

Trainingslager 1: Herumfahren

Ein Übungs-Fahrgestell bauen, das programmierte Bewegungen präzise ausführt



🕒 30–45
Min.

📦 Einsteiger

🎓 Klassen
5–8

Unterstützung für Lehrkräfte

Wichtige Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler werden

- lernen, wie man mithilfe von Befehlen ein Fahrgestell präzise Bewegungen ausführen lässt (z. B.: Geradeausfahrt, Wenden, Kurvenfahrt, mit Sensor wenden, in einem bestimmten Muster fahren).

"Benötigte Sets & Software"

LEGO Education SPIKE Prime-Set

Zusätzliche Ressourcen

[Bauanleitungen](#)

[Lehrplanbezug \(Switzerland\)](#)

[Lehrplanbezug \(Austria\)](#)

[Python-Programme](#)

Lehrplanbezug

Naturwissenschaften und Technik

Informationsaufnahme und -verarbeitung / Informatik:

- direkte und indirekte Messverfahren vergleichen
- zuverlässige Messungen durchführen und Messfehler erkennen

Technik

Arbeitsweisen:

- Messwerte erfassen

Systeme und Prozesse / Information und Kommunikation:

- mit vorgegebenen Bauteilen ein einfaches technisches System (z. B. Fahrzeug, Roboterarm) erstellen, das durch Sensoren gesteuert wird
- physikalische Größen mit Sensoren erfassen und auswerten (Tastsensor, Farbsensor, Gyrosensor (Winkelsensor), Temperatursensor)

Informatik

Programmierung / Algorithmen:

- Abläufe (z. B. bedingte Bewegung eines Roboters) analysieren und diese in sinnvolle Teilschritte gliedern, um dazu eindeutige Handlungsvorschriften zu formulieren
- einfache Programme und Programmabschnitte schrittweise testen und optimieren sowie deren Wirkung beschreiben
- Algorithmen analysieren, interpretieren und modifizieren, um die Fähigkeit zu erlangen, fremde Programme flexibel und kritisch zu beurteilen und zu bewerten

Folgende Kompetenzen aus den Bildungsplänen für Technik und Informatik sind implizit vorhanden:

- Veränderungen in Systemen als Prozesse beschreiben (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip)
- Informationsverarbeitung nach dem EVA-Prinzip (Zusammenwirken von Sensoren, Prozessoren, Aktoren) beschreiben
- Typen von Sensoren, Aktoren und Verarbeitungscomponenten von technischen Geräten benennen und sie der Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe zuordnen

Mathematik

Größen und Messen:

- Umfang eines Kreises mithilfe der Formel berechnen
- Größen in einfachen (Sach-)Situationen (Länge – Umfang) darstellen bzw. anschaulich erläutern

Folgende Kompetenzen aus den Bildungsplänen für Mathematik sind implizit vorhanden:

- mit Größenangaben rechnen und dabei Einheiten korrekt anwenden
- Terme aufstellen, deren Wert bestimmen und zur Problemlösung nutzen
- Zahlen vergleichen und anordnen
- (rationale) Zahlen in Bruch- und in Dezimaldarstellung addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren
- einfache Formeln nach jeder Variablen auflösen
- Gleichungen mit einer Variablen lösen

Prozessbezogene Kompetenzen

Zusätzlich zu den genannten inhaltlichen Kompetenzen gelten diese prozessbezogenen Kompetenzen, die den Kern des gesamten LEGO® Education SPIKE™ Prime-Sets ausmachen:

Prozesse strukturieren und vernetzen:

- Handlungsschritte chronologisch ordnen (auch aufgrund von kausalen Zusammenhängen)
- Teillösungen zur Lösung des Gesamtproblems nutzen
- Zusammenhänge und Analogien zwischen bekannten informatischen Inhalten bzw. Methoden erkennen und diese auch in neuen Kontexten und Anwendungsbereichen nutzen

Überlegungen, Lösungswege und Ergebnisse darstellen:

- Sachverhalte und eigene Ideen zielgruppenorientiert und unter Beachtung der informatischen Terminologie erläutern und strukturiert darstellen
- Beobachtungen und Messdaten schriftlich festhalten, daraus Schlussfolgerungen ableiten und Ergebnisse verallgemeinern

Kooperativ arbeiten:

