Pignon moteur	Pignon mené	Rapport
Tracteur	Z10	Z20	2:1
Voiture de course	Z20	Z10	1:2
Voiture tout-terrain (4 roues)	Z20 et Z10	Z20 et Z10	1:1

Construis les trois modèles l'un après l'autre, puis exécute avec chaque modèle les expériences suivantes :

Expérience 1 :

À quelle vitesse le modèle roule-t-il ?

Fixe un trajet d'un mètre par exemple, et mesure à l'aide d'un chronomètre le temps qu'il met pour parcourir ce trajet.

Expérience 2 :

Quelle pente réussit-il à gravir ?

En guise de côte, tu peux p. ex. utiliser une planche que tu appuieras sur une chaise ou une pile de livres.

Qu'est-ce que tu peux observer ?

Observations :

Le tracteur est le modèle le plus lent, mais il gravit la pente la plus forte. La voiture de course est la plus rapide, mais elle ne gravit qu'une faible pente. La voiture tout-terrain est entre les deux.

Résultats :

Comme tu le vois, plus une auto est rapide, moins ses roues ont de force. En technique, cette force s'appelle le « couple moteur ». Le couple moteur est inversement proportionnel au rapport des vitesses, c'est-à-dire que, si la vitesse est doublée entre le pignon moteur et le pignon mené, le couple moteur sera divisé par deux (voiture de course). Si la vitesse est divisée par deux, le couple moteur sera multiplié par deux.

Tu peux donc à présent comprendre pourquoi tu avances lentement en première sur ton vélo, mais peux gravir pratiquement n'importe quelle montage (faible vitesse, couple moteur élevé).

3. Boîtes de vitesses

Il n'y a pas que la chaîne qui permet de modifier une vitesse ou un couple moteur, il y a aussi la boîte de vitesses dans laquelle les pignons s'engrènent directement les uns dans les autres. Ça économise naturellement de la place. Contrairement à la transmission par chaîne, le pignon mené tourne dans le sens inverse du pignon moteur.

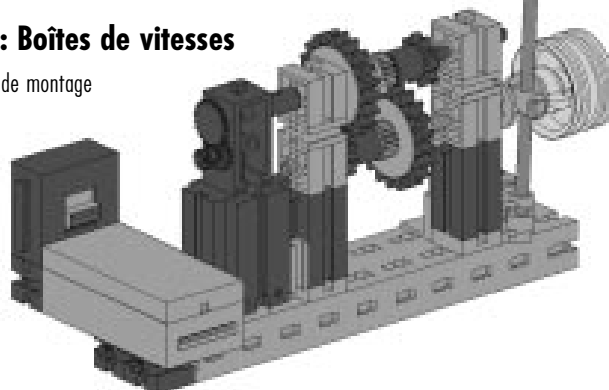
Pourquoi utilise-t-on en fait une boîte de vitesses, alors qu'on pourrait très bien aussi régler la vitesse au moyen de l'accélérateur ?

Sans boîte de vitesses, la plupart des moteurs ont une vitesse de rotation trop élevée et une force trop faible, si bien qu'on ne peut pas actionner directement les roues. C'est pourquoi on réduit la vitesse de rotation au moyen d'une boîte de vitesses et augmente simultanément la force dont on dispose. De plus, beaucoup de moteurs ne fournissent pas la même puissance dans chaque palier tachymétrique. Une boîte de vitesses permet de toujours faire tourner le moteur dans un palier tachymétrique avantageux quelle que soit la vitesse à laquelle on veut rouler.

Comme dans l'automobile, nous allons maintenant construire une boîte permettant de passer différentes vitesses à l'aide d'un levier. Pour que ce ne soit pas trop compliqué, nous construirons une boîte n'ayant que deux vitesses.

Modèle: Boîtes de vitesses

(voir Notice de montage page 14)

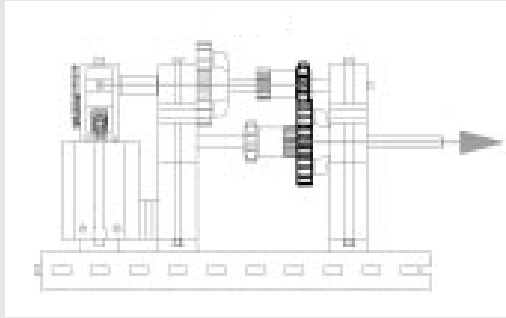


Pour voir comment une boîte de vitesses fonctionne, tu peux assembler ce modèle de démonstration d'une boîte de vitesses fixe. Ça va vite et illustre le fonctionnement de façon claire. Il est essentiel qu'il y ait une étroite plage de marche à vide entre la première et la deuxième vitesse. Ceci permet aux dents de mieux s'engrener les unes dans les autres lors du changement de vitesse.

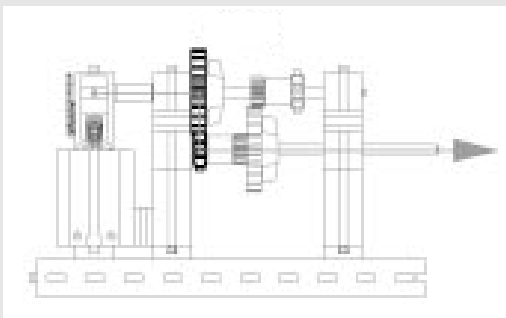
Problème :

Calcule le rapport des vitesses en première et en deuxième !

Solution :



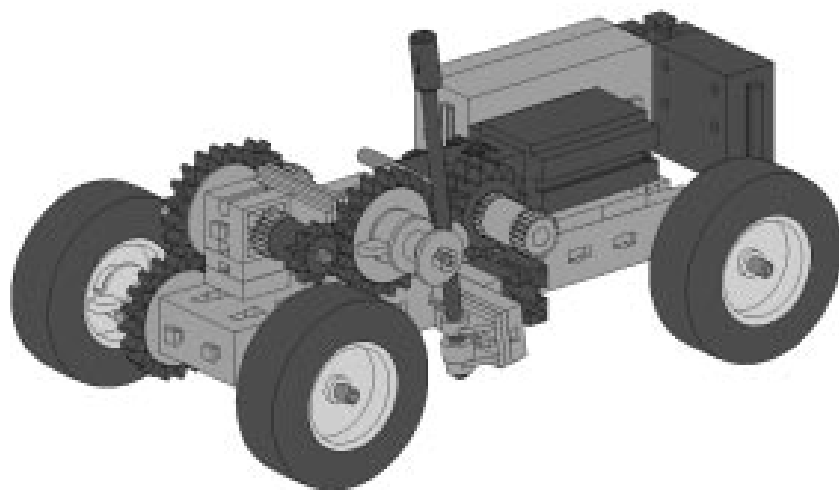
1ère vitesse (lente) : $20:10 = 2:1$,
c'est-à-dire que la jante tourne à une vitesse moitié de celle du moteur



2e vitesse (rapide) : $10:20 = 1:2$,
c'est-à-dire que la jante tourne à une vitesse double de celle du moteur

Modèle : Véhicule à boîte de vitesses

(voir Notice de montage page 16)

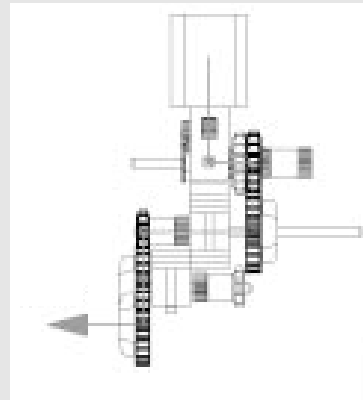


À présent, tu peux construire ce véhicule possédant une boîte de vitesses. Dans chaque véhicule, on veille à ce que la boîte prenne le moins de place possible. Ce véhicule a deux vitesses.

Problème :

Quel est le rapport des vitesses en première et en deuxième ?

Solution :

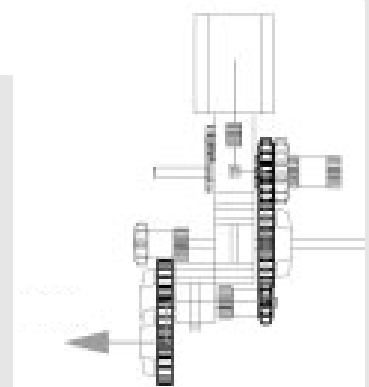


En première
(vitesse lente),
le rapport des
vitesses est de

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} = 2$$

En deuxième
(vitesse rapide)
le rapport des
vitesses est de

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$



En deuxième, le véhicule roule donc quatre fois plus vite qu'en première.

Si on part de l'arbre mené de la transmission du moteur, il s'y ajoute un autre rapport, à savoir celui des deux pignons à 15 dents se trouvant l'un à côté de l'autre sur le pignon à 20 dents.

Ce palier a un rapport de $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$

On obtient le rapport total en multipliant les deux rapports

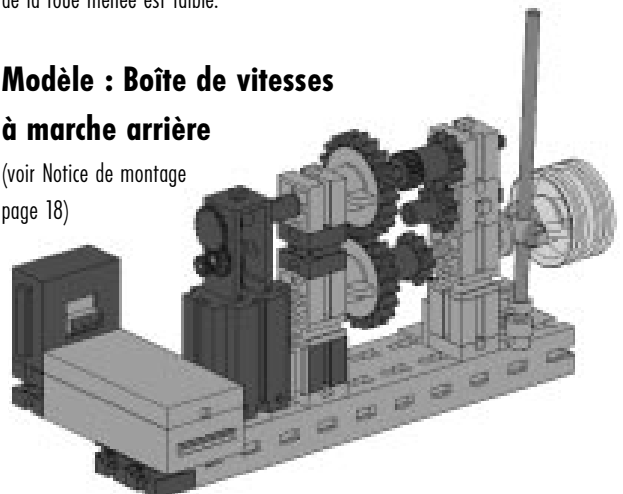
Première vitesse: $\frac{2}{1} \times \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$ ou 2,66:1 Deuxième vitesse: $\frac{1}{2} \times \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$ ou 0,66:1

Dans l'ensemble, les roues tournent donc un peu plus lentement qu'avec la boîte de vitesses fixe (2:1 en première, 1:2 ou 0,5:1 en deuxième).

On a donc la règle : plus le rapport des vitesses est grand, plus la vitesse de la roue menée est faible.

Modèle : Boîte de vitesses à marche arrière

(voir Notice de montage page 18)



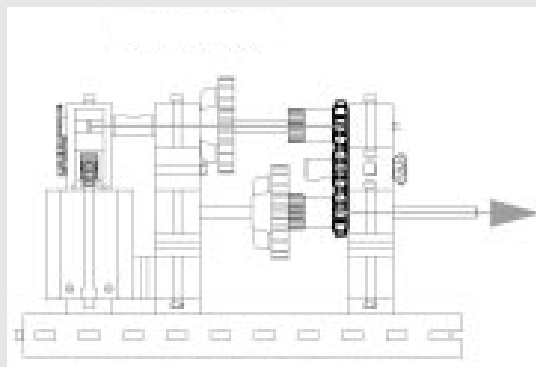
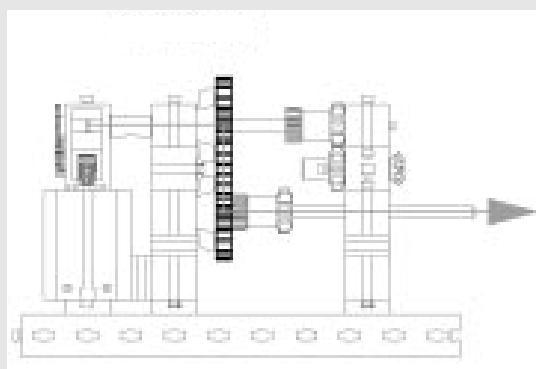
Sur les moteurs électriques de fischertechnik, on peut changer le sens de rotation en inversant simplement la polarité de l'alimentation en courant. Sur un moteur à combustion, ce n'est pas possible, il tourne toujours dans le même sens. Dans ce cas, on inverse le sens de rotation en utilisant une boîte de vitesse à marche arrière. Le modèle représenté montre comment ça fonctionne, et ceci sous la forme d'une simple boîte de vitesses fixe.

Problème :

- 1) Comment obtient-on dans une boîte de vitesse un sens de rotation différent en marche avant et en marche arrière ?
- 2) Calcule le rapport des vitesses en marche avant et en marche arrière !

Solution :

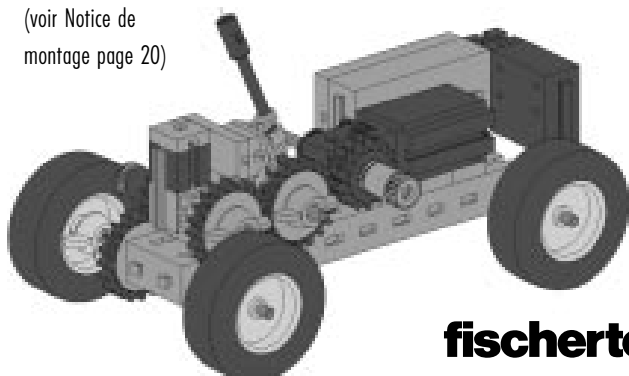
Lors de notre première expérience avec la boîte de vitesses, nous avons déjà vu que le pignon mené tourne dans le sens contraire du pignon moteur. Pour la marche arrière, nous inversons encore une fois le sens de rotation et avons besoin pour cela d'un troisième pignon. La boîte de vitesses à marche avant et marche arrière doit donc mettre en prise d'une part deux pignons et d'autre part trois pignons les uns avec les autres.



Le rapport des vitesses est identique en marche avant et en marche arrière, et égal à $10:10 = 20:20 = 1$

Modèle : Véhicule à marche arrière :

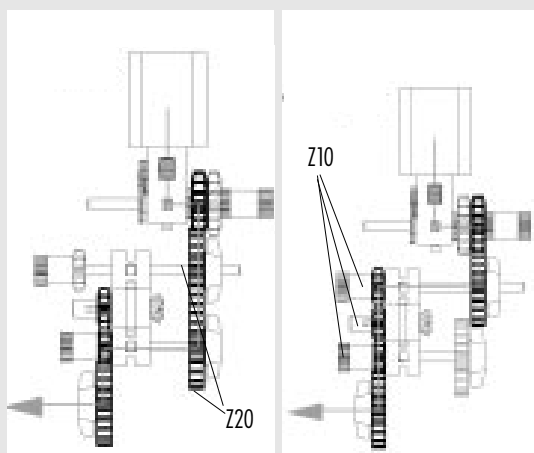
(voir Notice de montage page 20)



Sur ce modèle, la boîte de vitesses à marche arrière est intégrée dans un véhicule.

Problème :

Quel est le rapport des vitesses en marche avant et en marche arrière ?



Solution :

Entre les pignons responsables du changement de sens (2 pignons Z20 dans la marche avant et 3 pignons Z10 dans la marche arrière), le rapport des vitesses est chaque fois de 1:1, c'est-à-dire que nous n'avons pas besoin d'en tenir compte lors du calcul. Limitons-nous donc à la démultiplication ayant lieu entre l'arbre moteur de la boîte (pignon Z15) et le premier pignon Z20 ainsi qu'aux deux derniers pignons Z10 et Z20 sur l'essieu arrière du véhicule.

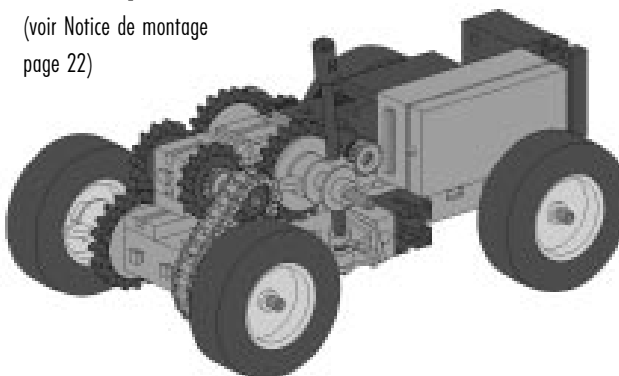
Nous obtenons de nouveau le rapport total par multiplication des différents rapports :

$$\frac{20}{15} * \frac{20}{10} = \frac{4}{3} * \frac{2}{1} = \frac{8}{3}$$

Le rapport des vitesses est identique en marche avant et en marche arrière.

Modèle : Véhicule à marche arrière et transmission par chaîne :

(voir Notice de montage page 22)

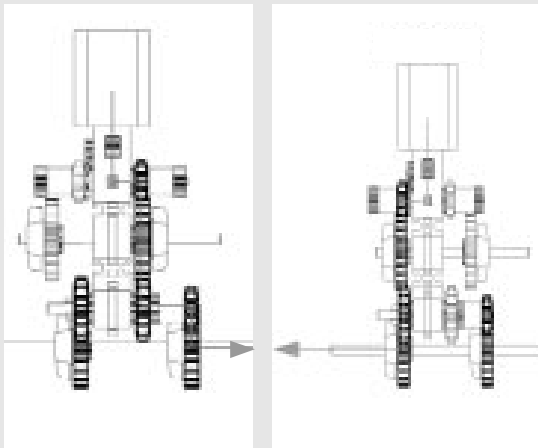


Étant donné qu'un vrai véhicule roule plus vite en marche avant qu'en marche arrière, ce modèle possède également différents rapports dans ces deux vitesses.

Problème :

Quel est le rapport en marche avant et en marche arrière si on part chaque fois de l'arbre mené du moteur ?

Solution :



Marche avant (plus rapide) :

$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{15} = \frac{6000}{3000} = \frac{2}{1}$$

Marche arrière (plus lente) :

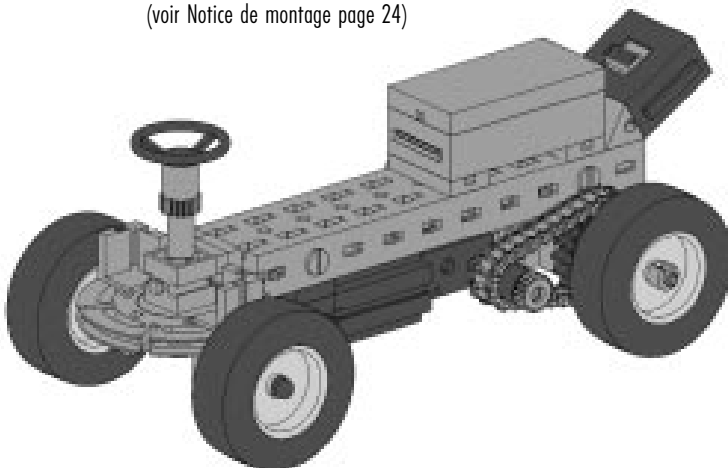
$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{10} = \frac{6000}{2000} = \frac{3}{1}$$

4. Directions de véhicules

Sur les modèles construits jusqu'à présent, il manque quelque chose d'important qui fait impérativement partie d'un véhicule : la direction. En effet, quel véhicule roule toujours tout droit ? Même lorsque les autos n'existaient pas encore, les charrettes et les carrosses étaient déjà équipés d'une direction. Ces directions étaient d'une construction très simple comme sur notre modèle ci-dessous :

Modèle : Direction à traverse pivotante

(voir Notice de montage page 24)



Dans la direction à traverse pivotante, l'essieu avant tout entier est monté sur une planche ou une plaque ronde, cette dernière étant fixée sur le véhicule de façon à pouvoir tourner. L'essieu avant complet est donc mobile autour du centre de rotation et le véhicule est ainsi manœuvrable. Étant donné que, dans un virage, les deux roues doivent parcourir des trajets différents, il faut qu'elles puissent chacune tourner librement autour de leur axe propre pour pouvoir tourner à des vitesses différentes.

Problème 1 :

Dans un virage, quelle roue a le plus grand trajet à parcourir, la roue intérieure ou la roue extérieure ?

Quelle roue tourne le plus vite ?

Fais-en l'essai sur le modèle !

Solution :

C'est la roue extérieure qui parcourt le plus grand trajet car elle décrit un plus grand cercle. Et comme elle le fait dans le même temps que la roue intérieure, elle tourne également plus vite.

Problème 2 :

Quels inconvénients as-tu remarqués en testant la direction à traverse pivotante sur le modèle ?

Solution :

Les roues prennent beaucoup de place lors du braquage.

Dans les virages serrés, le véhicule bascule facilement, surtout lorsqu'il roule vite.

Problème 3 :

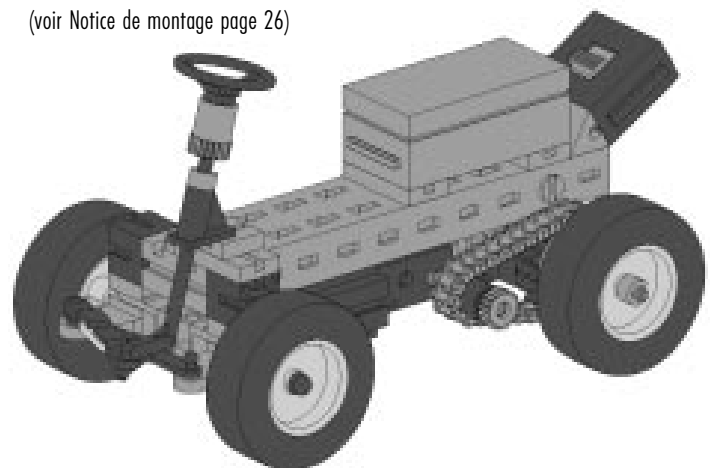
Sur quels véhicules trouve-t-on encore aujourd'hui une direction à traverse pivotante ?

Solution :

Sur les remorques et les chariots à ridelles par exemple.

Modèle : Direction à fusée

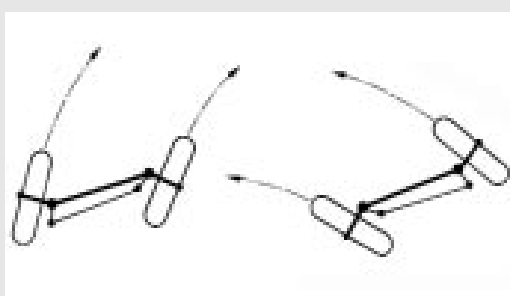
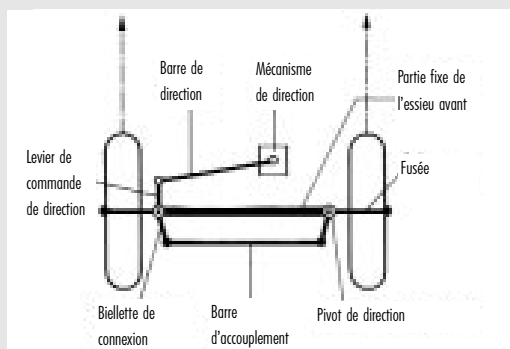
(voir Notice de montage page 26)



Lorsque les moteurs des automobiles devinrent plus puissants et les autos de ce fait plus rapides, les constructeurs de véhicules durent également imaginer une meilleure direction. C'est ainsi qu'est née la direction à fusée telle qu'elle est utilisée sur notre modèle.

Dans la direction à fusée, chaque roue s'appuie sur un essieu très court appelé fusée. Cette fusée est orientable autour du pivot qui la supporte.

La barre d'accouplement relie les deux fusées aux biellettes de connexion. Cette disposition géniale des barres et des leviers s'appelle le trapèze de direction. Il fait en sorte que, dans un virage, la roue intérieure subit un braquage plus prononcé que la roue extérieure. Ce détail, tu peux aussi l'observer sur le modèle de fischertechnik. Les fusées pivotent vers la droite ou vers la gauche par l'intermédiaire de la barre d'accouplement.



Problème :

Quels sont les avantages de la direction à fusée par rapport à la direction à traverse pivotante ?

Solution :

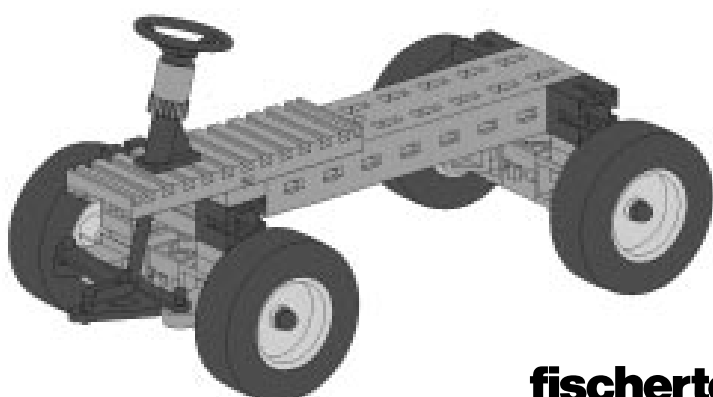
Encombrement plus faible car les roues pivotent autour d'un axe très court.

Plus grande stabilité dans les virages car la position des roues est à peine modifiée.

Usure plus faible des pneumatiques car les roues se déplacent exactement sur l'arc de cercle correct en raison du braquage différent de la roue intérieure et de la roue extérieure.

Modèle : Véhicule à direction par les quatre roues

(voir Notice de montage page 28)



Dans la direction par les quatre roues, l'essieu avant ainsi que l'essieu arrière possède une direction à fusée. Les deux directions sont couplées et commandées depuis un volant.

Problème :

Quel est l'avantage de la direction par quatre roues et où l'utilise-t-on ?

Solution :

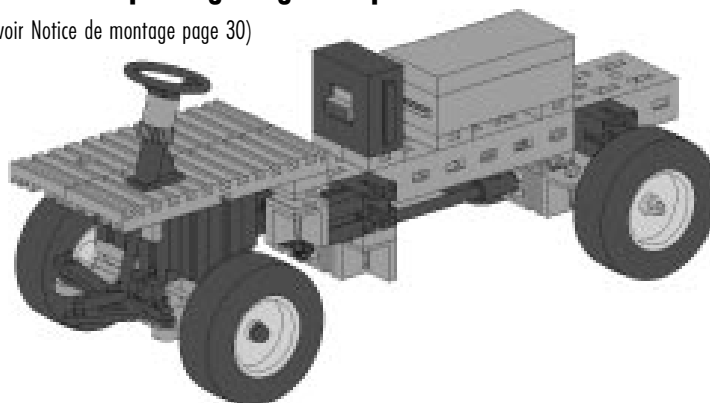
La direction par quatre roues permet un cercle de braquage plus petit. On l'utilise partout là où des véhicules doivent être particulièrement maniables, p. ex. sur les chantiers exigus pour les travaux de terrassement. Sur les véhicules particulièrement longs, p. ex. les semi-remorques, on braque également l'essieu arrière, sinon ils auraient déjà des problèmes dans les virages normaux.

5. Entraînements de véhicules

Sur de nombreux véhicules, le moteur se trouve à l'avant, mais il entraîne les roues arrière. Le présent chapitre décrit comment la force motrice est transmise du moteur aux roues. Dans la réalité, en effet, ceci se fait en général un peu différemment des modèles Cartech construits jusqu'à présent.

Modèle: Véhicule avec arbre de transmission et commande par engrenage conique

(voir Notice de montage page 30)



Ce modèle possède un entraînement typique de camion. Le moteur se trouve à l'avant, sous la cabine du conducteur qui n'existe pas sur notre modèle. La force est communiquée à l'essieu arrière par l'intermédiaire d'un arbre de transmission. Pour la transmission de la force à angle droit, nous utilisons des pignons coniques qu'on appelle ainsi parce que leurs dents sont biseautées et forment donc un cône.

Problème :

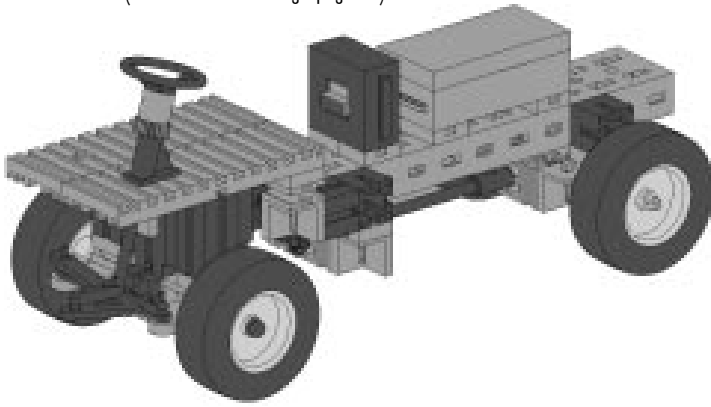
Sur ce modèle, comme c'était déjà le cas sur les modèles précédents avec direction, seule une roue arrière est entraînée. Pourquoi au juste ?

Solution :

Dans les virages, les roues arrière elles aussi parcourent des trajets différents et tournent à des vitesses différentes. Si on utilisait une liaison rigide entre les deux roues pour les actionner toutes les deux, elles tourneraient obligatoirement à la même vitesse et pousseraient le véhicule tout droit. Si, par contre, on n'entraîne qu'une roue, l'autre tourne librement et à une vitesse qui lui est propre.

Modèle : Véhicule à différentiel

(voir Notice de montage page 32)



Bien entendu, entraîner une seule roue de l'essieu arrière n'est pas une solution idéale étant donné que le véhicule possède alors une puissance motrice plus faible. Une invention géniale permettant l'entraînement des deux roues sans les relier rigidement l'une à l'autre est le différentiel. Construis tout d'abord le modèle, puis nous examinerons la technique plus en détail.

Expérience :

Fais d'abord rouler l'auto tout droit, puis dans un virage, et observe si toutes les deux roues tournent toujours et si le modèle décrit une courbe impeccable sans glisser vers l'avant.

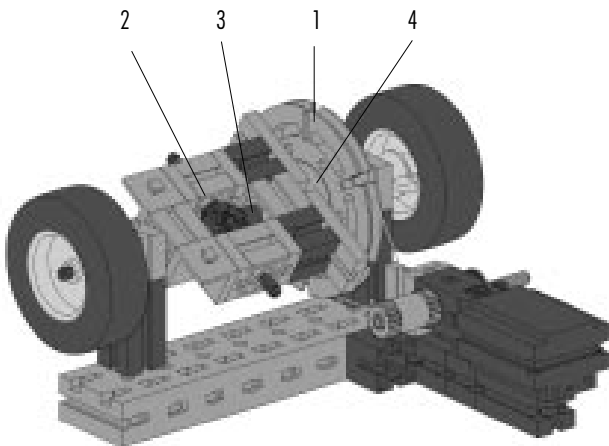
Observation :

En supposant que le modèle a été construit correctement, les deux roues de l'essieu arrière tournent aussi bien dans une ligne droite que dans un virage. Le modèle décrit une courbe parfaite.

Résultat :

Sans savoir pour l'instant comment l'engrenage fonctionne exactement, nous remarquons qu'il convient de toute évidence à l'entraînement simultané des deux roues arrière.

Modèle: Modèle de fonctionnement Engrenage différentiel (voir Notice de montage page 34)



Pour mieux voir comment un engrenage différentiel est conçu à l'intérieur, tu en construis une copie en tant que modèle de fonctionnement surdimensionné à l'aide de pièces de fischertechnik. Ce qui est important, c'est de ne pas serrer à bloc l'écrou du moyeu (4) sur le disque tournant (1) de façon que ce dernier puisse encore tourner librement sur l'essieu.

Expérience 1:

Fais tourner chaque roue séparément. Que se passe-t-il avec l'autre roue ?

Observation :

Elle tourne dans l'autre sens.

Expérience 2:

Mets le moteur en route. Les deux roues doivent tourner à la même vitesse. Que se passe-t-il si tu bloques une roue ?

Observation :

L'autre roue tourne plus vite.

Problème :

À l'aide de l'observation de l'expérience 2, peux-tu t'expliquer pourquoi en hiver on n'avance pas avec une auto si une seule des deux roues motrices patine sur du verglas ?

Solution :

La roue qui tourne dans le vide tourne rapidement, la roue se trouvant sur un sol ferme reste immobile (elle est « bloquée »).

Mode de fonctionnement du différentiel :

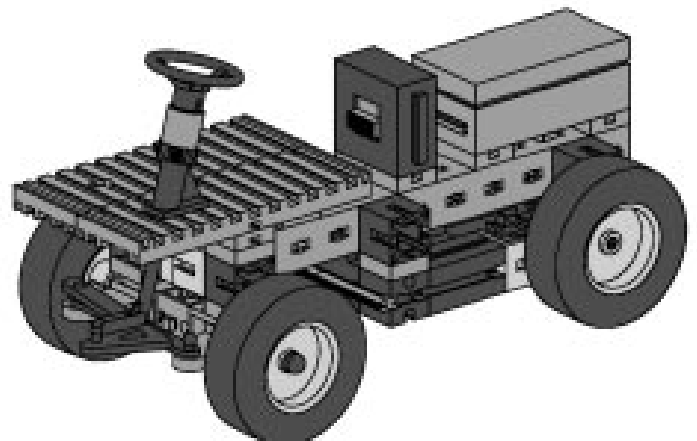
Le différentiel est entraîné par l'intermédiaire de la poulie à courroie (1) (voir illustration ci-dessus). La force est transmise aux deux roues par l'intermédiaire des satellites du différentiel (2). Ceux-ci sont capables de compenser la différence de vitesse existant entre les roues intérieure et extérieure dans le virage en tournant autour de leur axe propre et en roulant simultanément sur les pignons coniques de l'arbre primaire (3).

Lorsque l'auto roule en ligne droite, les satellites du différentiel ne tournent pas. Ils agissent alors comme une liaison rigide entre les deux essieux menés auxquels sont fixées les roues. Dans un virage, la roue intérieure est légèrement freinée, les satellites commencent à tourner et accélèrent ainsi la roue extérieure. L'accélération de la roue extérieure est toujours égale au freinage de la roue intérieure.

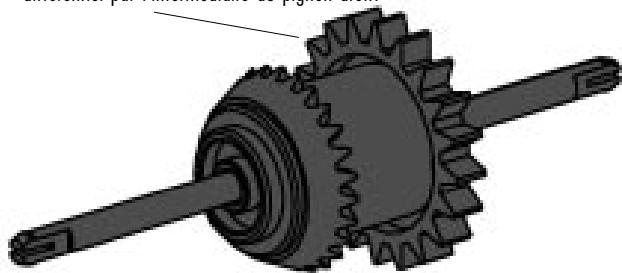
C'est trop compliqué ? Pas de problème, l'essentiel est que tu aies vu une fois comment un différentiel fonctionne et que tu connaisses à présent une possibilité élégante d'entraîner les deux roues de l'essieu arrière d'un véhicule.

Modèle: Moteur arrière et engrenage différentiel

(voir Notice de montage page 36)



Sur les modèles examinés jusqu'à présent, le différentiel était entraîné par un pignon conique ou par une courroie. À présent, nous allons entraîner le différentiel par l'intermédiaire du pignon droit.



Nous pouvons ainsi positionner le moteur directement à côté du différentiel, comme c'est le cas dans un véhicule avec moteur arrière.

Problème :

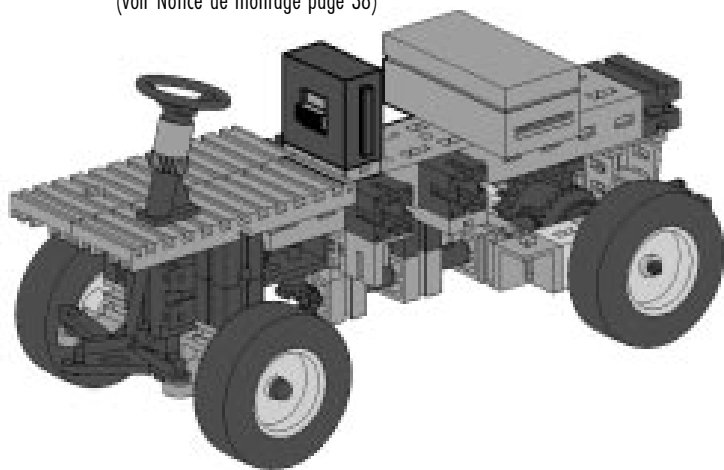
Quel fut le véhicule à moteur arrière le plus célèbre ?

Solution :

La Coccinelle Volkswagen. Le moteur ainsi que l'essieu moteur se trouvaient à l'arrière. Grâce au poids du moteur qui portait directement sur l'essieu, la Coccinelle roulait très bien sur la neige en hiver.

Modèle: Essieu articulé et engrenage différentiel

(voir Notice de montage page 38)



Un essieu articulé n'est pas relié de façon rigide au véhicule, mais peut tourner autour de l'arbre moteur.

Problème :

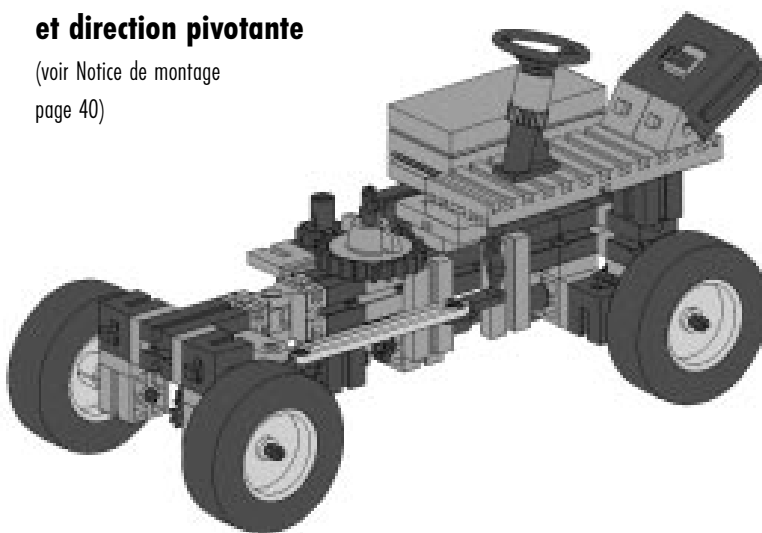
Quel est l'avantage d'un essieu articulé par rapport à un essieu rigide ? Sur quels véhicules l'utilise-t-on ?

Solution :

Un essieu articulé permet aux deux roues de rester en contact avec le sol même sur un terrain accidenté et d'assurer ainsi la propulsion nécessaire. On l'utilise sur les véhicules de chantier, les unimogs et les voitures tout-terrain.

Modèle : Traction toutes roues motrices et direction pivotante

(voir Notice de montage page 40)



Sur beaucoup de véhicules on entraîne les deux essieux et donc les 4 roues. Sur notre dernier modèle, nous propulsons effectivement les deux essieux, mais trichons un peu et n'entraînons qu'une roue par essieu pour que le véhicule puisse négocier les virages sans différentiel. Cette fois, on utilise une direction dite pivotante.

Problème :

Quels véhicules tout-terrain connais-tu ?

Qu'est-ce qu'apporte une traction toutes roues motrices ?

Sur quels véhicules trouve-t-on une direction pivotante ?

Solution :

On trouve une traction toutes roues motrices sur les véhicules tout-terrain, mais aussi sur des voitures de tourisme. L'avantage réside surtout dans le fait qu'on roule beaucoup mieux sur sol glissant (verglas p. ex.). Les directions pivotantes s'utilisent avant tout dans les chantiers, sur les pelleteuses mécaniques et les dumpers par exemple. Leur cercle de braquage restreint les rend très maniables.

C'est tout en ce qui concerne la technique automobile.

À présent, tu vois certainement de nombreux détails de véhicules d'un autre œil que par le passé, et peux participer décontracté à la conversation quand on « parle d'autos » et de la technique qu'elles renferment.

Ils vont tous s'étonner de voir à quel point tu t'y connais !

1. Cartech: complete voertuigtechniek!

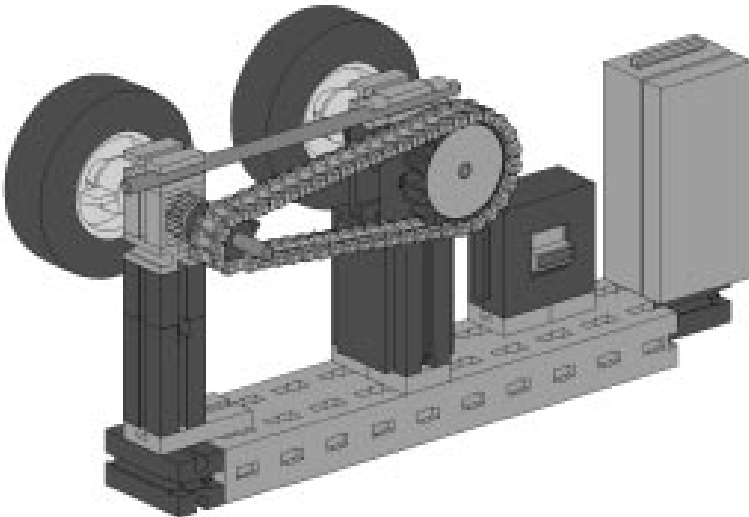
Je stapt op de fiets, stevig in de pedalen en op weg. Je stapt in de auto, motor starten, in de versnelling zetten en de reis kan beginnen. Allemaal heel normaal, toch? Maar wat zit erachter, wat gebeurt er tussen de pedalen en de wielen, hoe werkt de techniek die het voor ons mogelijk maakt in een lage versnelling weliswaar langzaam, maar relatief gemakkelijk een berg op te komen, of in een hoge versnelling met grote snelheid weer naar beneden te rijden. Hoe werken besturingen en verschillende aandrijvingsystemen? De bouwdoos Cartech geeft een antwoord op al deze vragen. Het beste daaraan is: Op de modellen, die met behulp van de bouw instructie worden gebouwd, kun je direct uitproberen hoe alles werkt, en vervolgens in dit boekje nalezen wat erachter zit. Dus vooruit, aan de slag!

2. Krachtoverbrenging via een ketting

Een ketting kun je uitstekend gebruiken voor de overbrenging van een kracht van de ene as op een andere. Bij een fiets bijv. wordt met een ketting de kracht van de pedalen (aandrijfas) overgebracht op de achteras (uitgaande as). Tijdens het fietsen kun je zien dat de combinatie van verschillend grote tandwielen (kettingschakeling) ervoor zorgt dat je in de 1e versnelling snel moet trappen, en toch maar langzaam vooruit gaat, daarentegen in de 21e versnelling maar heel langzaam hoeft te trappen en toch snel vooruit gaat, wat dan wel aanzienlijk meer kracht kost.

Model: kettingaandrijving

(zie bouw instructie bladzijde 6)



In ons eerste model wordt de aandrijfas niet door pedalen, maar door een motor aangedreven. We bouwen verschillende tandwielen in en kijken wat er gebeurt:

Proef 1:

Aandrijfas aan motor (1) met tandwiel Z20 (= 20 tanden), uitgaande as (2) met tandwiel Z10 (= 10 tanden), precies zoals getoond in de bouw instructie. Welk wiel draait sneller?

Waarneming:

Het wiel op de uitgaande as draait sneller dan het wiel op de aandrijfas.

Wanneer je de aandrijving aan de motor loskoppelt en het aandrijf wiel met de hand draait, kun je zien dat het wiel van de uitgaande as precies twee keer zo snel draait als het aandrijf wiel.

Proef 2:

Verwissel de tandwielen op de twee assen: aandrijfas met tandwiel Z10, uitgaande as met tandwiel Z20. Welk wiel draait er nu sneller?

Waarneming:

Het wiel op de uitgaande as draait langzamer dan het wiel op de aandrijfas.

Wanneer je de aandrijving aan de motor loskoppelt en het aandrijf wiel met de hand draait, kun je zien dat het wiel van de uitgaande as precies half zo snel draait als het aandrijf wiel.

Proef 3:

Beide assen met tandwiel Z20 (= 20 tanden).

Waarneming:

Beide wielen draaien even snel.

Proef 4:

Beide assen met tandwiel Z10 (= 10 tanden).

Waarneming:

Weer draaien beide wielen even snel.

Het maakt dus niets uit hoe groot de beide tandwielen zijn, zolang ze even groot zijn (evenveel tanden hebben), draaien de assen even snel.

En wat leren we daar nu van? Simpel, we zien dat het uitsluitend van de verhouding van de grootte van de tandwielen ten opzichte van elkaar afhangt, hoe de snelheid van de wielen zich gedraagt. Om preciezer te zijn komt het aan op de verhouding van het aantal tanden van de beide tandwielen.

In proef 3 en 4 hebben beide tandwielen hetzelfde aantal tanden.