- arbeitsteilig als Team Aufgaben planen, strukturieren, ausführen, reflektieren und präsentieren
- mit einem Partner oder in einer Gruppe gleichberechtigt, zielgerichtet und zuverlässig arbeiten und dabei unterschiedliche Sichtweisen achten

0

Unterrichtsplan

1. Vorbereitung

- Lesen Sie sich in der LEGO® Education SPIKE™ App die Materialien für Schülerinnen und Schüler durch.
- Falls Sie es für nötig erachten, planen Sie eine Unterrichtsstunde ein, in der Sie zur Einführung die Erste-Schritte-Materialien in der App bearbeiten. Dies wird Ihrer Klasse dabei helfen, sich mit LEGO® Education SPIKE™ Prime vertraut zu machen.

2. Einführen (5 Min.)

- Nutzen Sie die unten stehenden *Diskussionsideen*, um ein Gespräch über den Inhalt dieser Aufgabe anzuregen.
- Erklären Sie diese Aufgabe mithilfe des Videos.

3. Erforschen (20 Min.)

- Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen das Übungsfahrgestell bauen.
- Geben Sie ihnen ausreichend Zeit, um die vorgegebenen Programmierstapel zu verwenden und die Bewegungen des Fahrgestells zu erkunden.
- Fordern Sie sie dazu auf, die Werte und Parameter der Blöcke zu verändern und zu beobachten, was daraufhin geschieht.

4. Erklären (5 Min.)

- Sprechen Sie mit Ihrer Klasse darüber, wie wichtig es ist, beim Programmieren jeden Schritt zu planen.
- Erklären Sie, was ein Pseudocode ist und wie er beim Planen der Programme helfen kann.

5. Erweitern (15 Min.)

- Bitten Sie die Zweiergruppen, ihre Fahrgestelle in einem Viereck fahren zu lassen.
- Bereiten Sie einen Hindernisparcours vor, der die Fähigkeiten Ihrer Schülerinnen und Schüler auf die Probe stellt.
- Denken Sie daran, ausreichend Zeit zum Aufräumen einzuplanen.

6. Evaluieren

- Geben Sie allen Schülerinnen und Schülern einzeln Rückmeldung zu ihrer jeweiligen Leistung.
- Zur Unterstützung können Sie hierfür auch die Bewertungsraster nutzen.

Eine Diskussion anregen

Bei Roboterwettbewerben liegt ein Schlüssel zum Erfolg darin, die Roboter an Hindernissen vorbeifahren zu lassen. Regen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler zu einer Diskussion an, indem Sie sie dazu auffordern,

- Taktiken aus ihren Lieblingssportarten zu beschreiben und
- alle Bewegungen aufzuzählen, die das Fahrgestell ihrer Meinung nach ausführen können muss.

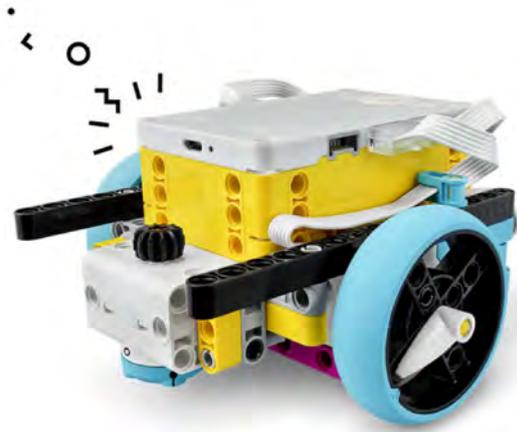
Zeigen Sie dieses Video, damit die Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung davon bekommen, was sie jetzt tun sollen.



Bautipps

Einfaches Fahrgestell

Verwenden Sie das einfache Fahrgestell ohne Sensoren. Denken Sie auch daran, Kabelbinder zu nutzen.



Programmiertipps

Hauptprogramm

Scratch script for motor initialization:

- when the program starts
- assign drive motor connection C+D
- set speed to 50%
- set 1 motor revolution to 17.5 cm

Annotation: Dieser Programmierstapel legt die Parameter eures Fahrgestells fest.

Scratch script for gyroscope calibration:

- when the program starts
- wait 1 second
- set pitch angle to 0
- start in direction: right: 100
- wait until: pitch angle > 89
- stop

Annotation: Wenn das Programm startet, sollte sich das Fahrgestell mithilfe des Gyrosensors im Hub um 90° drehen.