De verhouding van

$$\frac{\text{aantal tanden wiel uitgaande}}{\text{aantal tanden aandrijf wiel}} \text{ as bedraagt } \frac{20}{20} \text{ (proef 1) resp. } \frac{10}{10} = \frac{1}{1} \text{ (proef 2)}$$

Het aantal tanden van het wiel van de uitgaande as staat altijd in de teller, die van het aandrijf wiel in de noemer van de breuk. Er wordt ook gezegd dat de overbrengingsverhouding 1 staat tot 1 is. De wielen draaien even snel.

$$\text{In proef 1 is de overbrengingsverhouding: } \frac{20}{10} = \frac{2}{1} \text{ (twee staat tot een).}$$

$$\text{In proef 2 is de overbrengingsverhouding: } \frac{10}{20} = \frac{1}{2} \text{ (een staat tot twee).}$$

Wanneer de overbrengingsverhouding groter dan 1 is, dan gaat het om een overbrenging naar het langzame toe, ook wel tandwielreductie genoemd. Is zij kleiner dan 1, wordt er naar het snelle toe overgebracht.

Voor de overbrengingsverhouding is in plaats van de breuk ook de schrijfwijze met de dubbele punt gebruikelijk:

Overbrengingsverhouding in

proef 1 = 20:10 = 2:1 **proef 3 = 20:20 = 1:1**

proef 2 = 10:20 = 1:2 **proef 4 = 10:10 = 1:1**

Wanneer het getal voor de dubbele punt (aantal tanden van het wiel van de uitgaande as) groter is dan het getal na de dubbele punt (aantal tanden van het aandrijf wiel), dan gaat het om een overbrenging naar het langzame toe, „tandwielreductie“ genoemd, is het getal achter de dubbele punt groter dan het getal voor de dubbele punt, dan gaat de overbrenging naar het snelle toe.

Welke schrijfwijze jij gebruikt, laten we aan jou over. In de volgende proeven zullen we beide schrijfwijzen gebruiken.

Zo, met deze kennis kun je nu auto's gaan bouwen, die zich ofwel snel ofwel langzaam voortbewegen. Kijk maar eens in de bouw instructie, daar vind je drie voertuigen met een ketting als aandrijving voor een trekker, een race- en een terreinwagen.

Modellen: trekker-, race- en terreinwagenaandrijving (zie bouw instructie bladzijde 8)

De drie modellen verschillen alleen van elkaar door de combinatie en rangschikking van de tandwielen.

Opdracht:

Vul voor ieder model het aantal tanden van de aandrijfwielen en de wielen van de uitgaande assen in in de tabel en bereken de overbrenging.

model	aandrijftandwiel	tandwiel uitgaande as	overbrenging
trekker			
racewagen			
terreinwagen (vierwiel)			

Lösung:

model	aandrijftandwiel	tandwiel uitgaande as	overbrenging
trekker	Z10	Z20	2:1
racewagen	Z20	Z10	1:2
terreinwagen (vierwiel)	Z20 en Z10	Z20 en Z10	1:1

Bouw de drie modellen na elkaar en voer met ieder model de volgende proeven uit:

Proef 1:

Hoe snel is het model?

Leg een traject, bijv. van een meter, vast en meet met behulp van een stopwatch de tijd die het model voor het traject nodig heeft.

Proef 2:

Welke helling kan het model aan?

Als helling kun je bijv. een plank gebruiken, die je op een stapel boeken of een stoel laat steunen.

Wat kun je waarnemen?

Waarnemingen:

De trekker is het langzaamste model, kan echter de grootste helling aan. De racewagen rijdt het snelste, kan echter maar een geringe helling aan. De terreinwagen ligt ertussenin.

Resultaten:

Je ziet dus: Hoe sneller de auto is, des te minder kracht hebben de wielen. Deze kracht heet in de techniek „koppel“. Het koppel staat in omgekeerde verhouding tot de overbrenging, d.w.z. dat wanneer het toerental tussen aandrijf wiel en het wiel van de uitgaande as wordt verdubbeld, het koppel wordt gehalveerd (racewagen). Wordt het toerental gehalveerd, dan verdubbelt het koppel.

Nu kun je je ook voorstellen waarom je op een fiets in de 1e versnelling weliswaar langzaam vooruit gaat, maar wel bijna iedere berg kunt beklimmen (lage snelheid, hoog koppel).

3. Versnellingsbak

Niet alleen met een ketting kun je toerental en koppel veranderen, maar ook door middel van een versnellingsbak, waarbij de tandwielen direct in elkaar grijpen. Dat spaart natuurlijk ruimte. In tegenstelling tot de kettingaandrijving draait het wiel van de uitgaande as in tegengestelde richting van het aandrijf wiel.

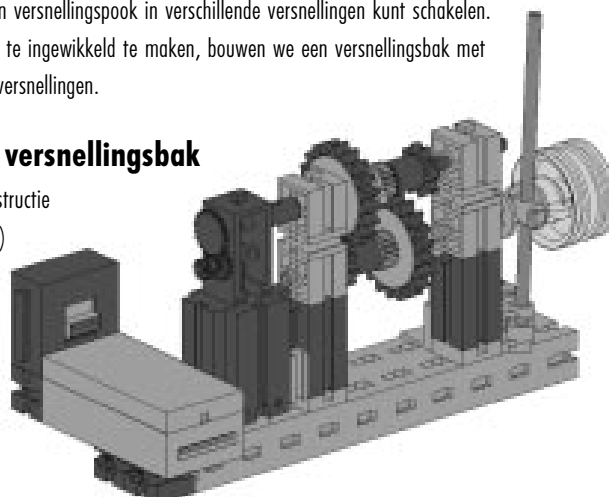
Waarom gebruikt men eigenlijk een versnellingsbak, je kunt de snelheid toch ook via het gaspedaal regelen?

De meeste motoren hebben zonder versnellingsbak een veel te hoog toerental en een te geringe kracht, zodat de wielen niet direct aangedreven kunnen worden. Daarom vermindert men met een versnellingsbak het toerental en verhoogt tegelijkertijd de ter beschikking staande kracht. Bovendien leveren vele motoren niet in ieder toerental bereik dezelfde prestaties. Met behulp van een versnellingsbak kan men ervoor zorgen dat de motor altijd in een gunstig toerental bereik loopt, ongeacht hoe snel je wil rijden.

Net als bij een auto bouwen we nu een versnellingsbak, waarbij je met behulp van een versnellingspook in verschillende versnellingen kunt schakelen. Om het niet te ingewikkeld te maken, bouwen we een versnellingsbak met maar twee versnellingen.

Model: versnellingsbak

(zie bouw instructie bladzijde 14)

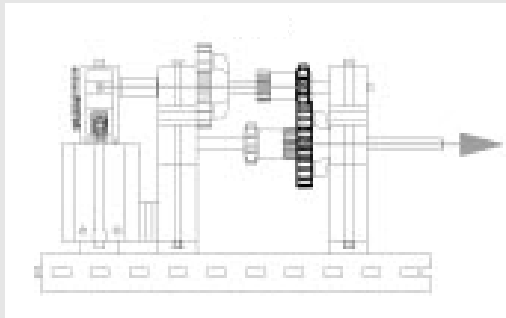


Om te zien hoe een versnellingsbak werkt, kun je dit demo-model van een stationaire versnellingsbak opbouwen. Dat gaat snel en laat duidelijk de werking zien. Het is belangrijk dat zich tussen de eerste en de tweede versnelling een smal nullastgebied bevindt. Dan kunnen de tanden bij het verwisselen van versnelling beter in elkaar grijpen.

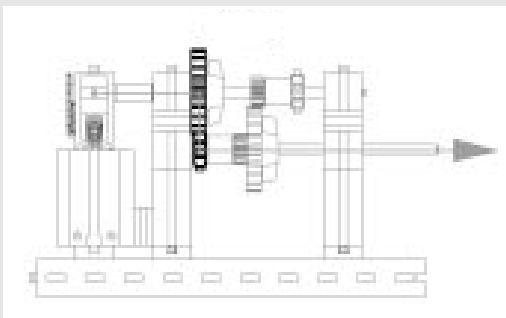
Opdracht:

Bereken de overbrengingsverhoudingen in de eerste en tweede versnelling!

Oplossing:



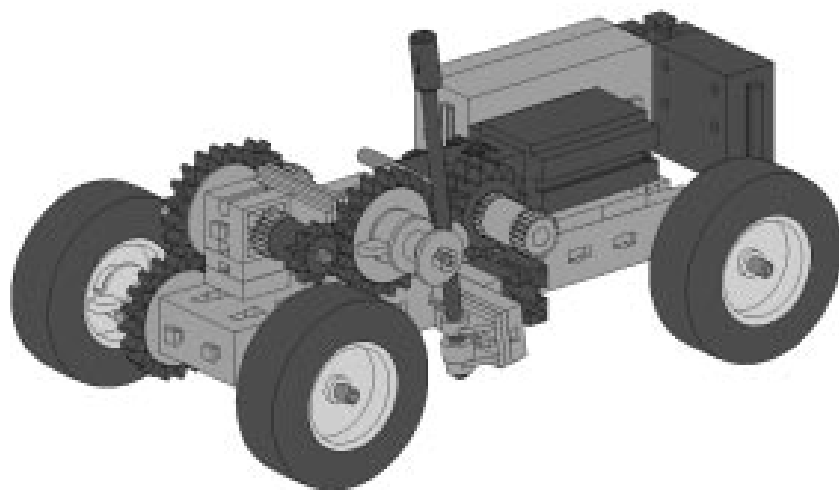
1e versnelling (langzaam): $20:10 = 2:1$,
d.w.z. velg draait met half motortoerental



2e versnelling (snel): $10:20 = 1:2$,
d.w.z. velg draait met dubbel motortoerental

Model: voertuig met versnellingsbak

(zie bouw instructie bladzijde 16)

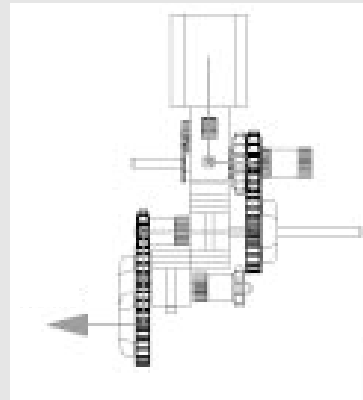


Nu kun je dit voertuig met een versnellingsbak bouwen. Bij iedere voertuigconstructie wordt erop gelet dat de versnellingsbak zo min mogelijk plaats in beslag neemt. Het voertuig heeft twee versnellingen.

Opdracht:

Hoe groot zijn de overbrengingsverhoudingen in de eerste en tweede versnelling?

Oplossing:

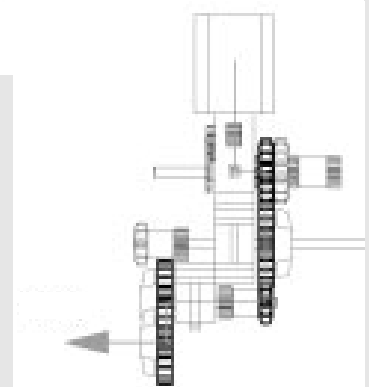


In de eerste (langzame) versnelling bedraagt de overbrengingsverhouding

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} = 2$$

In de tweede (snelle) versnelling bedraagt de overbrengingsverhouding

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$



In de tweede versnelling rijdt het voertuig dus vier keer zo snel als in de eerste versnelling.

Ga je uit van de uitgaande as van de motoraandrijving, dan komt er nog een ander overbrengingsniveau bij, namelijk van de beide naast elkaar liggende tandwielen met 15 tanden op het tandwiel met 20 tanden.

Dit niveau heeft een overbrenging van $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$

De totale overbrenging bereken je door de beide overbrengingsniveaus te vermenigvuldigen:

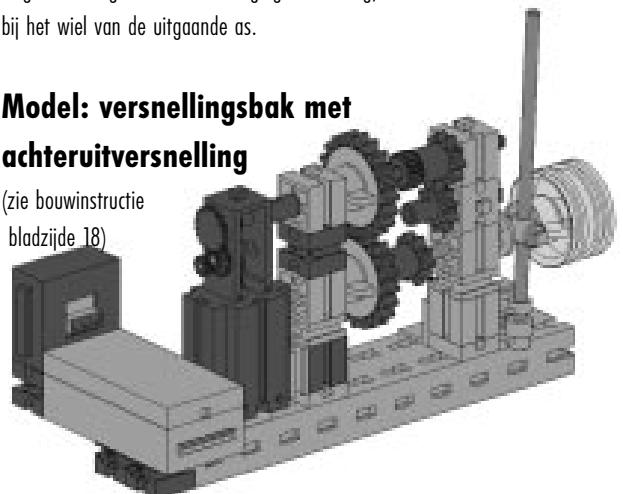
$$\text{eerste versnelling: } \frac{2}{1} * \frac{4}{3} = \frac{8}{3} \text{ of } 2,66:1 \quad \text{tweede versnelling: } \frac{1}{2} * \frac{4}{3} = \frac{2}{3} \text{ of } 0,66:1$$

In totaal draaien de wielen dus iets langzamer dan bij de stationaire versnellingsbak (2:1 in de eerste versnelling, 1:2 resp. 0,5:1 in de tweede versnelling).

Er geldt: Hoe groter de overbrengingsverhouding, des te kleiner de snelheid bij het wiel van de uitgaande as.

Model: versnellingsbak met achteruitversnelling

(zie bouw instructie bladzijde 18)



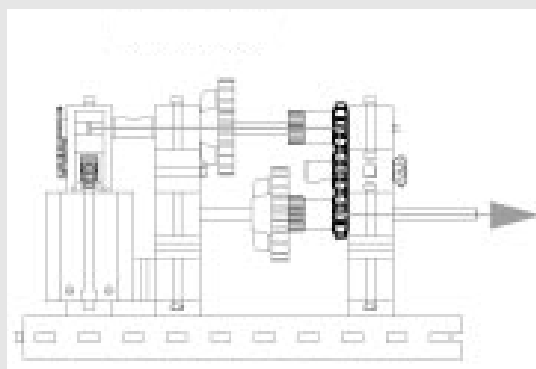
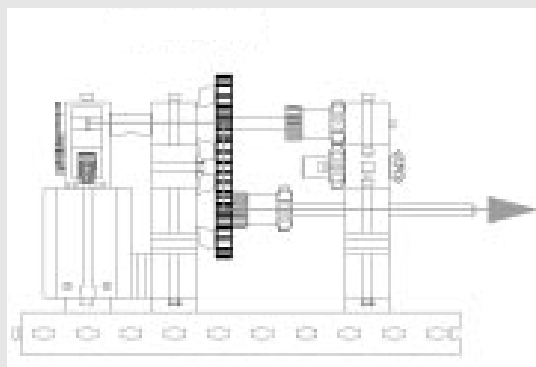
Bij de fischertechnik elektromotor kun je de draairichting eenvoudig omkeren door de poling van de stroomvoorziening om te keren. Bij een verbrandingsmotor gaat dat niet, die loopt altijd in dezelfde richting. Het omkeren van de draairichting bereik je hier via een versnellingsbak met achteruitversnelling. Hoe dit werkt, laat het model zien, en wel als eenvoudige stationaire versnellingsbak.

Opdracht:

1. Hoe krijg je bij een versnellingsbak de verschillende draairichting in vooruit- en achteruitversnelling?
2. Bereken de overbrengingsverhoudingen in vooruit- en achteruitversnelling!

Oplossing:

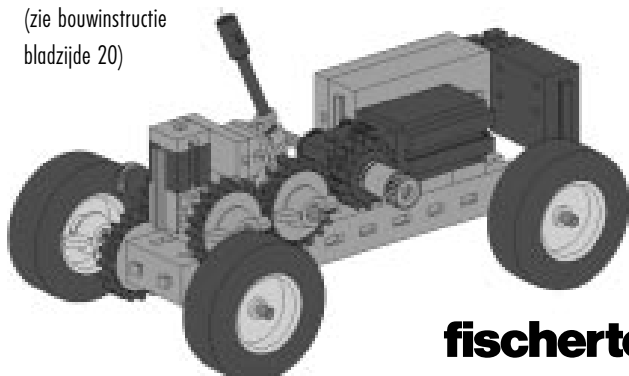
Al in onze eerste proef met de versnellingsbak hebben we gezien dat het wiel van de uitgaande as in tegengestelde richting van het aandrijf wiel draait. Voor de achteruitversnelling keren we de draairichting nogmaals om; daarvoor hebben we een derde tandwiel nodig. De versnellingsbak met vooruit- en achteruitversnelling moet er dus voor zorgen dat één keer twee en één keer drie tandwielen in elkaar grijpen.



De overbrengingsverhouding is in vooruit- en achteruitversnelling gelijk, namelijk $10:10 = 20:20 = 1$

Model: voertuig met achteruitversnelling

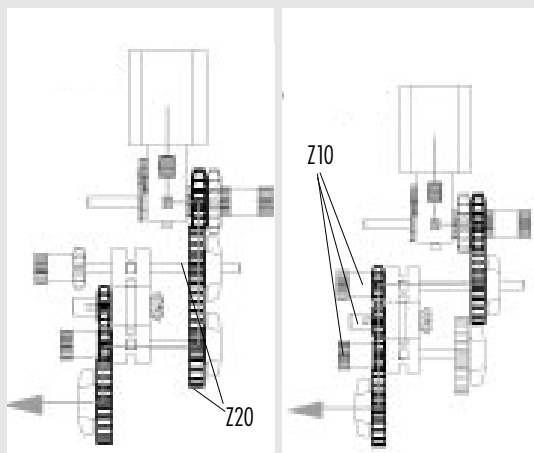
(zie bouw instructie
blad zijde 20)



Bij dit model is de versnellingsbak met achteruitversnelling ingebouwd in een voertuig.

Opdracht:

Hoe zijn de overbrengingsverhoudingen in de vooruit- en achteruitversnelling?



Oplossing:

Tussen de tandwielen die verantwoordelijk zijn voor de richtingverandering (2 tandwielen Z20 in de vooruitversnelling en 3 tandwielen Z10 in de achteruitversnelling), is de overbrengingsverhouding steeds 1:1, d.w.z. dat we bij de berekening helemaal geen rekening met hen hoeven te houden. Laten we ons dus beperken tot de overbrenging tussen tandwielmotoras (tandwiel Z15) en het eerste tandwiel Z20 alsmede tot de laatste beide tandwielen Z10 en Z20 op de achteras van het voertuig.

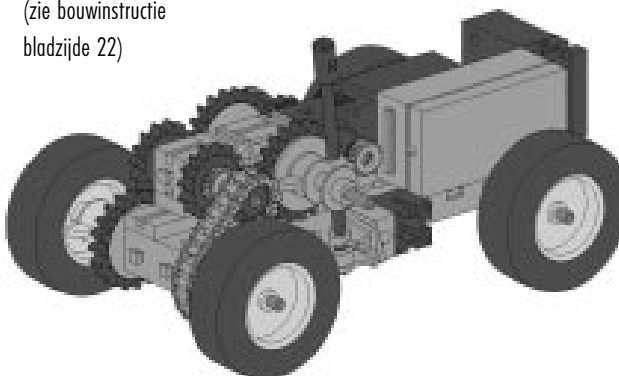
De totale overbrenging krijgen we weer door de afzonderlijke overbrengingen te vermenigvuldigen:

$$\frac{20}{15} * \frac{20}{10} = \frac{4}{3} * \frac{2}{1} = \frac{8}{3}$$

De overbrengingsverhouding is in de vooruit- en achteruitversnelling gelijk.

De overbrengingsverhouding is in de vooruit- en achteruitversnelling gelijk:

(zie bouw instructie
blad zijde 22)

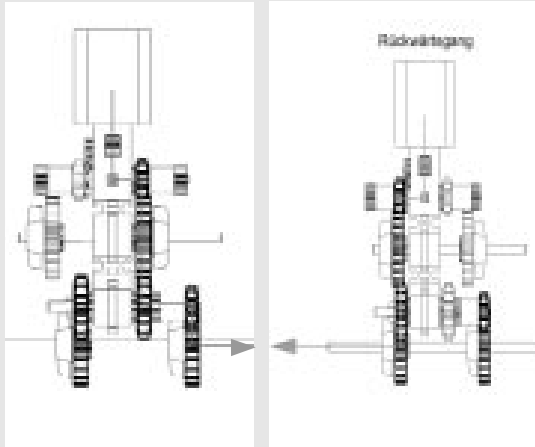


Aangezien een echt voertuig in de vooruitversnelling sneller rijdt dan in de achteruitversnelling, heeft ook dit model in de beide versnellingen verschillende overbrengingen.

Opdracht:

Hoe groot zijn de overbrengingen in de vooruit- en achteruitversnelling, steeds gerekend vanuit de uitgaande as van de motor?

Oplossing:



vooruitversnelling (sneller):

$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{15} = \frac{6000}{3000} = \frac{2}{1}$$

achteruitversnelling (langzamer):

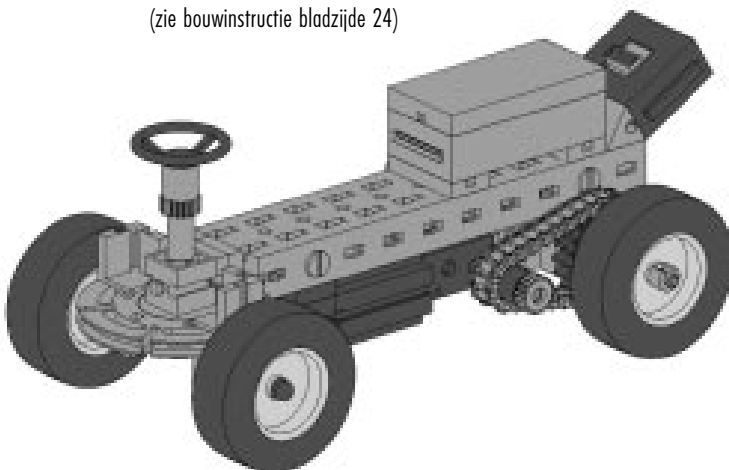
$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{10} = \frac{6000}{2000} = \frac{3}{1}$$

4. Voertuigbesturingen

Bij de voertuigen tot nu toe ontbreekt iets belangrijks, wat beslist bij een voertuig hoort: de besturing. Want welk voertuig rijdt er nu alleen maar vooruit? Zelfs toen er nog geen auto's waren, waren koetsen en wagens al uitgerust met een besturing. Deze besturingen waren erg eenvoudig opgebouwd, zoals bij ons volgende model:

Model: molenasstelbesturing

(zie bouw instructie bladzijde 24)



Bij de zogenaamde molenasstelbesturing wordt de gehele vooras op een plank of een ronde plaat gemonteerd, en deze wordt draaibaar aan het voertuig bevestigd. De complete vooras is dus beweeglijk rondom het draaipunt en op die manier is het voertuig bestuurbaar. Aangezien de beide wielen in een bocht verschillende wegen afleggen, moeten de wielen vrij draaibaar op de as zijn gelagerd om ervoor te zorgen dat ze verschillend snel kunnen draaien.

Opdracht 1:

Welk wiel legt in een bocht de langste weg af, het binnenste of het buitenste?

Welk wiel draait sneller?

Probeer het uit op het model!

Oplossing:

Het buitenste wiel legt de langste weg af, het maakt een grotere cirkel. Aangezien het in dezelfde tijd de grootste afstand aflegt, draait het ook sneller.

Opdracht 2:

Welke nadelen zijn je bij het uitproberen van de molenasstelbesturing op het model opgevallen?

Oplossing:

De wielen hebben bij het uitslaan veel plaats nodig.

In scherpe bochten kantelt het voertuig gemakkelijk, vooral wanneer het snel rijdt.

Opdracht 3:

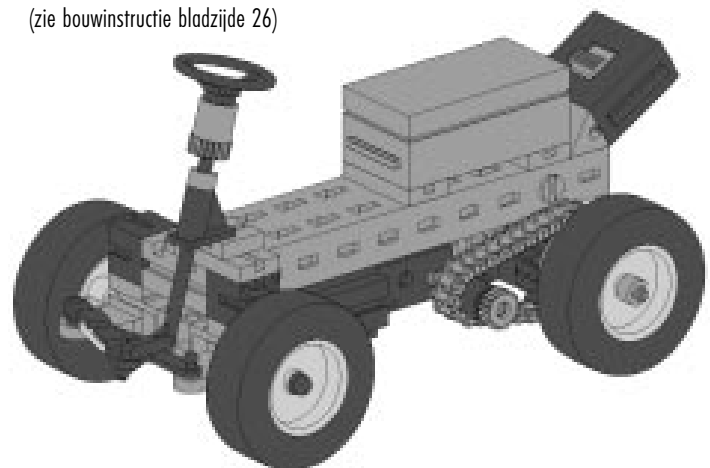
Bij welke voertuigen vind je tegenwoordig nog molenasstelbesturingen?

Oplossing:

Bijvoorbeeld bij aanhangers en ladderwagens.

Model: fuseebesturing

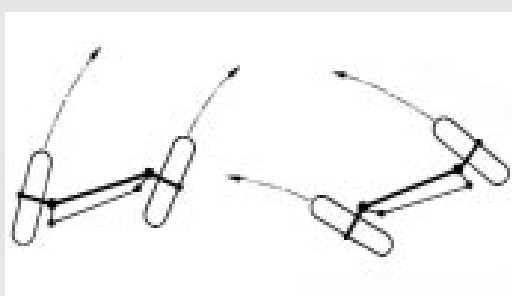
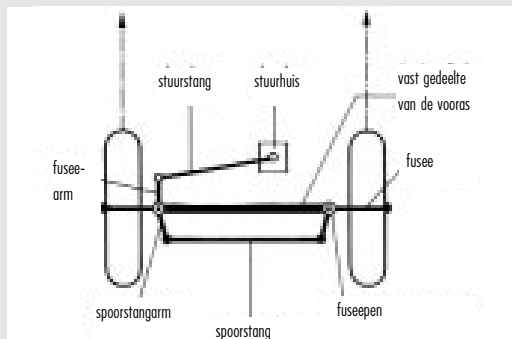
(zie bouw instructie bladzijde 26)



Toen de motoren van de auto's steeds meer gingen presteren en daardoor de auto's steeds sneller werden, moesten de voertuigbouwers ook een betere besturing gaan bedenken. Zo ontstond de zogenaamde fuseebesturing, zoals die ook in ons model wordt gebruikt.

Bij de fuseebesturing zit ieder wiel op een heel korte as, die fusee wordt genoemd. Deze fusee is draaibaar gelagerd om de zogenaamde fuseepen.

De zogenaamde spoorstang verbindt de beide fusees aan de zogenaamde spoorstangarmen. Deze geniale montage van stangen en armen noemt men stuurgeometrie. Deze zorgt ervoor dat in een bocht het binnenste wiel steeds sterker wordt uitgeslagen dan het buitenste. Dit kun je ook zien bij het fischertechnik-model. Via de stuurstang worden de fusees naar links en naar rechts gedraaid.



Opdracht:

Welke voordelen heeft de fuseebesturing ten opzichte van de molenasstelbesturing?

Oplossing:

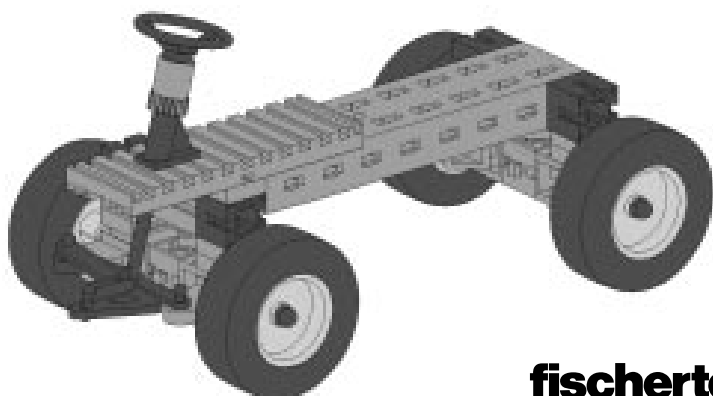
Heeft minder plaats nodig, aangezien de wielen slechts om een zeer korte as draaien.

Hogere stabiliteit in bochten, aangezien de positie van de wielen nauwelijks verandert.

Minder bandenslijtage, aangezien de wielen door de verschillende uitslag van het buitenste en binnenste wiel precies over de goede cirkelbogen lopen.

Model: voertuig met voor- en achterwielbesturing

(zie bouw instructie bladzijde 28)



Bij de voor- en achterwielbesturing heeft zowel de voor- als ook de achteras een fuseebesturing. Beide besturingen worden gekoppeld en vanuit één stuurwiel bestuurd.

Opdracht:

Welk voordeel heeft de voor- en achterwielbesturing en waar wordt zij ingezet?

Oplossing:

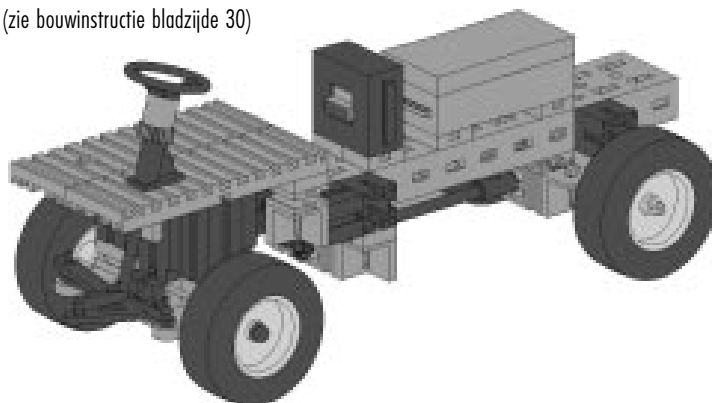
De voor- en achterwielbesturing maakt een kleinere draaicirkel mogelijk. Zij wordt overal ingezet waar voertuigen bijzonder wendbaar moeten zijn, bijv. voor grondverzet op bouwplaatsen met weinig ruimte. Bij bijzonder lange voertuigen, bijv. bij opleggercombinaties, stuurt men aanvullend eveneens de achteras, aangezien deze anders zelfs al bij normale bochten problemen zouden hebben.

5. Voertuigaandrijvingen

Bij veel voertuigen bevindt de motor zich voorin, maar worden de achterwielen aangedreven. In dit hoofdstuk gaat het erom hoe de aandrijfkracht van de motor wordt overgebracht op de wielen. Want dit gebeurt in werkelijkheid meestal iets anders dan in de tot nu toe gebouwde Cartech-modellen.

Model: voertuig met aandrijf as en aandrijving door middel van conische tandwielen

(zie bouw instructie bladzijde 30)



Dit model heeft een typische vrachtwagaandrijving. Voorin, onder de in ons model niet aanwezige cabine, bevindt zich de motor. De kracht wordt via een aandrijf as overgebracht naar het achterwiel. Voor de rechthoekige overbrenging van de kracht gebruiken we de zogenaamde conische tandwielen, die zo heten omdat de tanden ervan kegelvormig zijn afgeschuind.

Opdracht:

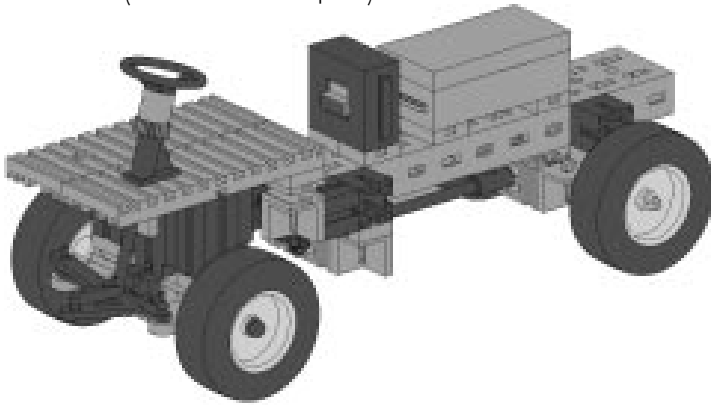
Bei diesem Modell wird wie auch schon bei den vorhergehenden Modellen mit Lenkung nur ein Hinterrad angetrieben. Warum eigentlich?

Oplossing:

In bochten leggen ook de achterwielen verschillende wegen af en draaien verschillend snel. Wanneer men de beide wielen star zou verbinden en aandrijven, dan zouden ze noodgedwongen even snel draaien en het voertuig rechthoekig laten gaan. Wanneer je daarentegen maar één wiel aandrijft, dan loopt het andere wiel vrij en kan willekeurig snel draaien.

Model: voertuig met differentieel

(zie bouw instructie bladzijde 32)



Natuurlijk is het aandrijven van maar één wiel van de achteras niet ideaal, aangezien het voertuig dan een geringer aandrijfvermogen heeft. Een geniale uitvinding, die de aandrijving van beide wielen mogelijk maakt, zonder dat deze star met elkaar verbonden zijn, is het zogenaamde differentieel. Bouw eerst het model op, dan gaan we preciezer naar de techniek kijken.

Proef:

Laat de auto eerst rechthoek en dan in een bocht rijden en kijk of altijd allebei de wielen draaien en of het model een zuivere bocht maakt zonder rechthoek te schuiven.

Waarneming:

Vooropgesteld dat het model correct is gebouwd, draaien zowel bij rechthoek rijden als bij het rijden in bochten beide wielen van de achteras. Het model maakt een exacte bocht.

Resultaat:

Zonder vooraf te weten hoe het differentieel precies werkt, zien we dat dit blijkbaar geschikt is om beide achterwielen tegelijkertijd aan te drijven.

Proef 1:

Draai ieder wiel afzonderlijk. Wat gebeurt er steeds met het andere wiel?

Waarneming:

Het draait in de andere richting.

Proef 2:

Schakel de motor in. Beide wielen zouden even snel moeten draaien. Wat gebeurt er wanneer je één wiel vasthoudt?

Waarneming :

Het andere wiel gaat sneller.

Opdracht :

Kun je met behulp van je waarneming uit proef 2 verklaren waarom je met een auto in de winter niet vooruit komt, wanneer ook maar één van de aandrijfwielen op ijsel doorslijpt?

Oplossing:

Het doorslippende wiel draait snel, het wiel op vaste ondergrond blijft staan (het wordt „vastgehouden“).

Werking van het differentieel:

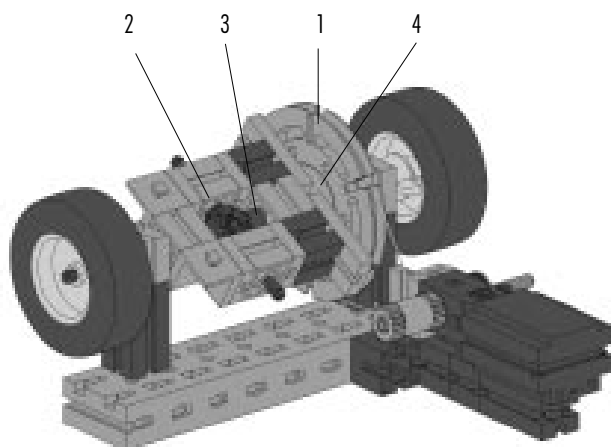
Het differentieel wordt aangedreven via de riemschijf (1) (zie afbeelding boven). De krachtoverbrenging op de beide wielen vindt plaats via de satellietandwielen van het differentieel (2). Deze zijn in staat het toerentalverschil tussen het wiel in de binnenbocht en het wiel in de buitenbocht te compenseren, doordat ze om hun eigen as draaien en tegelijkertijd afwentelen op de zonniewielen (3).

Wanneer de auto rechthoek rijdt, draaien de satellietandwielen niet. Ze functioneren dan als een vaste verbinding tussen de beide uitgaande assen waarop de wielen zijn bevestigd. In een bocht wordt het binnenste wiel licht afgeremd, de satellietandwielen gaan draaien en maken het buitenste wiel sneller. Het buitenste wiel is altijd precies zoveel sneller dan het binnenste wiel langzamer is.

Te ingewikkeld? Geen probleem, het belangrijkste is dat je een keer gezien hebt hoe een differentieel werkt, en je kent nu een elegante mogelijkheid waarmee je bij een voertuig beide wielen van de achteras kunt aandrijven.

Model: functiemodel differentieel

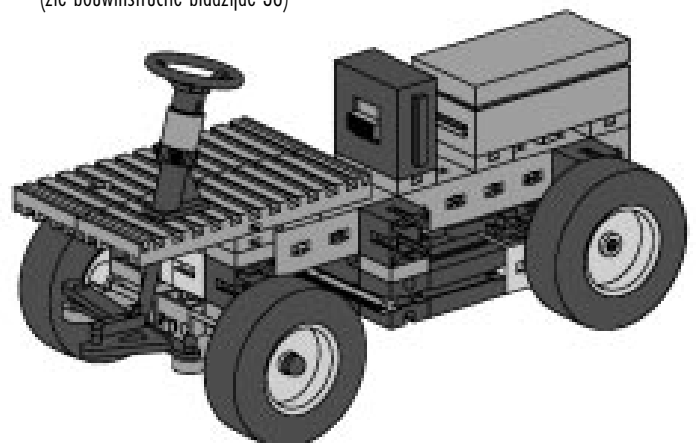
(zie bouw instructie bladzijde 34)



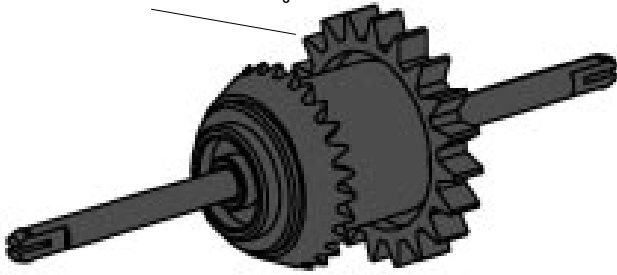
Om beter te kunnen zien hoe een differentieel van binnen is opgebouwd, bouw je het na als een groot functiemodel van fischertechnik-bouwdelen. Daarbij is van belang dat je de wielmoer (4) aan de draaischijf (1) niet aansluit, zodat deze nog vrij op de as kan draaien.

Model: achterin geplaatste motor en differentieel

(zie bouw instructie bladzijde 36)



In de modellen tot nu toe werd het differentieel door een conisch tandwiel resp. door een riem aangedreven. Nu drijven we het differentieel echter via het tandwiel met rechte vertanding aan.



Daardoor kunnen we de motor direct naast het differentieel plaatsen, zoals dat bij een voertuig met achterin geplaatste motor het geval is.

Opdracht:

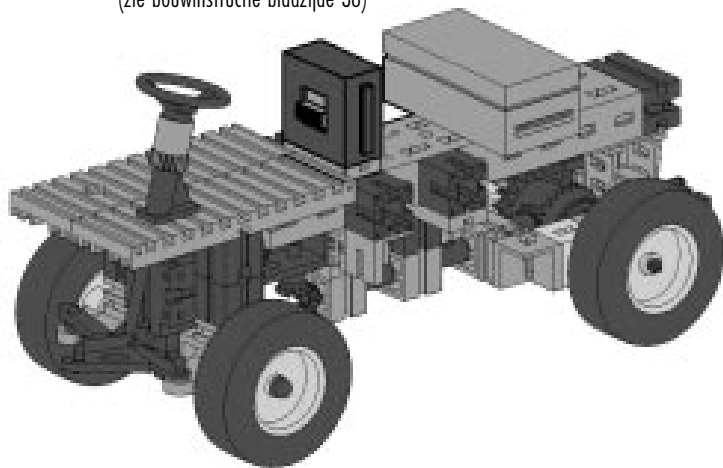
Wat was het beroemdste met een achterin geplaatste motor uitgeruste voertuig?

Oplossing:

De VW Kever. De motor alsmede de aandrijfas bevonden zich achterin. Het gewicht van de motor direct op de as zorgde ervoor dat de Kever in de winter zeer goed door de sneeuw kon komen.

Model: schommelas en differentieel

(zie bouwstructuur bladzijde 38)



Bij een schommelas is de as niet star met het voertuig verbonden, maar kan om de aandrijfas draaien.

Opdracht:

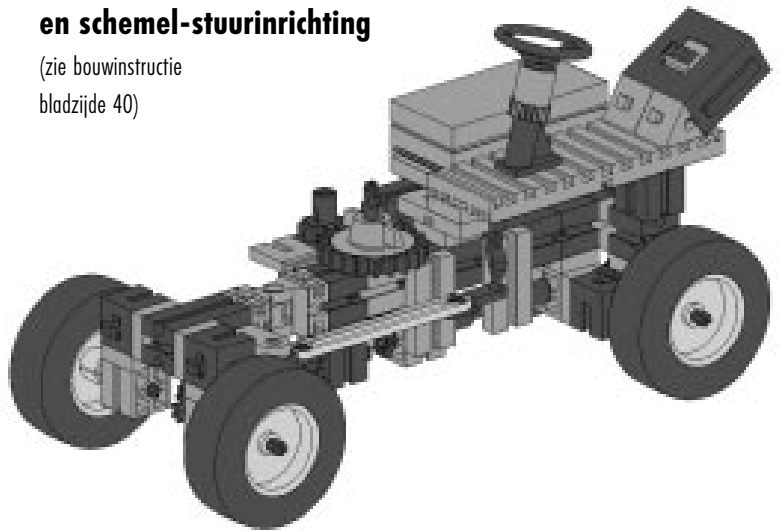
Wat is het voordeel van een schommelas ten opzichte van een starre as? Bij welke voertuigen wordt hij ingezet?

Oplossing:

Bij een schommelas blijven beide wielen ook op oneffen terrein op de grond en zorgen voor de noodzakelijke aandrijving. Hij wordt bijv. ingezet bij voertuigen op bouwplaatsen, bij unimogs en terreinwagens.

Model: aandrijving op alle wielen en schemel-stuurinrichting

(zie bouwstructuur bladzijde 40)



Bij sommige voertuigen worden beide assen en zodoende alle 4 wielen aangedreven. In ons laatste model drijven we weliswaar beide assen aan, maar we gaan een beetje smokkelen en drijven per as maar één wiel aan, opdat het voertuig ook zonder differentieel bochten kan maken. Als besturing wordt dit keer een zogenaamde schemel-stuurinrichting gebruikt.

Opdracht:

Welke voertuigen met aandrijving op alle wielen ken je?

Wat levert een aandrijving op alle wielen op?

Bij welke voertuigen vind je een schemel-stuurinrichting?

Oplossing:

Aandrijving op alle wielen vind je bij voertuigen die geschikt zijn voor gebruik in ruw terrein, maar ook bij personenauto's. Het voordeel is vooral dat je bij een gladde ondergrond (bijv. ijs) wezenlijk beter vooruitkomt.

Schemel-stuurinrichtingen worden vooral op bouwplaatsen ingezet, bijv. bij laadschoppen of kiepauto's. Door hun kleine draaicirkel zijn ze erg wendbaar.

Zoveel over het thema voertuigtechniek. Met zekerheid beoordeel je menig detail aan voertuigen nu met andere ogen dan voorheen en kunt moeiteloos meepraten wanneer ze het hebben over auto's en de techniek die erin zit. Iedereen zal verbaasd zijn hoe goed je op de hoogte bent!

1. Cartech: ¡Técnica automovilística total!

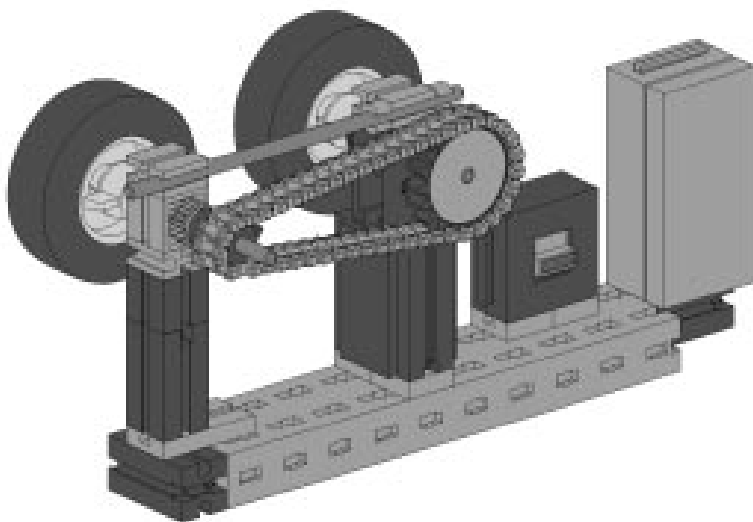
Montar en la bicicleta, pedalear duro y, allá vamos. Subir al coche, arrancar el motor, meter la velocidad y, de viaje. Todo muy normal, ¿no te parece? ¿Pero, que hay detrás de eso, qué sucede entre los pedales y las ruedas, cómo funciona la técnica que nos permite ir lentamente en una velocidad baja y subir con relativa facilidad una cuesta o en una velocidad alta bajar velozmente una pendiente? ¿Cómo funcionan las direcciones y los diferentes sistemas de accionamiento? A todas esas preguntas da respuesta la caja de construcción Cartech. Lo mejor de ello es: con los modelos construidos en base a las Instrucciones de Construcción puede probarse directamente cómo funciona todo eso y leer después en el cuaderno adjunto lo que se esconde detrás. ¡Así que, manos a la obra!