Scratch script for left button movement:

- when left button is pressed
- wait 1 second
- move 20 cm in direction: up
- move 20 cm in direction: down

Annotation: Wenn am Hub die linke Taste gedrückt wird, sollte das Fahrgestell vorwärts und rückwärts fahren.

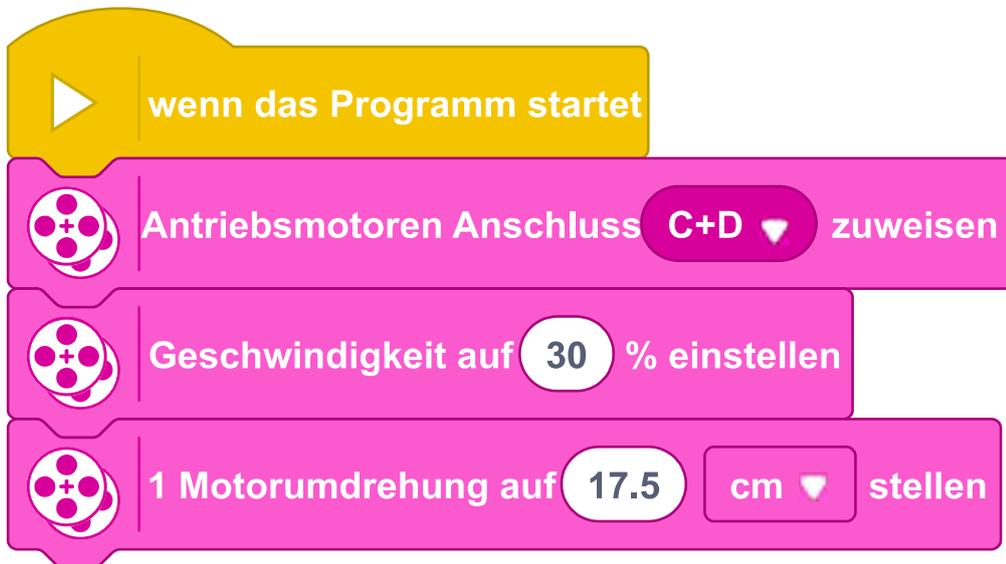
Scratch script for right button movement:

- when right button is pressed
- wait 1 second
- move 20 revolutions in direction: left: -40

Annotation: {Comment 4}

Beispiellösung

Hier ist ein Beispiel dafür, wie man das Fahrgestell in einem Viereck fahren lassen kann.



Scratch script for motor initialization:

- wenn das Programm startet
- Antriebsmotoren Anschluss C+D zuweisen
- Geschwindigkeit auf 30 % einstellen
- 1 Motorumdrehung auf 17.5 cm stellen



Scratch script for square movement:

- wenn das Programm startet
- warte 1 Sekunden
- wiederhole 4 mal
 - 10 cm in folgende Richtung bewegen: ↑
 - warte 0.5 Sekunden
 - 0.5 Umdrehung(en) rechts: 100 bewegen
 - anhalten

Weitere Programme

Hier ist ein Beispiel dafür, wie man das Fahrgestell in einem Viereck fahren lassen kann.

wenn das Programm startet

Antriebsmotoren Anschluss C+D zuweisen

Geschwindigkeit auf 30 % einstellen

1 Motorumdrehung auf 17.5 cm stellen

wenn das Programm startet

warte 1 Sekunden

wiederhole 4 mal

10 cm in folgende Richtung bewegen: ↑

warte 0.5 Sekunden

Gierwinkel auf 0 setzen

in folgende Richtung starten rechts: 100

warte bis Gier- Winkel > 89



anhalten



Differenzierung

Um die Aufgabe zu vereinfachen, können Sie Folgendes tun:

- Ausführlicher erklären, was die einzelnen Parameter des Programmierblocks bewirken

Um die Aufgabe anspruchsvoller zu gestalten, können Sie Folgendes tun:

- Mit dem Gyrosensor das Fahrgestell so programmieren lassen, dass es in einem Viereck fährt
- Auf einer größeren Oberfläche (z. B. einem Wettbewerbstisch) die Geschwindigkeitssteuerung und Präzision üben lassen

Leistungsbewertung

Checkliste für Beobachtungen

Erstellen Sie eine geeignete Bewertungsskala, wie zum Beispiel:

1. Erwartungen zum Teil erfüllt
2. Erwartungen vollständig erfüllt
3. Erwartungen übertroffen

Nutzen Sie die folgenden Kriterien, um den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler zu beurteilen:

- Sie können die richtigen Blöcke auswählen, um die Bewegungen zu steuern.
- Sie können die Parameter der Blöcke mithilfe eines iterativen Prozesses anpassen.
- Sie können geeignete Blöcke zu Programmierstapeln zusammensetzen.