2. Transmisión de fuerza por cadena

La cadena puede emplearse perfectamente para la transmisión de la fuerza de un eje al otro. En la bicicleta, p. ej., es transmitida la fuerza con una cadena de los pedales (eje de accionamiento) a la rueda trasera (eje de derivación). Al ir en bicicleta puede observarse que la combinación de piñones de diferente tamaño (cambio de marchas) permite que en la 1ª velocidad haya que pedalear rápido y avanzar solo lentamente; por el contrario, en la velocidad 21ª se pedalea solo lentamente y se avanza rápidamente, aunque cuesta más fuerza.

Modelo: Transmisión de cadena

(ver Manual de Construcción, página 6)



En nuestro primer modelo, el eje de accionamiento no es movido por pedales, sino por un motor. Montamos diferentes piñones y observamos qué pasa:

Ensayo 1:

Eje de accionamiento en el motor (1) con piñón Z20 (=20 dientes), eje de derivación (2) con piñón Z10 (=10 dientes), exactamente como muestra el Manual de Construcción. ¿Cuál de las ruedas gira más rápidamente?

Observación:

La rueda del eje de derivación gira más rápidamente que la rueda del eje de accionamiento.

Si desmontas el engranaje del motor y giras a mano la rueda de accionamiento, podrás observar que la rueda de derivación gira exactamente al doble de velocidad que la de accionamiento.

Ensayo 2:

Cambia los piñones de ambos ejes: Eje de accionamiento con el piñón Z10 y eje de derivación con el piñón Z20. ¿Cuál de las ruedas gira más rápidamente?

Observación:

La rueda del eje de derivación gira más lentamente que la del eje de accionamiento.

Si desmontas el engranaje del motor y giras a mano la rueda de accionamiento, podrás observar que la rueda de derivación gira exactamente al doble de velocidad que la de accionamiento.

Ensayo 3:

Ambos ejes con piñón Z20 (=20 dientes)

Observación:

Ambas ruedas giran a la misma velocidad.

Ensayo 4:

Ambos ejes con piñón Z10 (=10 dientes)

Observación:

Ambas ruedas giran a la misma velocidad.

O sea, que no importa el tamaño de los piñones, mientras que éstos sean iguales (con el mismo número de dientes), los ejes girarán siempre a la misma velocidad.

¿Y de qué nos sirve esto ahora? Muy sencillo, vemos que de la relación del tamaño de los piñones entre sí depende el comportamiento de la velocidad de las ruedas. Exactamente, todo depende de la relación del número de dientes de ambos piñones.

En los ensayos 3 y 4, ambos piñones tienen el mismo número de dientes. La relación de

$$\frac{\text{Núm. de dientes rueda de derivación}}{\text{Núm. de dientes rueda de accionamiento}} \text{ equivale a } \frac{20}{20} \text{ (ens. 1) y } \frac{10}{10} = \frac{1}{1} \text{ (ens. 2)}$$

El número de dientes de la rueda de derivación está siempre en el numerador, y el de la rueda de accionamiento en el denominador del quebrado. Se dice también que la relación de transmisión es de 1 a 1. Las ruedas giran a la misma velocidad.

En el ensayo 1 la relación de transmisión es de: $\frac{20}{10} = \frac{2}{1}$ (de dos a uno).

En el ensayo 2 la relación de transmisión es de: $\frac{10}{20} = \frac{1}{2}$ (de uno a dos).

Si la relación de transmisión es superior a 1, se trata entonces de una transmisión lenta, llamada también reducción o desmultiplicación. Si es menor de 1, se trata entonces de una transmisión rápida.

Para expresar la relación de transmisión, en lugar del quebrado es también usual emplear el punto doble:

Relación de transmisión en

ensayo 1 = 20:10 = 2:1 ensayo 3 = 20:20 = 1:1

ensayo 2 = 10:20 = 1:2 ensayo 4 = 10:10 = 1:1

Si la cifra delante del punto doble (número de dientes de la rueda de derivación) es mayor que la cifra detrás del punto doble (número de dientes de la rueda de accionamiento), se trata entonces de una transmisión lenta, llamada «reducción»; si la cifra detrás del punto doble es mayor que la de delante, la transmisión es entonces rápida.

Puedes usar la forma de representación que desees. En los ensayos de más abajo utilizaremos ambas expresiones.

Ahora, con estos conocimientos, ya puedes construir coches que corran rápido o lentamente. Mira en el Manual de Construcción, allí hallarás tres vehículos con accionamiento de cadena para un tractor, un coche de carreras y un vehículo todo terreno.

Modelos: Accionamiento de tractor, de coche de carreras y de vehículo todo terreno (ver Manual de Construcción, página 8)

Los tres modelos se diferencian únicamente por la combinación y la disposición de los piñones.

Tarea:

Anota para cada modelo los números de dientes de las ruedas de accionamiento y de derivación en la tabla y calcula la transmisión.

Modelo	Piñón de accionamiento	Piñón de derivación	Transmisión
Tractor			
Coche de carreras			
Vehículo todo terreno (cuatro ruedas)			

Solución:

Modelo	Piñón de accionamiento	Piñón de derivación	Transmisión
Tractor	Z10	Z20	2:1
Coche de carreras	Z20	Z10	1:2
Vehículo todo terreno (cuatro ruedas)	Z20 y Z10	Z20 y Z10	1:1

Construye los tres modelos uno después de otro y haz los siguientes ensayos con cada modelo:

Ensayo 1:

¿Qué tan rápido es el modelo?

Haz un recorrido de, p. ej., un metro y controla con un cronómetro el tiempo necesario para ese tramo.

Ensayo 2:

¿Qué pendiente puede hacer?

Para la pendiente puedes emplear una tabla apoyada sobre una pila de libros o en una silla.

¿Que puedes observar?

Observaciones:

El tractor es el modelo más lento, pero supera el ascenso más pendiente. El coche de carreras es el más rápido, pero solo consigue un pequeño ascenso. El vehículo todo terreno está en el medio.

Resultados:

Como puedes ver, cuanto más rápido sea el coche, tanto menos fuerza tienen las ruedas. Esa fuerza se llama en la técnica «momento dinamométrico». El momento dinamométrico está en relación inversa a la transmisión, es decir, si se duplican las revoluciones entre las ruedas de accionamiento y de derivación, el momento dinamométrico se reduce a la mitad (coche de carreras). Si se reduce a la mitad el número de revoluciones, se duplica entonces el momento dinamométrico.

Ahora puedes imaginarte también por qué en tu bicicleta vas más lento en la 1ª velocidad, pero puedes subir casi cualquier pendiente (baja velocidad, alto momento dinamométrico).

3. Cambios de marcha

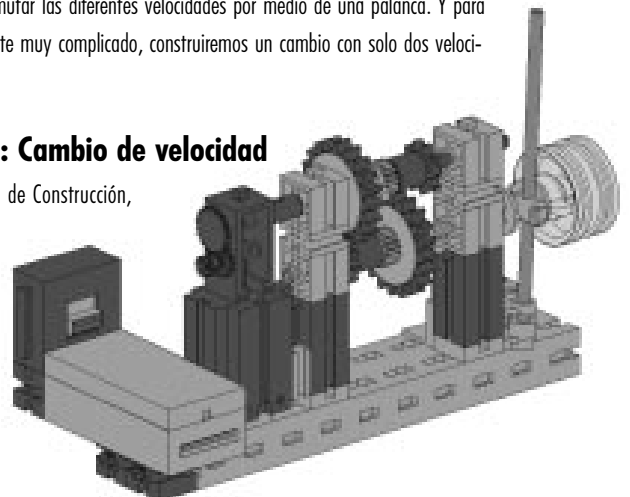
No solamente pueden modificarse las revoluciones y el momento dinamométrico con una cadena, sino también con cambio de marcha, en el que los piñones engranan directamente entre sí. Y esto ahorra espacio. Contrariamente a lo que sucede con el accionamiento de cadena, la rueda de derivación gira en sentido contrario al de la rueda de accionamiento.

¿Por qué se emplea un cambio de marcha si se puede regular la velocidad con el acelerador?

La mayoría de los motores tienen una velocidad demasiado alta sin cambio de marcha y una fuerza muy baja, por lo que no es posible accionar las ruedas directamente. Por eso es que, por medio de un cambio de marcha se reducen las revoluciones y se aumenta al mismo tiempo la fuerza disponible. Además, no todos los motores dan la misma potencia en cada nivel de revoluciones. Con la ayuda de un cambio de marcha se consigue que el motor funcione a un nivel de revoluciones conveniente, sin importar la velocidad a que se desea correr. Igual que en el coche, construiremos ahora un cambio de marcha, en el que se pueden conmutar las diferentes velocidades por medio de una palanca. Y para que no resulte muy complicado, construiremos un cambio con solo dos velocidades.

Modelo: Cambio de velocidad

(ver Manual de Construcción, página 14)

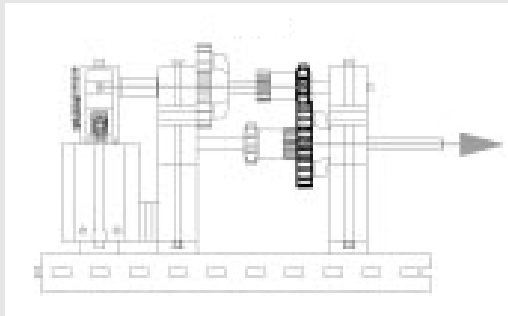


Para ver como funciona un cambio de marcha puedes montar en este modelo de demostración un cambio de marcha. Eso se consigue rápidamente y muestra prácticamente el funcionamiento. Lo importante es que entre la primera y la segunda velocidad haya un espacio estrecho de punto muerto. Y así podrán después engranar los dientes más fácilmente.

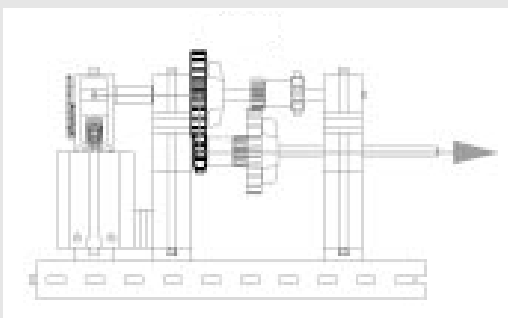
Tarea:

¡Calcula la relación de transmisión en la 1ª velocidad y en la 2ª!

Solución:



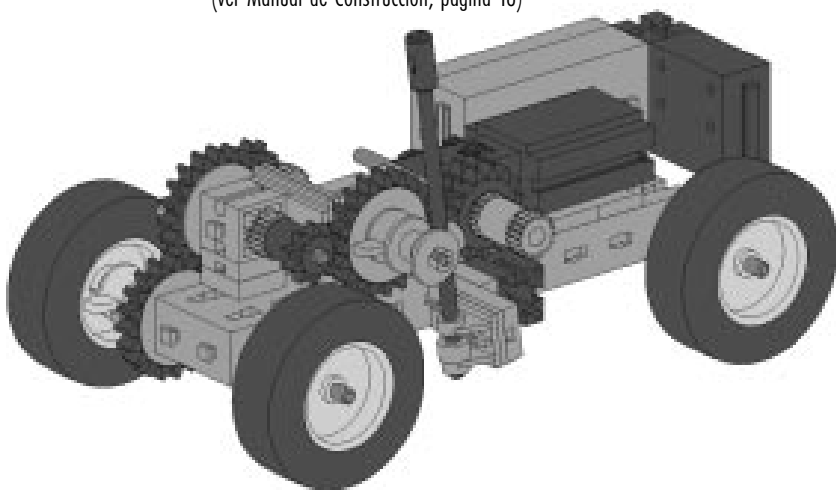
1ª velocidad (lenta): $20:10 = 2:1$,
es decir, la llanta gira a la mitad de las revoluciones del motor



2ª velocidad (rápida): $10:20 = 1:2$,
es decir, la llanta gira al doble de las revoluciones del motor

Modelo: Vehículo con cambio de marcha

(ver Manual de Construcción, página 16)

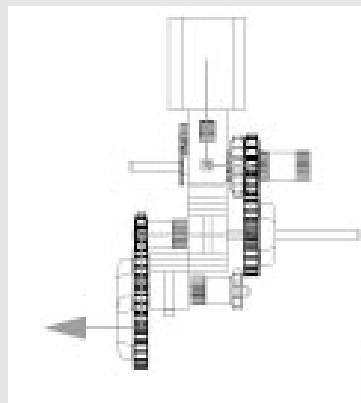


Ahora puedes construir este vehículo con un cambio de marcha. En cada construcción de vehículo se presta atención a que el cambio de marcha ocupe el menor espacio posible. El vehículo tiene dos velocidades.

Tarea:

¿Cuál es la relación de transmisión en la primera velocidad y en la segunda?

Solución:

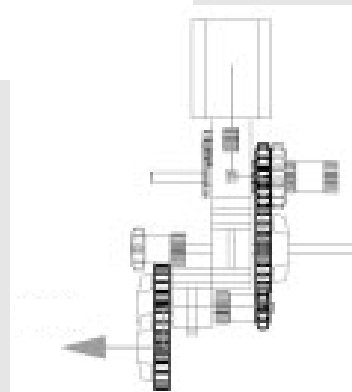


En la primera velocidad (lenta), la relación de transmisión es de

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} = 2$$

En la segunda velocidad (rápida), la relación de transmisión es de

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$



En la segunda velocidad, el vehículo va cuatro veces más rápido que en la primera velocidad.

Si se parte del árbol de accionamiento del motor, se obtiene entonces un escalón más de transmisión, esto es, de ambos piñones contiguos con 15 dientes sobre el piñón de 20 dientes.

Ese escalón tiene la transmisión de $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$

La transmisión total se calcula mediante multiplicación de ambos escalones de transmisión:

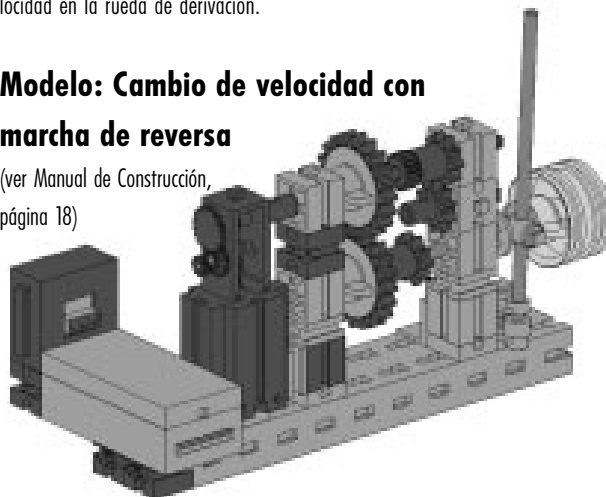
Primera velocidad: $\frac{2}{1} * \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$ o $2,66:1$ Segunda velocidad: $\frac{1}{2} * \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$ o $0,66:1$

En total, las ruedas giran más lentamente que en el cambio de marcha estacionario ($2:1$ en la primera velocidad, $1:2$ o $0,5:1$ en la segunda velocidad)

Esto es: Cuanto mayor sea la relación de transmisión, tanto menor es la velocidad en la rueda de derivación.

Modelo: Cambio de velocidad con marcha de reversa

(ver Manual de Construcción, página 18)



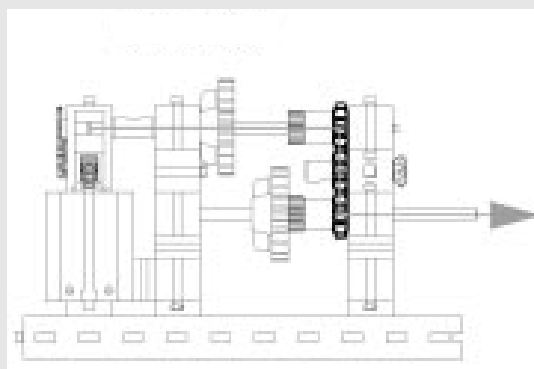
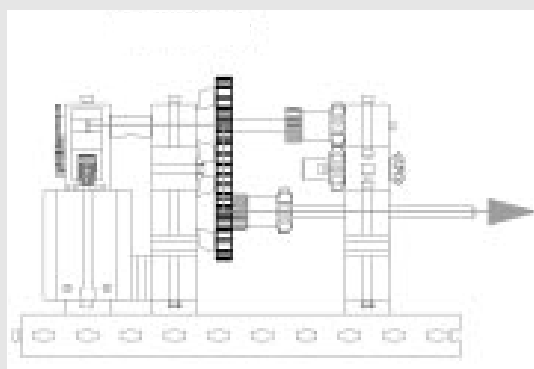
En el motor eléctrico de fischertechnik puede invertirse fácilmente el sentido de marcha mediante inversión de la polaridad en la alimentación de corriente. En un motor de combustión interna, eso no es posible, gira siempre en el mismo sentido. Se consigue invertir el sentido de giro por medio de un cambio de marcha con marcha de reversa. Cómo funciona eso, nos lo muestra este modelo, en forma de cambio de marcha estacionario.

Tarea:

1. ¿Cómo se consigue en un cambio de marcha el diferente sentido de marcha de avance y de reversa?
2. ¡Calcula la relación de transmisión en la marcha de avance y de reversa!

Solución:

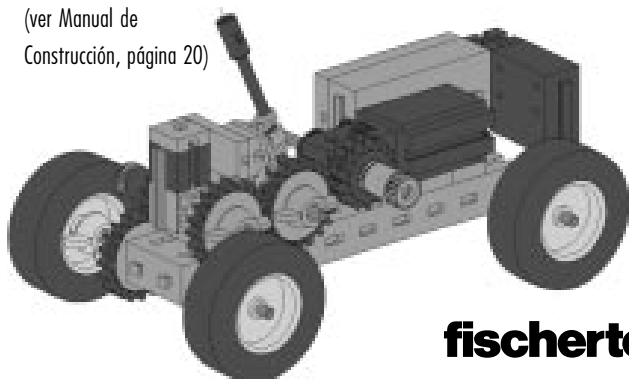
Ya en nuestro primer ensayo con los cambios de velocidad hemos visto que la rueda de derivación gira en sentido contrario al de la rueda de accionamiento. Para la marcha de reversa se invierte una vez más el sentido de giro, para lo que se requiere un tercer piñón. O sea, que el cambio de marcha con marcha de avance y de reversa tiene que engranar una vez dos piñones entre sí y otra vez tres piñones.



La relación de transmisión en marcha de avance y en reversa es igual, esto es, $10:10 = 20:20 = 1$

Modelo: Vehículo con marcha de reversa:

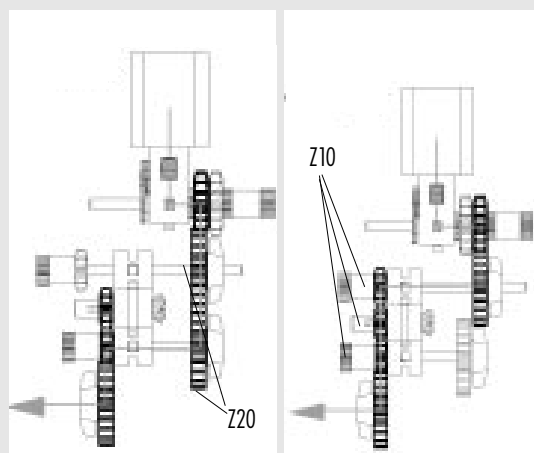
(ver Manual de Construcción, página 20)



En este modelo va montado en un vehículo el cambio de marcha con marcha de reversa.

Tarea:

¿Cuáles son las relaciones de transmisión en marcha de avance y de reversa?



Solución:

Entre los piñones responsables del cambio de sentido de marcha (2 piñones Z20 en la marcha de avance y 3 piñones Z10 en la marcha de reversa), la relación de transmisión es en cada caso de 1:1, es decir, que no necesitamos tenerla en cuenta para el cálculo. Limitémonos entonces a la transmisión entre el árbol de accionamiento del motor (piñón Z15) y el primer piñón Z20, así como a los dos últimos piñones Z10 y Z20 en el eje trasero del vehículo.

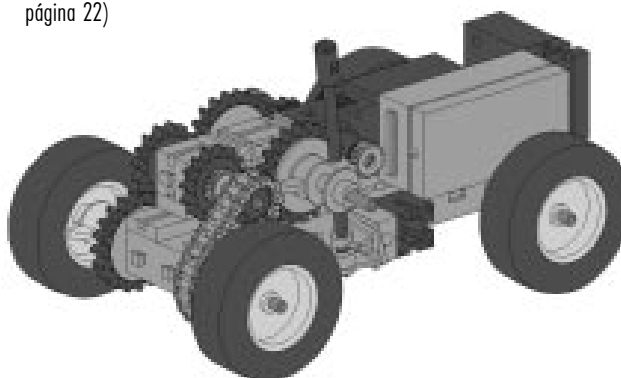
Volvemos a obtener la transmisión total por multiplicación de las diversas transmisiones:

$$\frac{20}{15} \cdot \frac{20}{10} = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{1} = \frac{8}{3}$$

La relación de transmisión es igual en marcha de avance y en reversa.

Modelo: Vehículo con marcha de reversa y accionamiento de cadena:

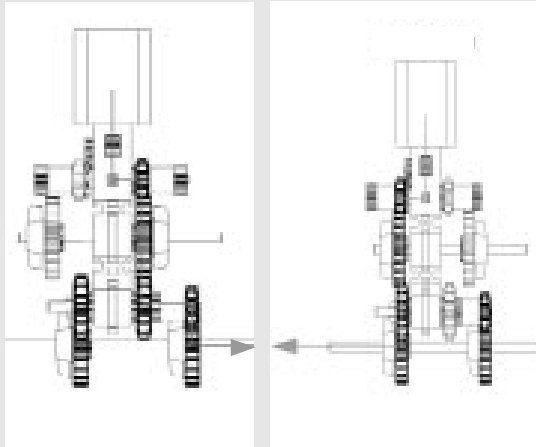
(ver Manual de Construcción, página 22)



Dado que un vehículo real es más rápido en marcha de avance que en reversa, también este modelo tiene ambas transmisiones diferentes.

Tarea:

¿Qué tan grandes son las transmisiones en marcha de avance y en reversa, calculado en cada caso a partir del árbol de accionamiento del motor?

Solución:

Avance (más rápido):

$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{15} = \frac{6000}{3000} = \frac{2}{1}$$

Reversa (más lento):

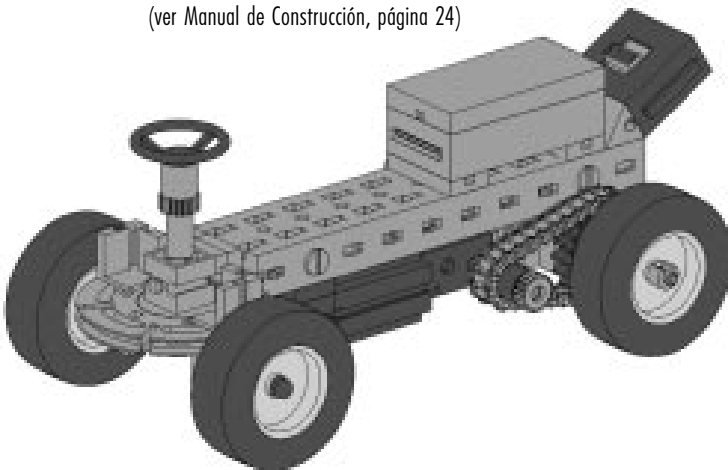
$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{10} = \frac{6000}{2000} = \frac{3}{1}$$

4. Direcciones de vehículo

En los modelos vistos hasta aquí falta algo muy importante que forma parte de un vehículo: La dirección. ¿Pues, qué vehículo marcha solo en línea recta? Ya antes de haber coches, las tartanas y carruajes estaban equipados con una dirección. Aquellas direcciones eran muy sencillas, como en nuestro siguiente modelo:

Modelo: Dirección de travesaño giratorio

(ver Manual de Construcción, página 24)



En la llamada dirección de travesaño giratorio va montado el eje delantero completo sobre una tabla o placa redonda y fijada al vehículo en forma giratoria. O sea, que el eje delantero completo puede moverse sobre un punto de giro, con lo que es conducible el vehículo. Pero como en las curvas recorren las ruedas diferentes tramos, las ruedas deben ir montadas con giro libre sobre el eje, para que puedan girar a velocidades diferentes.

Tarea 1:

¿Qué rueda hace el mayor recorrido en una curva, la interior o la exterior?

¿Qué rueda gira más rápido?

¡Haz la prueba!

Solución:

La rueda exterior hace el mayor recorrido, recorre una circunferencia mayor. Y como tiene que recorrer un trayecto mayor en el mismo tiempo, tiene que girar más rápidamente.

Tarea 2:

¿Qué desventajas se constatan al probar la dirección de travesaño giratorio?

Solución:

Las ruedas requieren mucho espacio para doblar.

En las curvas cerradas se voltea fácilmente el vehículo, especialmente si va rápido.

Tarea 3:

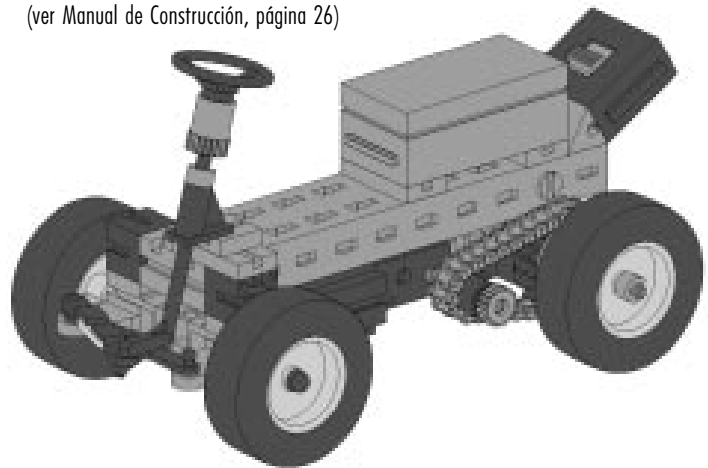
¿En qué vehículos se hallan hoy aún direcciones de travesaño giratorio?

Solución:

Por ejemplo, en remolques y en carros de adrales.

Modelo: Dirección por rotación de muñones

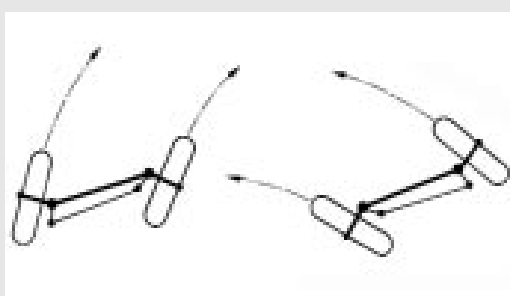
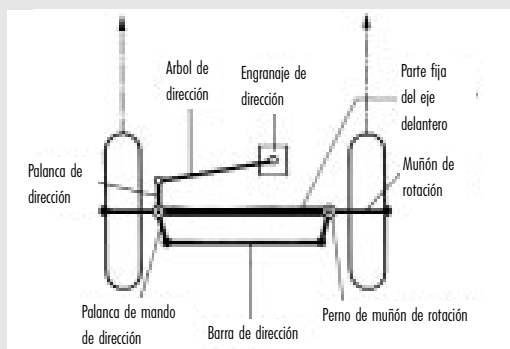
(ver Manual de Construcción, página 26)



Cuando los motores de los coches se hicieron cada vez más potentes y, con ello también, más veloces, los constructores de vehículos tuvieron que buscar también mejores direcciones. Y así surgió la dirección por rotación de muñones, como la empleada en nuestro modelo.

En la dirección por rotación de muñones van cada una de las ruedas sobre un eje muy corto, llamado muñón de eje. Ese muñón de eje es giratorio sobre un perno de eje.

La llamada barra de mando de dirección une ambos muñones de rotación a las llamadas palancas de mando de dirección. A esa disposición genial de barras y palancas se le llama trapecio de dirección. Este se encarga de que en las curvas doble la rueda interior en mayor medida que la exterior. Esto puedes observarlo también en el modelo de fischertechnik. Por medio del árbol de dirección se giran los muñones de rotación hacia la izquierda y hacia la derecha.



Tarea:

¿Qué ventaja ofrece la dirección por rotación de muñones frente a la dirección de travesaño giratorio?

Solución:

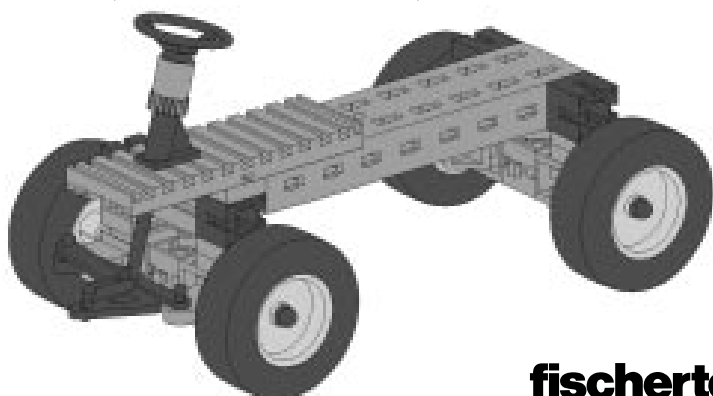
Menor requerimiento de espacio, ya que las ruedas giran sobre un eje muy corto.

Mayor estabilidad en las curvas, ya que apenas cambia la posición de la ruedas.

Escaso desgaste de las llantas, ya que con el doblado diferente de la rueda interior las ruedas se mueven exactamente sobre el arco correcto.

Modelo: Vehículo con dirección sobre todas las ruedas

(ver Manual de Construcción, página 28)



En la dirección sobre todas las ruedas llevan dirección por rotación de muñones tanto el eje delantero, como el trasero. Ambas direcciones son acopladas y controladas por un mismo volante.

Tarea:

¿Qué ventaja ofrece la dirección sobre todas las ruedas y dónde es aplicada?

Solución:

La dirección sobre todas las ruedas permite un arco de giro más pequeño. Es empleada allí donde los vehículos tienen que ser de manejo especialmente fácil, p. ej., en obras estrechas para movimiento de tierra. En los vehículos especialmente largos, p. ej., tractores para semiremolques, dirige también adicionalmente el eje trasero, ya que de otro modo tendrían problemas incluso en las curvas normales.

5. Accionamientos de vehículo

En muchos vehículos, el motor va adelante, pero son accionadas las ruedas traseras. En este capítulo se trata de la forma en que es transmitida la fuerza del motor a las ruedas. Pues, en realidad, esto tiene lugar en forma distinta a los modelos Cartech construidos.

Modelo: Vehículo con árbol de accionamiento y accionamiento por engranaje cónico

(ver Manual de Construcción, página 30)



Este modelo lleva un accionamiento típico de camión de carga. Alante, debajo de la cabina – no existente en nuestro modelo – se halla el motor. La fuerza es transmitida a la rueda trasera por medio de un árbol de accionamiento. Para la transmisión de la fuerza en ángulo recto utilizamos los llamados engranajes cónicos, llamados así porque su dentado va inclinado en forma coniforme.

Tarea:

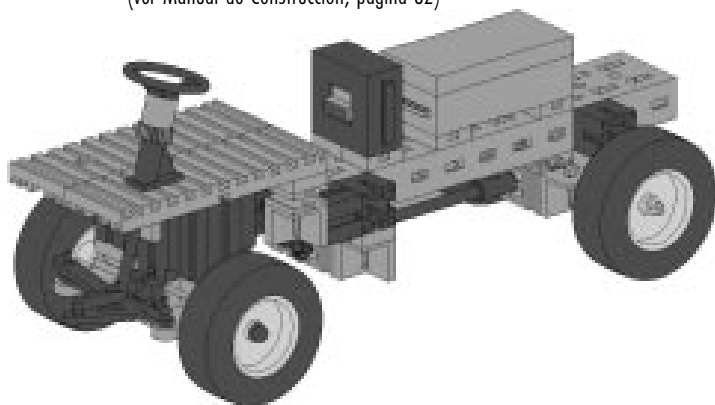
En este modelo, al igual que en los anteriores con dirección, es accionada una sola rueda trasera. ¿Por qué?

Solución:

En las curvas, las ruedas recorren tramos distintos y giran a velocidad también distinta. Si ambas ruedas fueran unidas y accionadas en forma rígida, girarían entonces forzosamente a la misma velocidad y empujarían al vehículo en línea recta. Si, por el contrario, solo es accionada una rueda, la otra gira entonces libremente y a velocidad distinta.

Modelo: Vehículo con diferencial

(ver Manual de Construcción, página 32)



Naturalmente que no es ideal el accionamiento sobre una sola rueda del eje trasero, pues el vehículo tiene entonces una menor potencia de accionamiento. Una invención genial que hace posible el accionamiento sobre ambas ruedas sin estar rígidamente unidas entre sí, es la llamada transmisión diferencial. Arma primeramente el modelo y después veremos la técnica más detenidamente.

Ensayo:

Haz que el coche marche primeramente en línea recta y después en una curva y observa si giran ambas ruedas y si el modelo hace una curva perfecta, sin empujar en línea recta.

Observación:

Suponiendo que el modelo esté correctamente construido, ambas ruedas del eje trasero giran tanto en la marcha en línea recta, como en las curvas.

El modelo hace una curva correcta.

Resultado:

Sin saber de antemano cómo funciona exactamente una transmisión, apreciamos que obviamente es idóneo para accionar ambas ruedas simultáneamente.

Ensayo 1:

Gira separadamente cada una de las ruedas; ¿qué pasa con cada una de las otras ruedas?

Observación:

Giran en el otro sentido.

Ensayo 2:

Arranca el motor. Ambas ruedas deben girar a la misma velocidad.

¿Qué pasa si sujetas una rueda?

Observación:

La otra rueda gira más rápidamente.

Tarea:

¿Con la observación hecha en el ensayo 2 puedes explicarte por qué en el invierno no se avanza en el coche si patina en el hielo una de las ruedas de accionamiento?

Lösung:

La rueda que patina gira muy rápido y la rueda sobre suelo firme se para (es «sujetada»).

Funcionamiento del diferencial:

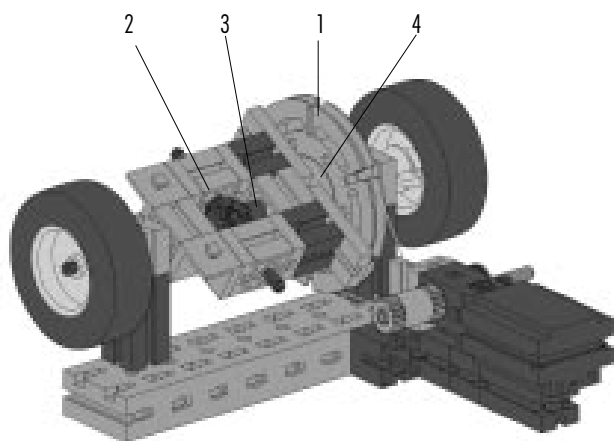
El diferencial es accionado por la polea de correa (1) (ver ilustración de más arriba). La transmisión de fuerza a ambas ruedas tiene lugar a través de los piñones cónicos del diferencial (2). Estos son capaces de compensar la diferencia de revoluciones entre las ruedas de la curva interior y exterior por medio de giro sobre su propio eje y rodando al mismo tiempo sobre las ruedas del árbol de accionamiento (3).

Quando el coche va en línea recta no giran las ruedas de compensación del diferencial. Actúan en este caso como unión firme entre ambos ejes de accionamiento sobre los cuales van fijadas las ruedas. En una curva es frenada ligeramente la rueda interior, las ruedas de compensación comienzan a girar y mueven más rápidamente la rueda exterior. La rueda exterior es siempre exactamente tanto más rápida como la interior más lenta.

¿Complicado? No importa; lo principal es que has visto cómo funciona un diferencial, y tu conoces ya una elegante posibilidad de impulsar ambas ruedas del eje trasero de un vehículo.

Modelo: Modelo funcional engranaje diferencial

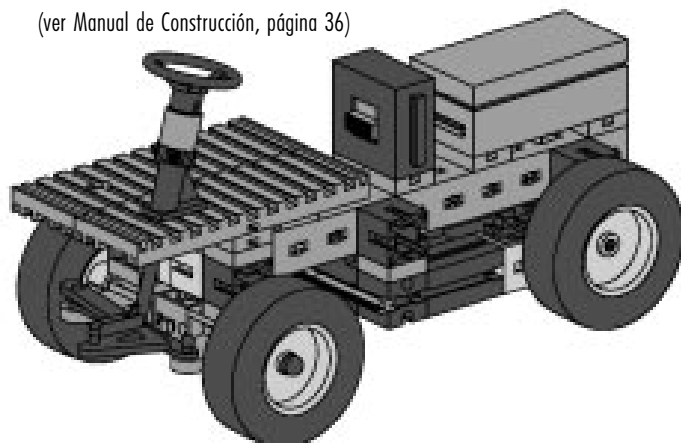
(ver Manual de Construcción, página 34)



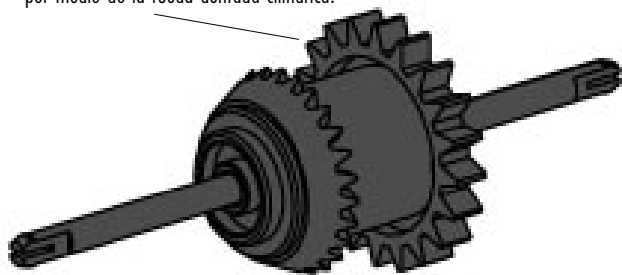
Para ver más fácilmente cómo está construido un engranaje diferencial, construyelo como gran modelo funcional con elementos constructivos de fischertechnik. Lo importante en ello es que la tuerca de sombrerete (4) no apriete fuerte contra el disco giratorio (1), de forma que pueda girar libremente sobre el eje.

Modelo: Motor trasero y engranaje diferencial

(ver Manual de Construcción, página 36)



En los modelos vistos hasta aquí, el diferencial era accionado por un piñón cónico o por medio de una correa. Pero ahora vamos a accionar el diferencial por medio de la rueda dentada cilíndrica.



De esa forma podemos posicionar el motor directamente junto al diferencial, como es el caso de un vehículo con motor trasero.

Tarea:

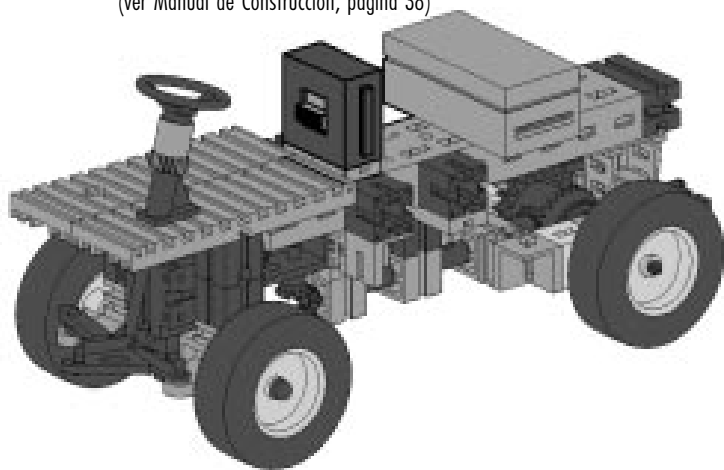
¿Cuál ha sido el vehículo más famoso equipado con motor trasero?

Solución:

El VW Kaefer (cucaracha). El motor y el eje de accionamiento se hallan atrás. El peso del motor directamente sobre el eje hace que el Kaefer se comporte tan bien en invierno sobre la nieve.

Modelo: Eje oscilante y engranaje diferencial

(ver Manual de Construcción, página 38)



En un eje oscilante, el eje no va rígidamente unido al vehículo, sino que puede girar sobre el árbol de accionamiento.

Tarea:

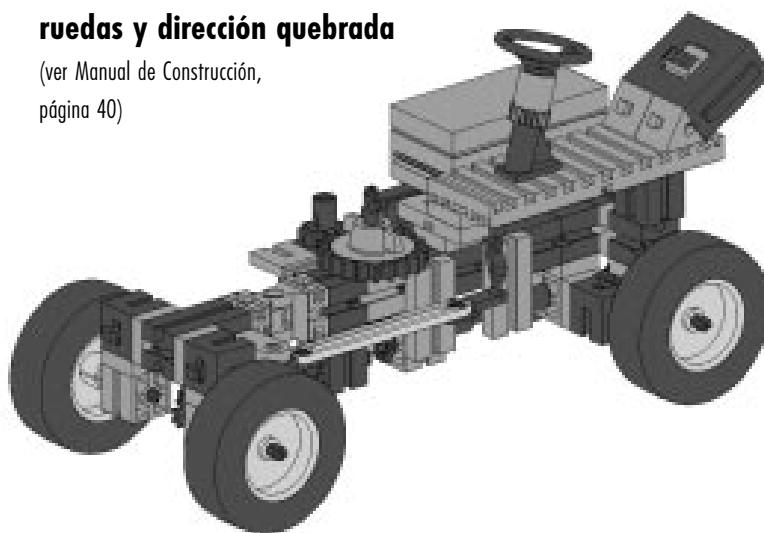
¿Dónde está la ventaja de un eje oscilante respecto a un eje rígido?
¿En qué clase de vehículos se emplea?

Solución:

Con un eje oscilante permanecen siempre ambas ruedas en el suelo, incluso en terreno desigual, proporcionando así el necesario accionamiento. Se emplea, p. ej., en vehículos de obras de construcción, Unimogs y vehículos todo terreno.

Modelo: Accionamiento sobre las cuatro ruedas y dirección quebrada

(ver Manual de Construcción, página 40)



En algunos vehículos son accionados ambos ejes y, con ello, todas las 4 ruedas. En nuestro último modelo accionamos ambos ejes, pero es- camoteamos algo y accionamos solo una rueda en cada eje, para que el vehículo pueda dar las curvas sin diferencial. Como dirección se utiliza esta vez una dirección quebrada.

Tarea:

¿Qué vehículos conoces con accionamiento sobre las cuatro ruedas?
¿Qué ofrece el accionamiento sobre las cuatro ruedas?
¿En qué vehículos se encuentran direcciones quebradas?

Solución:

El accionamiento sobre las cuatro ruedas se halla en los vehículos todo terreno y también en turismos. La ventaja radica, sobre todo, en una marcha considerablemente mejor sobre pisos resbaladizos (p. ej., sobre hielo).

Las direcciones quebradas se emplean sobre todo, p. ej., en palas cargadoras o vehículos de caja basculante. Son muy manejables con su pequeño círculo de vuelta.

Hasta aquí el tema de la técnica de vehículos. Seguramente que ahora podrás enjuiciar mejor algunos detalles de los vehículos y podrás participar fácilmente en conversaciones donde se «trivialice» sobre los coches y la técnica que se esconde en ellos.

¡Todo mundo se asombará de lo bien que la conoces!