Selbsteinschätzung

Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler selbst den Stein auswählen, der am besten ihrer Leistung entspricht.

- Blau: Ich habe das Fahrgestell auf unterschiedliche Weise zusammengebaut.
- Gelb: Ich habe verschiedene Programme erstellt, um das Fahrgestell in einem Viereck fahren zu lassen.

- Lila: Ich habe verschiedene Motorbewegungen miteinander kombiniert, um erfolgreich an Hindernissen vorbeizufahren.

Lernbeobachtung durch Mitschüler

Ermutigen Sie die Schülerinnen und Schüler dazu, ihren Klassenkameraden Rückmeldungen zu geben:

- Lassen Sie sie einander mit der Steine-Skala (siehe oben) bewerten.
 - Lassen Sie sie einander konstruktives Feedback geben, um die Gruppenleistung in der nächsten Unterrichtsstunde zu verbessern.
-

Erweiterung: sprachliche Ausdrucksfähigkeit

Um die sprachliche Ausdrucksfähigkeit zu fördern, können Sie Folgendes tun:

- Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler herausfinden, mit welcher der unten genannten Optionen es am genauesten möglich ist, eine Strecke von 2 Metern zurückzulegen.
 - ▷ Bewegung in Sekunden
 - ▷ Bewegung in Gradzahl
 - ▷ Bewegung in Umdrehungen
 - ▷ Bewegung mit Sensor
- Lassen Sie sie schriftlich erklären, in welchen Situationen sie die einzelnen Optionen nutzen würden und warum.

Hinweis: Die Erweiterung erfordert zusätzliche Zeit und verlängert die Aufgabe.

Erweiterung: Mathematik

Um mathematische Fähigkeiten zu fördern, können Sie Folgendes tun:

Stellen Sie die folgende Aufgabe, um Distanzen mit dem Fahrgestell zu berechnen:

- Lasst das Modell eine Sekunde, eine Umdrehung oder eine bestimmte Gradzahl vorwärts fahren. Misst die zurückgelegte Strecke und nutzt diese als Grundlage, um die gesamte Distanz zu schätzen.

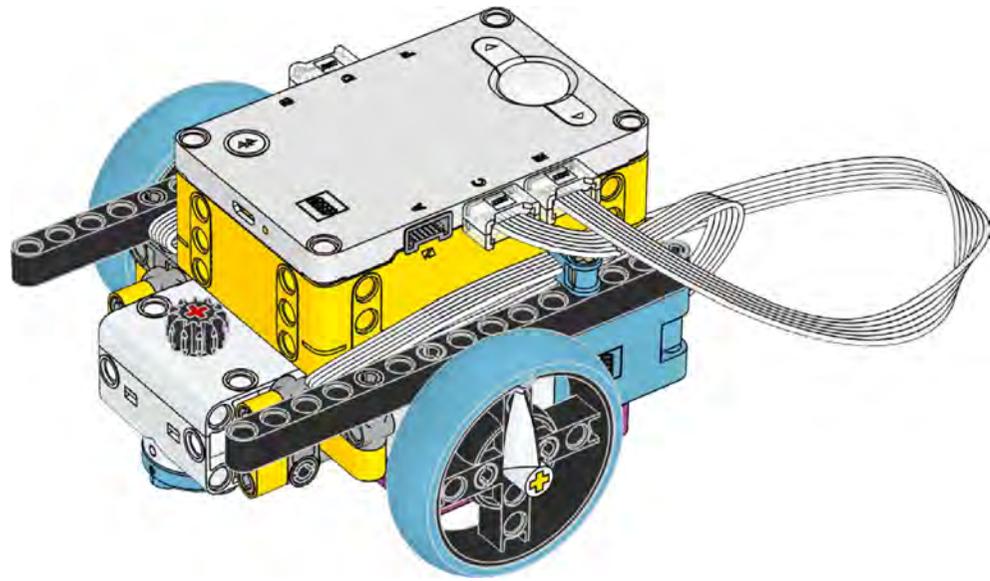
- Berechnet den Umfang des Rades und nutzt das Ergebnis, um die zurückgelegte Strecke zu berechnen (Umfang = $\pi \times \text{Durchmesser}$; oder Umfang = $\pi \times 2 \times \text{Radius}$).

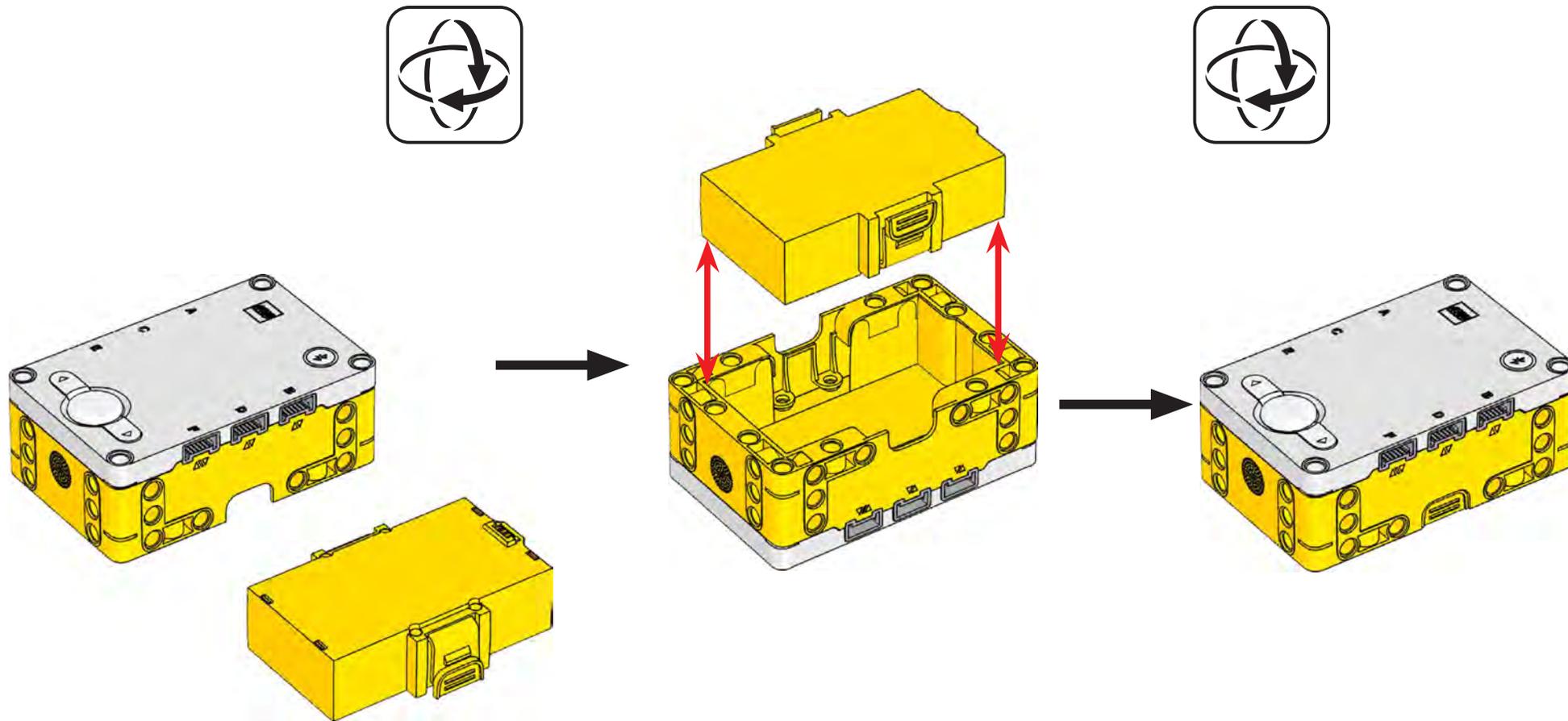
Hinweis: Die Erweiterung erfordert zusätzliche Zeit und verlängert die Aufgabe.