1. Cartech: tecnologia automobilística total!

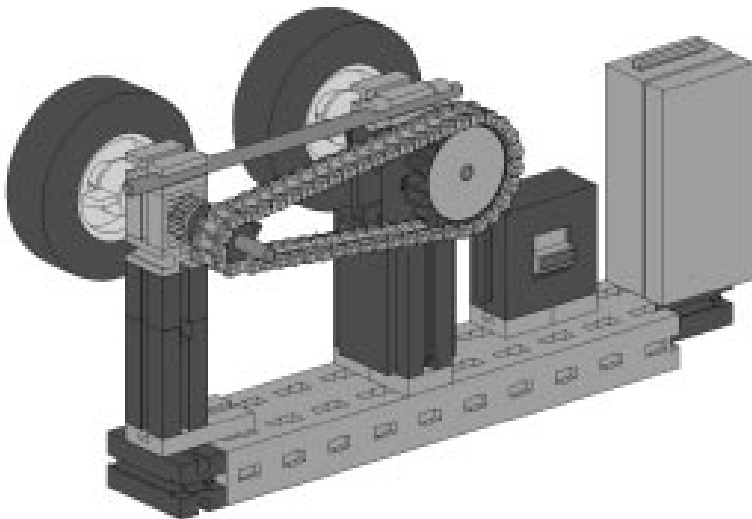
Montar na bicicleta, pedalar fortemente, é o início do passeio. Entrar no carro, dar partida ao motor, meter a marcha, é o início da viagem. Tudo normalíssimo, não é? Mas o que se esconde por detrás disso tudo, o que acontece entre os pedais e as rodas, como funciona a técnica que nos possibilita trafegar lentamente com uma marcha pequena, mas subir um morro de modo relativamente fácil, ou descer um morro com uma marcha alta e uma grande velocidade. Como funcionam as direções e os diversos sistemas propulsores? O kit Cartech responde a todas estas perguntas. O interessante: nos modelos que são montados com ajuda das instruções é possível experimentar diretamente como funciona tudo e depois ler neste folheto todas as explicações. Então, vamos!

2. Transmissão através de uma corrente

Uma corrente pode ser muito bem utilizada para transmitir a força de um eixo para um outro eixo. No caso de uma bicicleta utiliza-se uma corrente para transmitir a força dos pedais (eixo propulsor) à roda traseira (eixo de saída). Na bicicleta você pode observar que a combinação de correntes de diferentes dimensões (câmbio por corrente) faz com que na 1. marcha seja necessário pedalar mais rapidamente, mas o avanço é lento, enquanto que na 21. marcha só é necessário pedalar muito lentamente com avanço rápido, mas que custa bem mais força.

Modelo: Transmissão por correntes

(vide instrução de montagem na página 6)



No nosso primeiro modelo o eixo propulsor não é acionado por pedais, mas por um motor. Montamos rodas dentadas diferentes e observamos o que vai acontecer:

Experiência 1:

Eixo propulsor no motor (1) com roda dentada Z20 (=20 dentes), eixo de saída (2) com roda dentada Z 35;10 (=10 dentes), tal como mostrado na instrução de montagem. Qual é a roda que gira mais rapidamente?

Observação:

A roda no eixo de saída gira mais rapidamente que a roda no eixo propulsor.

Se você separar a caixa de câmbio do motor e girar manualmente a roda propulsora, poderá ver que a roda de saída gira com o dobro da velocidade da roda propulsora.

Experiência 2:

Troque as rodas dentadas em ambos os eixos: eixo propulsor com roda dentada Z10, eixo de saída com roda dentada Z 35;20. Qual é a roda que agora gira mais rapidamente?

Observação:

A roda no eixo de saída gira mais lentamente que a roda no eixo propulsor.

Se você separar a caixa de câmbio do motor e girar manualmente a roda propulsora, poderá ver que a roda de saída gira precisamente com metade da velocidade da roda propulsora.

Experiência 3:

Ambos os eixos com roda dentada Z20 (=20 dentes)

Observação:

Ambas as rodas giram à mesma velocidade.

Experiência 4:

Ambos os eixos com roda dentada Z10 (=10 dentes)

Observação:

Ambas as rodas giram novamente à mesma velocidade.

Isso significa que não é importante o tamanho das duas rodas dentadas, pois enquanto elas tiverem o mesmo número de dentes os eixos giram à mesma velocidade.

E daí? Muito simples; a gente vê que a velocidade das rodas depende exclusivamente da proporção das rodas dentadas entre si. Mais precisamente, depende da relação dos números de dentes de ambas as rodas dentadas. No ensaio 3 e 4 ambas as rodas dentadas possuem o mesmo número de dentes.

A relação entre

$$\frac{\text{número de dentes na roda de saída}}{\text{número de dentes na roda propulsora}} \text{ é de } \frac{20}{20} \text{ (ensaio 1) ou } \frac{10}{10} = \frac{1}{1} \text{ (ensaio 2)}$$

O número de dentes da roda de saída está sempre no numerador, o número de dentes da roda propulsora no denominador da fração. Também se diz que a relação de câmbio é de 1 para 1. As rodas giram à mesma velocidade.

No ensaio 1 a relação de câmbio é de : $\frac{20}{10} = \frac{2}{1}$ (dois para um).

No ensaio 2 a relação de câmbio é de : $\frac{10}{20} = \frac{1}{2}$ (um para dois).

Se a relação de câmbio for maior que 1, trata-se de uma desmultiplicação. Se for menor que 1, trata-se de uma multiplicação.

Para a relação de câmbio, em vez da fração também é usual a notação com dois pontos:

Relação de câmbio no

ensaio 1 = 20:10 = 2:1

ensaio 2 = 10:20 = 1:2

ensaio 3 = 20:20 = 1:1

ensaio 4 = 10:10 = 1:1

Se o número à esquerda dos dois pontos (número de dentes da roda de saída) for maior que o número à direita dos dois pontos (número de dentes da roda propulsora), trata-se de uma desmultiplicação, se o número à direita dos dois pontos for maior que o número à esquerda dos dois pontos, trata-se de uma multiplicação.

Fica ao seu critério a notação que você quer utilizar. Nos ensaios seguintes vamos utilizar ambas as notações.

E agora, com estes conhecimentos, você tem condições de montar carros que se deslocam rápida ou lentamente. Dê uma olhadinha na instrução de montagem, onde você vai encontrar três veículos com corrente como transmissão: um trator, um carro de corrida e um veículo todo o terreno.

Modelos: Transmissão para trator, para carro de corrida e para veículo todo o terreno

(vide instrução de montagem na página 8)

Os três modelos só se diferenciam pela combinação e disposição das rodas dentadas.

Função:

Para cada modelo, anotar na tabela o número de dentes da roda propulsora e da roda de saída e depois calcular a relação de câmbio.

Modelo	Roda dentada propulsão	Roda dentada de saída	Relação de câmbio
Trator			
Carro de corrida			
veículo todo o terreno (quatro rodas)			

Solução:

Modelo	Roda dentada propulsão	Roda dentada de saída	Relação de câmbio
Trator	Z10	Z20	2:1
Carro de corrida	Z20	Z10	1:2
veículo todo o terreno (quatro rodas)	Z20 e Z10	Z20 e Z10	1:1

Monte os três modelos sucessivamente e, com cada modelo, faça as seguintes experiências:

Experiência 1:

Qual é a velocidade do modelo? Determine um percurso, por exemplo de um metro, e com um cronômetro medir o tempo que o veículo precisa para percorrer esse percurso.

Experiência 2:

Qual a inclinação que o veículo consegue superar?

Você pode construir um plano inclinado com uma tábua que você encosta a uma pilha de livros ou a uma cadeira.

O que você está vendo?

Observações:

O trator é o modelo mais lento, mas consegue vencer a maior inclinação. O carro de corrida é o mais rápido, mas só consegue vencer uma pequena inclinação. O veículo todo o terreno encontra-se na posição intermediária.

Resultados:

Então você vê que: quanto mais rápido for o carro, menor é a força das rodas. Na técnica, essa força chama-se «torque». O torque está na relação inversa à relação de câmbio, ou seja, se for duplicado o número de rotações entre a roda dentada propulsora e a roda dentada de saída, o torque fica reduzido a metade (carro de corrida). Se o número de rotações for reduzido a metade, o torque duplica.

Agora você entende por que na bicicleta, com a 1. marcha, você avança lentamente mas consegue subir quase todos os morros (velocidade reduzida, torque elevado).

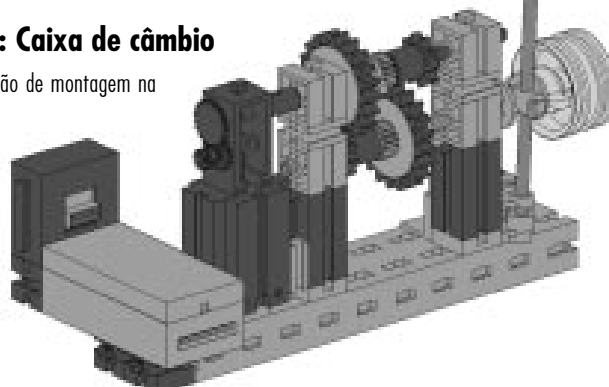
3. Caixa de câmbio

Não é somente com uma corrente que é possível alterar o número de rotações e o torque, mas também com uma caixa de câmbio, em que as rodas dentadas engrenam diretamente umas nas outras. É claro que isso economiza espaço. O contrário do que acontece na transmissão por correntes, a roda de saída gira no sentido contrário ao da roda propulsora. Para qual a finalidade de uma caixa de câmbio? A gente também poderia regular a velocidade através do pedal do acelerador! A maioria dos motores, sem caixa de câmbio, possuem um número de rotações demasiado elevado e pouca força, de modo que não é possível acionar diretamente as rodas. Por isso, utilizando uma caixa de câmbio é reduzido o número de rotações, ao mesmo tempo que é elevada a força disponível. Além disso, muitos motores não têm a mesma potência em qualquer regime. Com a ajuda de uma caixa de câmbio pode-se conseguir que o motor permaneça sempre num regime favorável, independentemente da velocidade a que se deseja trafegar.

De modo idêntico ao que existe num carro, vamos agora construir uma caixa de câmbio com uma alavanca para engatar as diferentes marchas. Para não complicar muito, vamos montar uma caixa de câmbio só com duas marchas.

Modelo: Caixa de câmbio

(vide instrução de montagem na página 14)

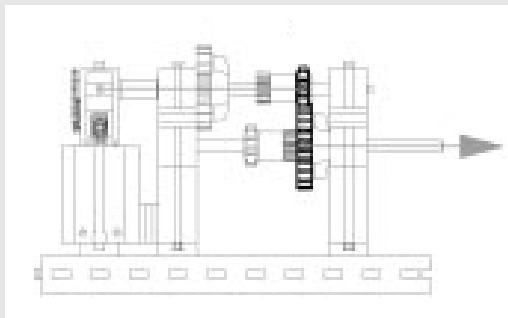


Para ver como funciona uma caixa de câmbio, você pode montar este modelo de demonstração de uma caixa de câmbio estacionária. Faz-se rapidamente e o funcionamento fica bem claro. É importante que entre a primeira e a segunda marcha exista uma faixa estreita de ponto morto. Assim, quando se faz a troca da marcha os dentes podem engrenar melhor entre si.

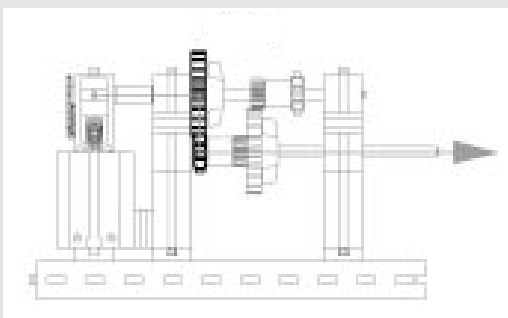
Tarefa:

Calcular as relações de câmbio na primeira e na segunda marcha!

Solução:



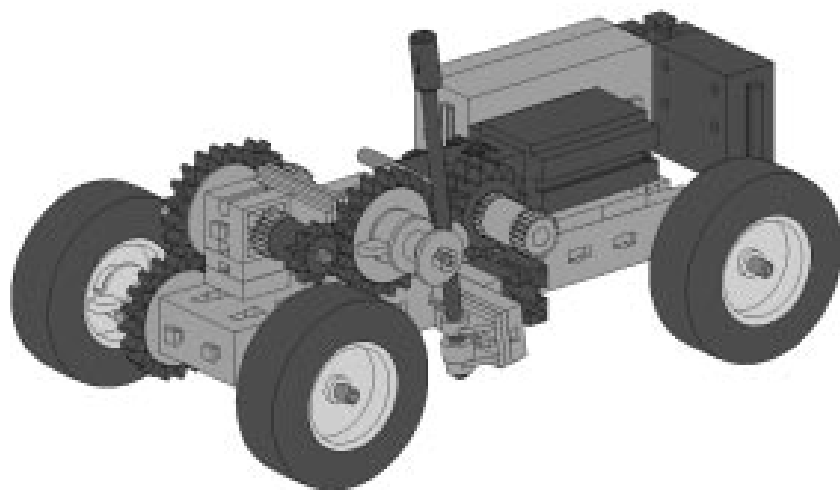
1. marcha (lenta): $20:10 = 2:1$,
ou seja, a roda gira com metade do número de rotações do motor



2. marcha (rápida): $10:20 = 1:2$,
ou seja, a roda gira com o dobro das rotações do motor

Modelo: Veículo com caixa de câmbio

(vide instrução de montagem na página 16)

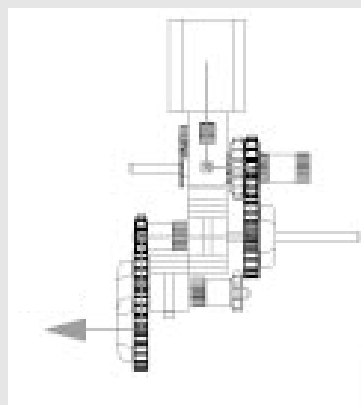


Agora você pode montar este veículo com uma caixa câmbio. Na construção de veículos presta-se atenção para que a caixa de câmbio não ocupe muito espaço. O veículo possui duas marchas.

Tarefa:

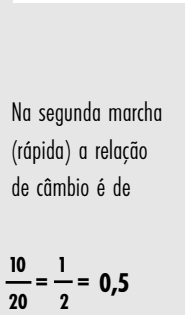
Como são as relações de câmbio na primeira e na segunda marchas?

Solução:



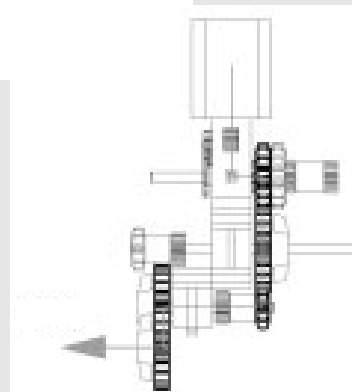
Na primeira marcha (lenta) a relação de câmbio é de

$$\frac{20}{10} = \frac{2}{1} = 2$$



Na segunda marcha (rápida) a relação de câmbio é de

$$\frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$



Na segunda marcha veículo desloca-se quatro vezes mais rápido do que na primeira marcha.

Partindo do eixo de saída da caixa do motor, existe ainda mais um escalão de transmissão, mais precisamente das rodas dentadas situadas uma ao lado da outra com 15 dentes em relação à roda dentada com 20 dentes.

Este escalão tem uma relação de câmbio de $\frac{20}{15} = \frac{4}{3}$

A relação total é calculada multiplicando ambos os escalões de transmissão:

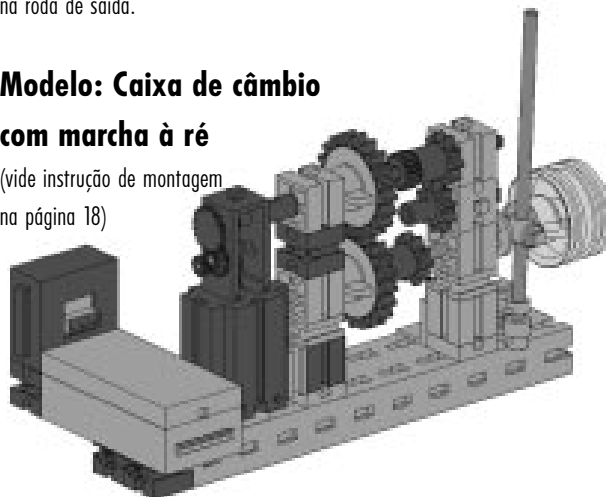
Primeira marcha: $\frac{2}{1} * \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$ ou 2,66:1 Segunda marcha: $\frac{1}{2} * \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$ ou 0,66:1

Em termos totais, as rodas giram um pouco mais lentamente do que no caso das caixas de cambio estacionárias (2:1 na primeira marcha, 1:2 ou 0,5:1 na outra marcha).

Aplica-se: quanto maior for a relação de câmbio, menor será a velocidade na roda de saída.

Modelo: Caixa de câmbio com marcha à ré

(vide instrução de montagem na página 18)



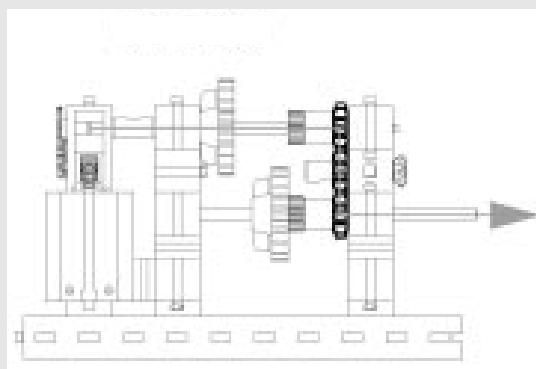
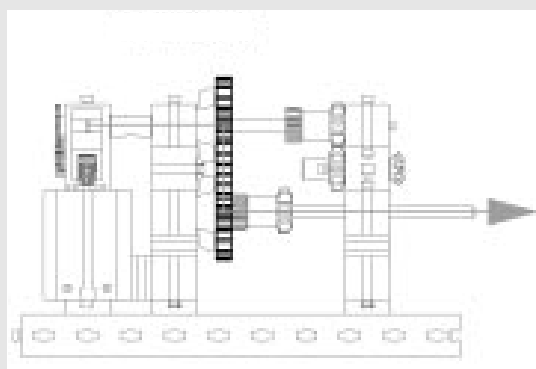
No caso do motor elétrico fischertechnik é possível inverter simplesmente o sentido de rotação na medida em que se inverte a polaridade da alimentação elétrica. Isso não é possível no caso de um motor de combustão, que funciona sempre no mesmo sentido. A inversão do sentido de rotação é conseguida através de uma caixa de câmbio com marcha à ré. Este modelo mostra o funcionamento, mais precisamente como caixa de câmbio simples e estacionária.

Tarefa:

1. Como é que, numa caixa de câmbio, se consegue o sentido de rotação diverso na marcha para a frente e na marcha à ré?
2. Calcule a relação de câmbio na marcha para a frente e na marcha à ré!

Solução:

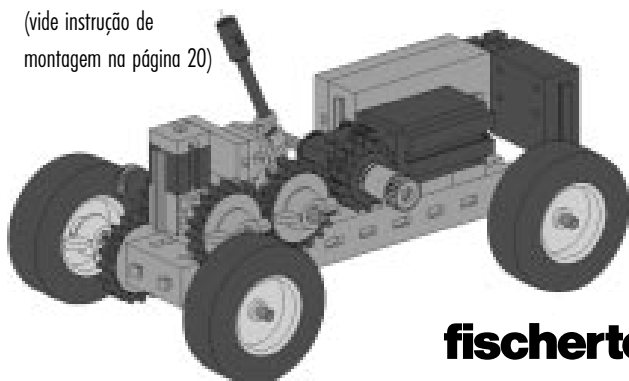
Já no nosso primeiro ensaio com a caixa de câmbio vimos que a roda de saída gira no sentido contrário ao da roda propulsora. Para a marcha à ré invertamos mais uma vez o sentido de rotação e para isso precisamos de uma terceira roda dentada. A caixa de câmbio com marcha para a frente e marcha à ré tem que ter por um lado duas rodas dentadas e por outro lado três rodas dentadas engrenadas entre si.



Das relação de câmbio é idêntica na marcha para a frente e na marcha à ré, ou seja, $10:10 = 20:20 = 1$

Modelo: Veículo com marcha à ré:

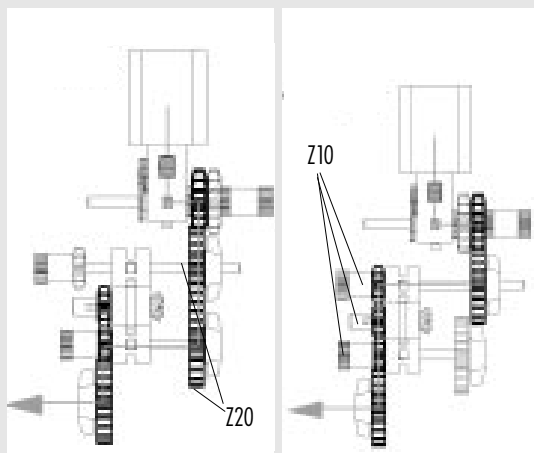
(vide instrução de montagem na página 20)



Neste modelo a caixa de câmbio com marcha à ré está montada em um veículo.

Tarefa:

Como são as relações de câmbio na marcha para a frente e na marcha à ré?



Solução:

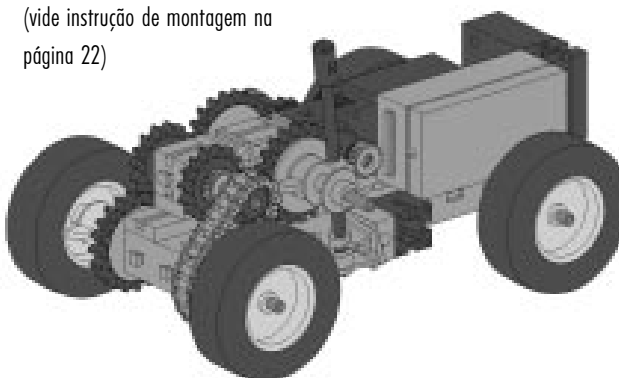
Entre as rodas dentadas responsáveis pela inversão de sentido (2 rodas dentadas Z20 na marcha para a frente e 3 rodas dentadas Z10 na marcha à ré), a relação de câmbio é cada vez 1:1, ou seja, para o cálculo não é necessário tomá-la em consideração. Vamos nos limitar à transmissão entre o eixo do motor redutor (roda dentada Z15) e a primeira roda dentada Z20, bem como nos limitamos a ambas as últimas rodas dentadas Z10 e Z20 no eixo traseiro do veículo.

A relação total de câmbio é novamente obtida pela multiplicação de cada uma das transmissões: $\frac{20}{15} * \frac{20}{10} = \frac{4}{3} * \frac{2}{1} = \frac{8}{3}$

A relação de câmbio é idêntica na marcha para a frente e na marcha à ré.

Modelo: Veículo com marcha à ré e transmissão por correntes

(vide instrução de montagem na página 22)

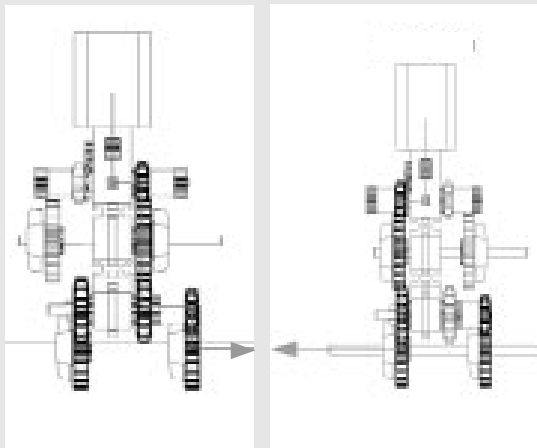


Dado que um veículo a sério é mais rápido na marcha para a frente do que na marcha à ré, este modelo também possui relações de câmbio diferentes em ambas as marchas.

Tarefa:

Quais são as relações de câmbio na marcha para a frente e na marcha à ré, calculadas, respectivamente, a partir do eixo de saída do motor?

Solução:



Marcha para a frente (mais rápida): Marcha à ré (mais lenta):

$$\frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{15} = \frac{6000}{3000} = \frac{2}{1} \quad \frac{20}{10} * \frac{15}{20} * \frac{20}{10} = \frac{6000}{2000} = \frac{3}{1}$$

Tarefa 1:

Qual é a roda que, numa curva, percorre um percurso maior, a roda interna ou a externa?

Qual é a roda que gira mais rapidamente?

Experimente no modelo!

Solução:

A roda externa percorre um percurso maior, pois ela descreve um círculo maior. Como ela percorre um percurso maior no mesmo espaço de tempo, ela também gira mais rapidamente.

Tarefa 2:

Quais são as desvantagens que você constatou quando experimentou a direção com pivô no modelo?

Solução:

As rodas precisam de muito espaço quando se gira o volante.

Em curvas apertadas o veículo tomba facilmente, especialmente quando se desloca com velocidade.

Tarefa 3:

Em que veículos se podem encontrar, ainda hoje direções com pivô?

Solução :

Por exemplo no caso de reboques e de carrinhos de mão de madeira.

4. Direções de veículos

Nos modelos até agora apresentados falta uma coisa muito importante que integra qualquer veículo: a direção. Não há nenhum veículo que só siga a direito! Mesmo no tempo em que ainda não havia automóveis, as carroças e as carruagens estavam equipadas de uma direção. Essas direções tinham uma construção muito simples, tal como no nosso modelo seguidamente apresentado:

Modelo: Direção com pivô

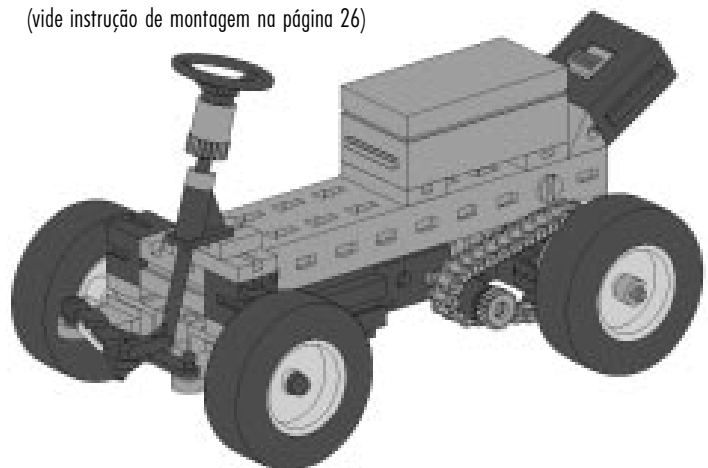
(vide instrução de montagem na página 24)



No caso da chamada direção com pivô todo o eixo dianteiro é montado sobre uma prancha ou uma placa redonda e esta fixada ao veículo de modo pivotante. O eixo dianteiro completo gira em torno do centro de pivotagem e o veículo pode ser dirigido. Dado que numa curva ambas as rodas descrevem percursos diferentes, elas precisam estar apoiadas no eixo com rotação móvel, para que possam girar a velocidades diferentes.

Modelo: Direção Ackermann

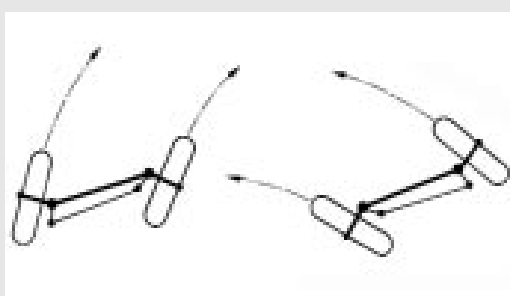
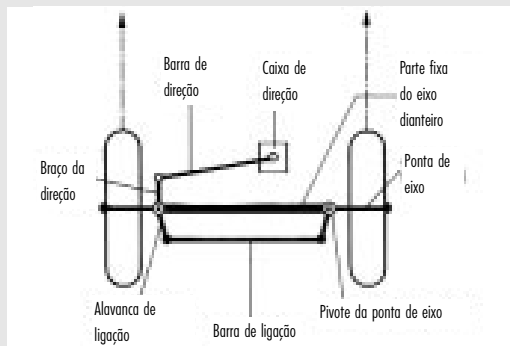
(vide instrução de montagem na página 26)



À medida que os motores dos veículos se foram tornando cada vez mais potentes e, por isso, os carros cada vez mais rápidos, os construtores de veículos também foram obrigados a conceber uma direção mais perfeita. Daí resultou a chamada direção Ackermann, tal como é também utilizada no nosso modelo.

No caso da direção Ackermann cada roda está apoiada em um eixo bem curto, que é chamado de ponta do eixo. Esta ponta do eixo está apoiada rotativamente sobre o chamado pivote da ponta do eixo.

A chamada barra de ligação liga ambas as pontas de eixo mediante as chamadas alavancas de ligação. Esta disposição genial das barras e das alavancas é chamada de trapézio da direção. Ela faz com que em uma curva, a roda interior se mova segundo um ângulo maior do que a roda exterior. Você também pode observar isso no modelo da fischertechnik. Através da barra da direção as pontas de eixo são giradas para a esquerda e para a direita.



Tarefa:

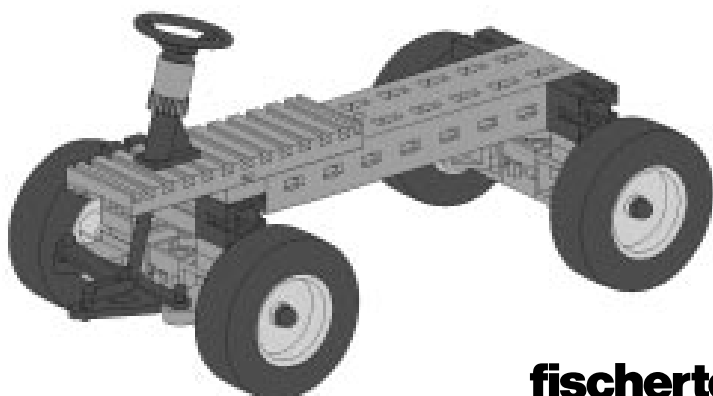
Quais as vantagens da direção Ackermann se comparada com a direção com pivô?

Solução:

Redução de espaço, uma vez que as rodas giram em torno de um eixo muito curto.
Maior estabilidade nas curvas, dado que a posição das rodas praticamente não sofre qualquer alteração.
Menor desgaste dos pneus, dado que devido à diferença de ângulo em que se move a roda interna e a roda externa, as rodas se movimentam no arco de círculo correto.

Modelo: Veículo com direção às quatro rodas

(vide instrução de montagem na página 28)



No caso da direção às quatro rodas, tanto o eixo dianteiro, quanto o eixo traseiro possuem uma direção Ackermann. Ambas as direções são acopladas e comandadas a partir de um volante.

Tarefa:

Qual a vantagem da direção às quatro rodas e onde é que ela é utilizada?

Solução:

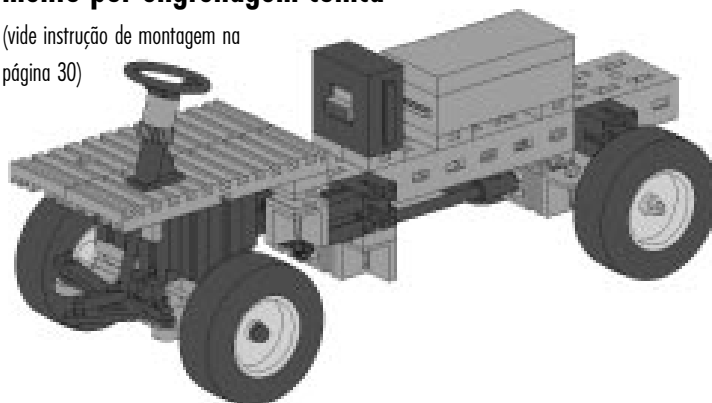
A direção às quatro rodas possibilita um diâmetro de viragem reduzido. Ela é utilizada sempre que for necessário utilizar veículos facilmente manobráveis, p. ex. em canteiros de obras estreitos para movimentação de terras. No caso de veículos muito longos, p. ex. cavalos mecânicos, o eixo traseiro também é dirigido adicionalmente, senão haveria problemas mesmo em curvas normais.

5. Transmissão em veículos

Em muitos veículos o motor encontra-se à frente, mas a tração é feita às rodas traseiras. Neste capítulo trata-se de saber como a força propulsora é transmitida do motor para as rodas. Pois que isso, na realidade, acontece de maneira diferente em comparação com os modelos Cartech até agora montados.

Modelo: veículo com eixo propulsor e acionamento por engrenagem cônica

(vide instrução de montagem na página 30)



Este modelo possui uma propulsão típica de caminhão. Na frente, debaixo da cabine do motorista (que não existe no nosso modelo), está situado o motor. A força é transmitida à roda traseira através de um eixo propulsor. Para a transmissão perpendicular da força utilizamos as chamadas rodas cônicas, que têm esse nome porque seus dentes são chanfrados em forma de cone.

Tarefa:

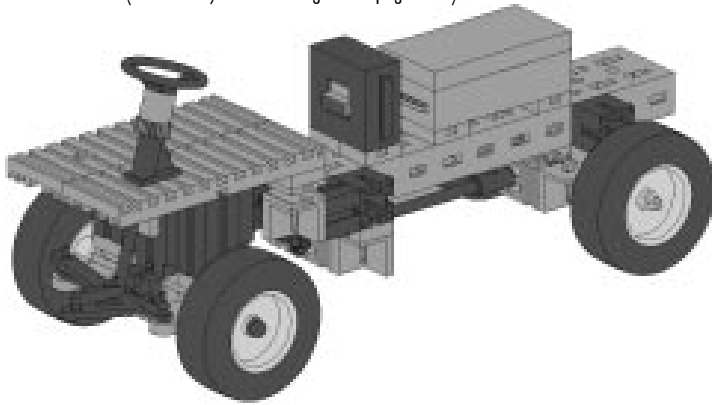
Neste modelo, e tal como nos modelos anteriores com direção, só é propulsionada uma roda traseira. E por quê?

Solução:

Nas curvas, as rodas traseiras também percorrem percursos diferentes, girando a velocidades diferentes. Se ambas as rodas estivessem rigidamente ligadas e propulsionadas, obrigatoriamente elas iriam rodar com a mesma velocidade e empurrar o veículo a direito. Se só uma roda for propulsionada, a outra gira livremente a qualquer velocidade.

Modelo: Veículo com diferencial

(vide instrução de montagem na página 32)



É claro que não é ideal a propulsão de só uma roda do eixo traseiro, visto que assim o veículo só possui uma baixa potência de propulsão. Um invenção genial que permite a propulsão de ambas as rodas, sem que elas estejam rigidamente ligadas entre si, é o chamado diferencial. Primeiro você deve montar o modelo e depois vamos dar uma olhadinha mais detalhada na técnica.

Ensaio:

Primeiro deixe o veículo deslocar-se a direito e depois faça-o descrever uma curva; observe se ambas as rodas estão sempre girando e se o modelo descreve uma curva correta, sem tendência para ir a direito.

Observação:

Partindo do princípio que o modelo foi montado corretamente, ambas as rodas do eixo traseiro giram, tanto na marcha a direito quanto na curva. O modelo descreve uma curva exata.

Resultado:

Sem saber ainda como funciona o diferencial, podemos reconhecer que ele é apropriado para propulsionar simultaneamente ambas as rodas traseiras.

Experiência 1:

Girar cada roda individualmente. O que acontece com a respectiva outra roda?

Observação:

Ela gira no outro sentido.

Experiência 2:

Ligue o motor. Ambas as rodas devem girar com a mesma velocidade. O que acontece se você segurar uma roda?

Observação:

A outra roda gira mais rapidamente.

Tarefa:

Com base na observação feita na experiência 2, você pode explicar por que é que no Inverno você não consegue avançar com o carro se uma das rodas propulsoras estiver patinando no gelo?

Solução :

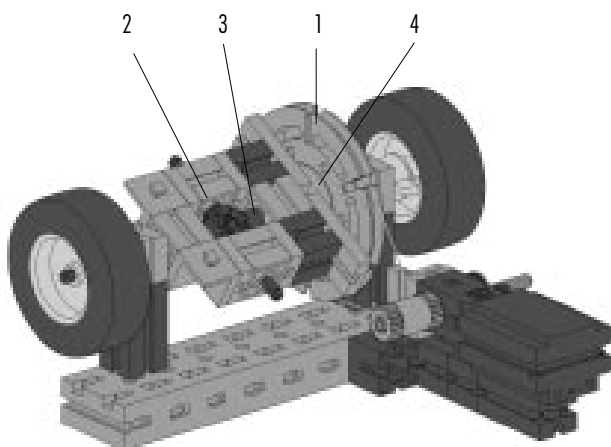
A roda que patina gira rapidamente, a roda que está sobre o piso rígido permanece imobilizada (ela está sendo «agarrada»).

Descrição do funcionamento do diferencial:

O diferencial é acionado pela polia da correia (1) (vide figura em cima). A transmissão de força para as duas rodas é feita mediante as rodas cônicas de compensação (2). Elas têm condições de compensar a diferença de rotações entre a roda interior e a roda exterior ao ser descrita a curva, na medida em que elas giram em torno de seu próprio eixo, ao mesmo tempo que rolam sobre as engrenagens cônicas do eixo primário (3). Se a marcha do veículo for a direito, as rodas de compensação não giram. Elas atuam como uma ligação rígida entre ambos os eixos de saída, aos quais as rodas se encontram fixadas. Numa curva, a roda interna é levemente freada, as rodas de compensação começam a girar e fazem com que a roda externa gire mais rapidamente. A roda externa é sempre mais rápida na mesma proporção em que a roda interna é mais lenta. Muito complicado? Não há problema, o principal é que você tenha visto como funciona um diferencial e agora você conhece uma maneira elegante de fazer propulsionar ambas as rodas traseiras de um veículo.

Modelo: Modelo funcional com diferencial

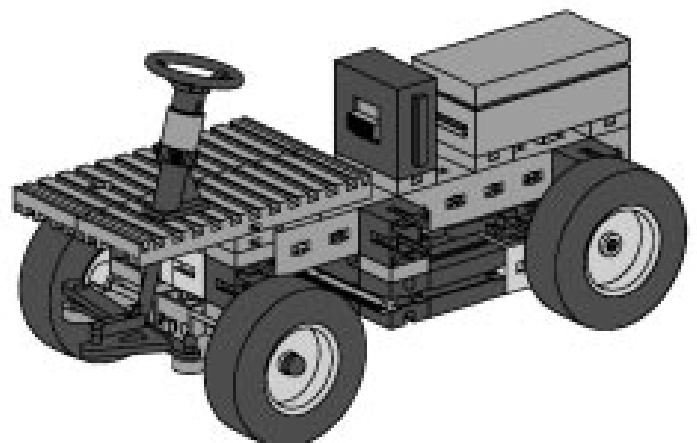
(vide instrução de montagem na página 34)



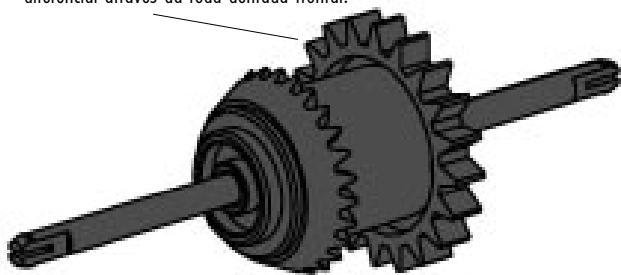
Para poder ver melhor a estrutura interna de um diferencial, você vai montá-lo como grande modelo funcional com base em peças da fischertechnik. É importante você não apertar a porca de cubo (4) na placa rotativa (1), para que ela possa girar livremente sobre o eixo.

Modelo: Motor traseiro e diferencial

(vide instrução de montagem na página 36)



Nos modelos até agora mostrados o diferencial era acionado por uma roda dentada cônica ou por uma correia. Mas agora vamos fazer o acionamento do diferencial através da roda dentada frontal.



Assim podemos colocar o motor diretamente ao lado do diferencial, como acontece num veículo com motor traseiro.

Tarefa:

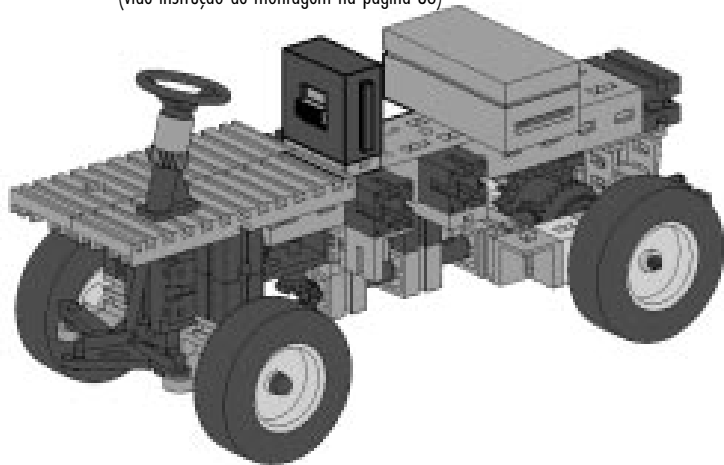
Qual foi o veículo mais famoso equipado de motor traseiro?

Solução:

O Fusca da VW. O motor, bem como o eixo propulsor, situavam-se atrás. O peso do motor diretamente sobre o eixo fazia com que o Fusca, no Inverno, tivesse uma tração muita boa sobre a neve.

Modelo: Eixo flutuante e diferencial

(vide instrução de montagem na página 38)



No caso de eixo flutuante, o eixo não está rigidamente ligado ao veículo, mas pode girar em torno do eixo propulsor.

Tarefa:

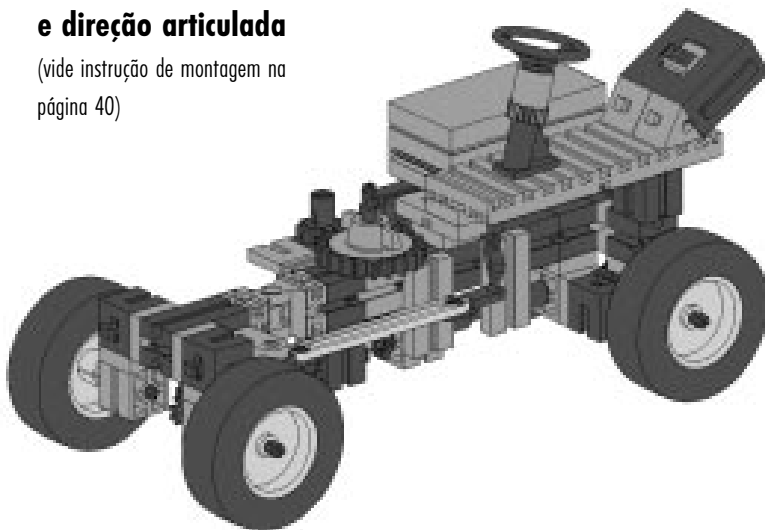
Qual é a vantagem de um eixo flutuante comparado com um eixo rígido? Em que veículos ele é utilizado?

Solução:

No caso de um eixo flutuante, mesmo com terreno acidentado ambas as rodas permanecem sobre o solo, proporcionando o acionamento necessário. Este eixo é utilizado em veículos de canteiros de obras, Unimogs e veículos todo o terreno.

Modelo: Tração integral e direção articulada

(vide instrução de montagem na página 40)



Em muitos veículos são acionados os dois eixos, e assim as quatro rodas. Em nosso último modelo vamos acionar ambos os eixos, mas em cada eixo só vamos acionar uma roda, para que o veículo possa descrever curvas mesmo sem diferencial. Desta vez vamos utilizar uma direção que tem o nome de direção articulada.

Tarefa:

Quais são os veículos com tração integral que você conhece?

Qual é vantagem da tração integral ?

Quais são os veículos que têm direção articulada?

Solução:

Tração integral têm veículos todo o terreno e também alguns carros de passeio. A vantagem principal consiste no fato de que com o piso escorregadio (p. ex. com gelo) o veículo consegue avançar bem melhor. Veículos com direção articulada são utilizados especialmente em canteiros de obras, p. ex. pás mecânicas e veículos basculantes. Graças ao reduzido diâmetro de viragem eles são facilmente manobráveis.

E é tudo quanto ao tema tecnologia automobilística. Agora você tem condições de observar com outros olhos alguns detalhes em veículos, podendo dar a sua opinião quando se estiver falando de automóveis e das respectivas características tecnológicas.

Todo o mundo vai ficar muito admirado com os conhecimentos que você tem!



fischerwerke
Artur Fischer
GmbH & Co. KG
Weinhalde 14-18,
D-72178 Waldachtal
Telefon 0 74 43/12-43 69
Telefax 0 74 43/12-45 91
<http://www.fischertechnik.de>
[email: fischertechnik-Service@fischerwerke.de](mailto:fischertechnik-Service@fischerwerke.de)