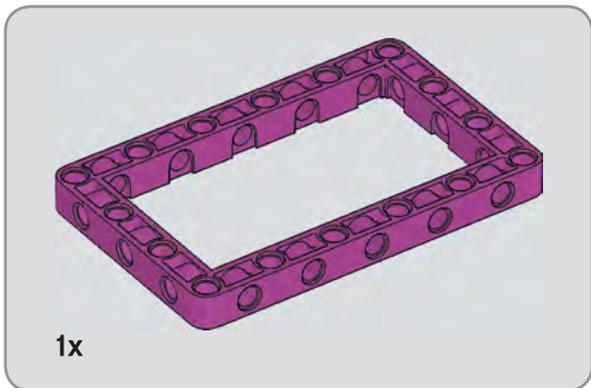
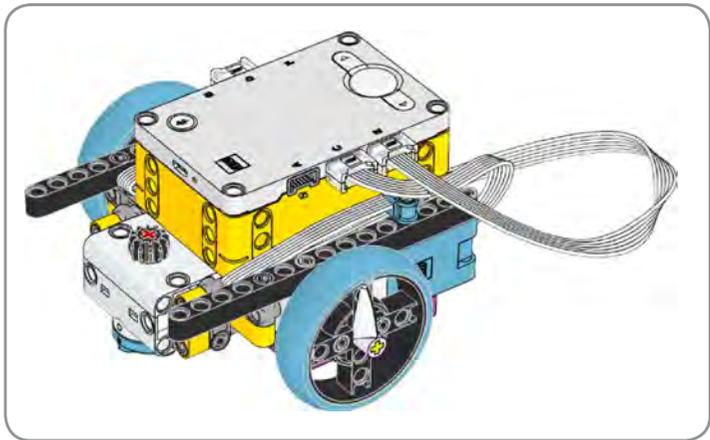
In welchen Berufen sind diese Fähigkeiten gefragt?

Schülerinnen und Schüler, die sich für diese Aufgabe begeistern, könnten sich auch für folgende Berufszweige interessieren:

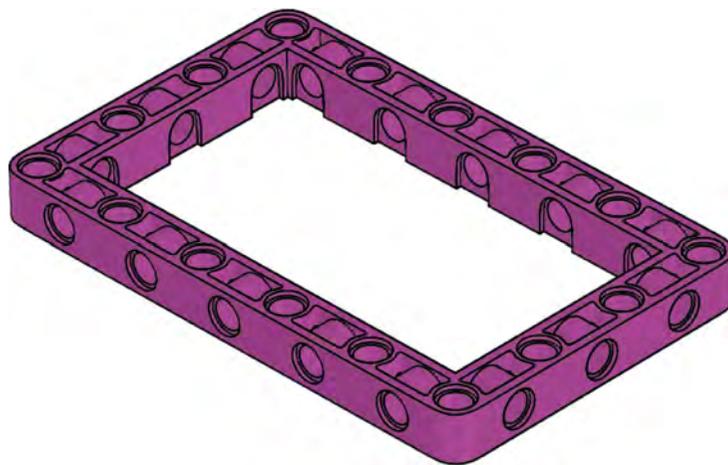
- Gesundheitswissenschaft (Ärzte & Pflegekräfte)
- Informationstechnik (Spiele-Programmierung)







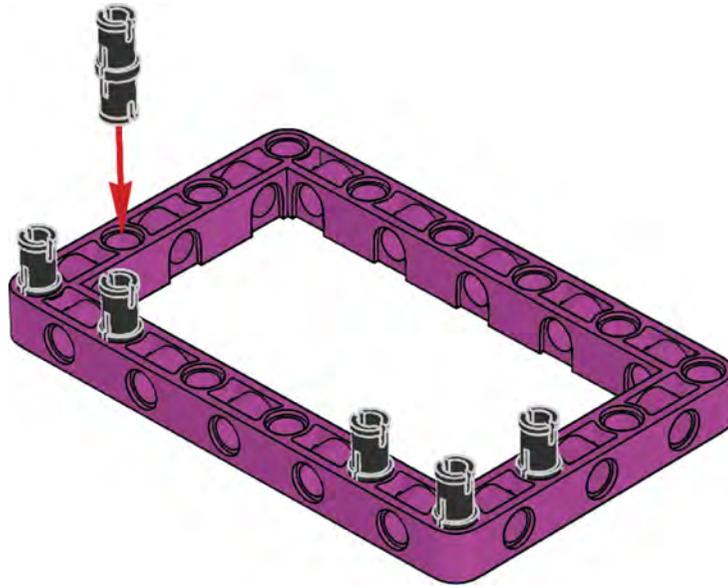
1

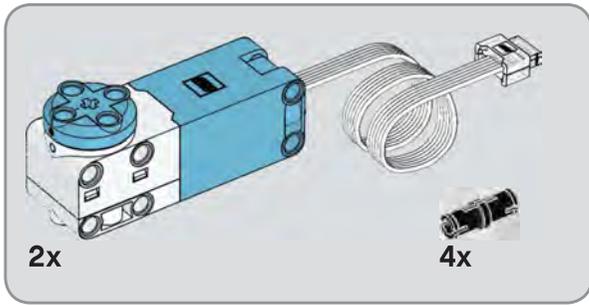




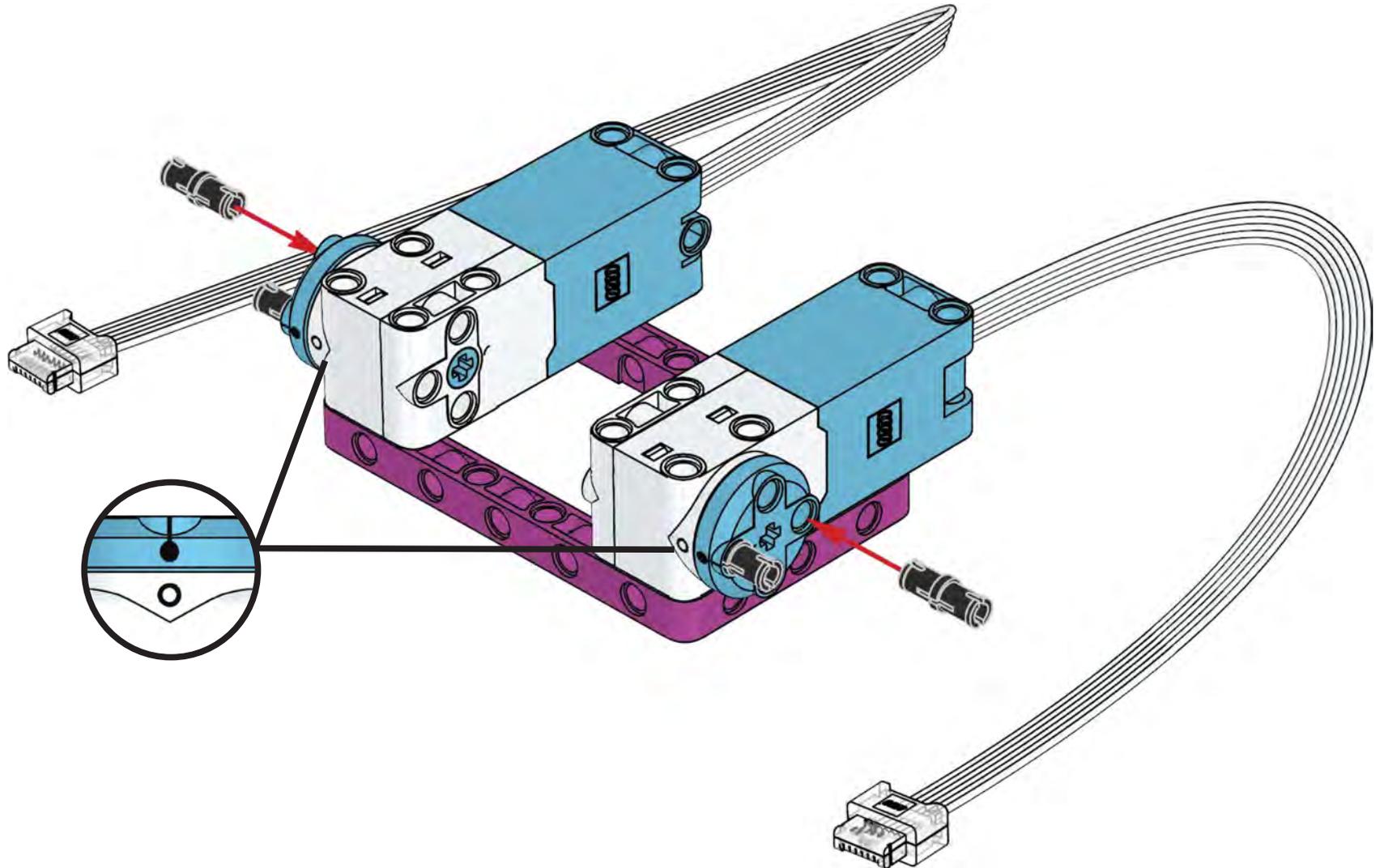
6x

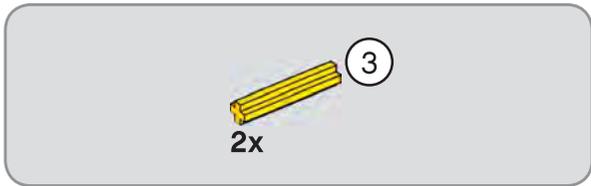
2



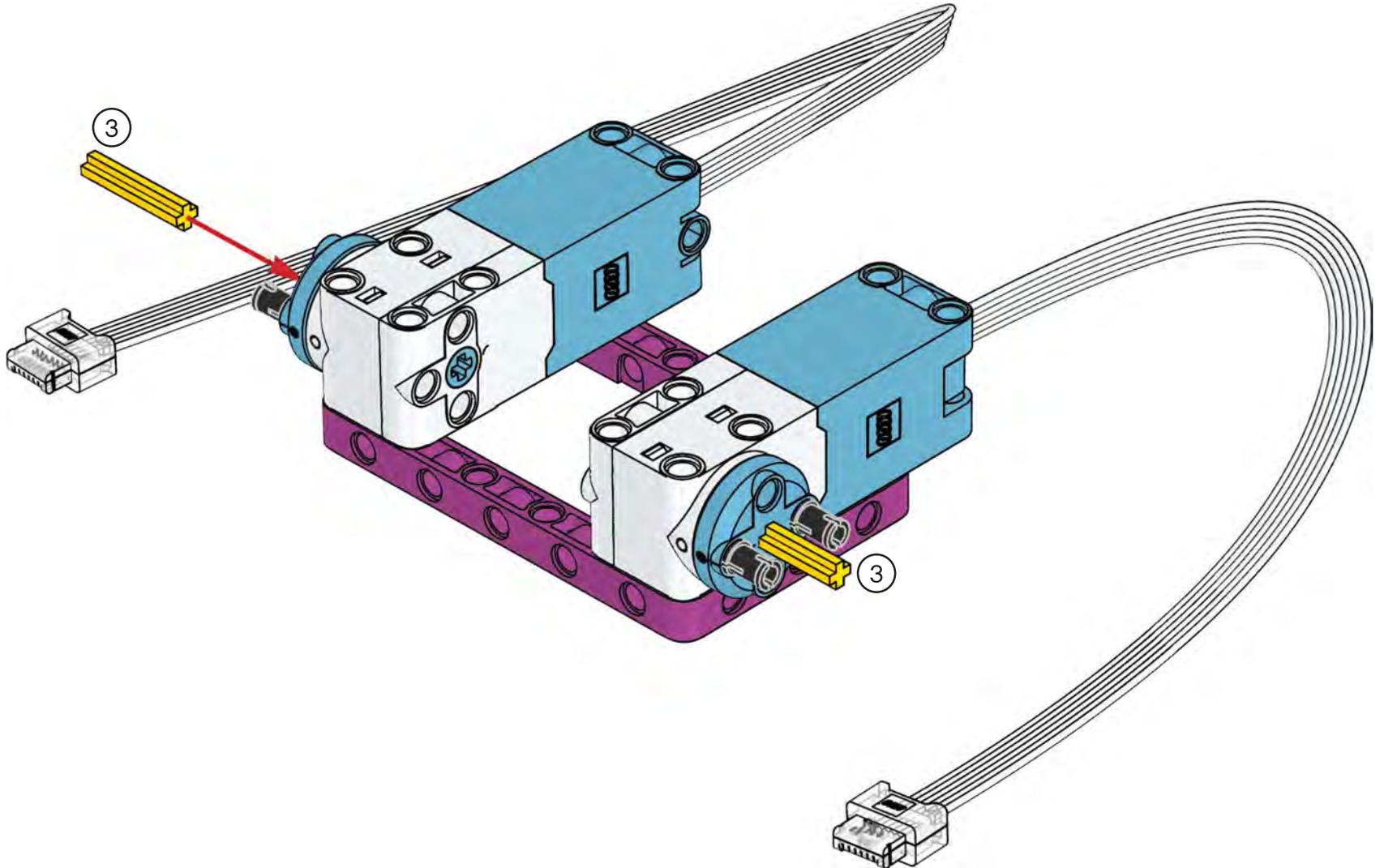


3





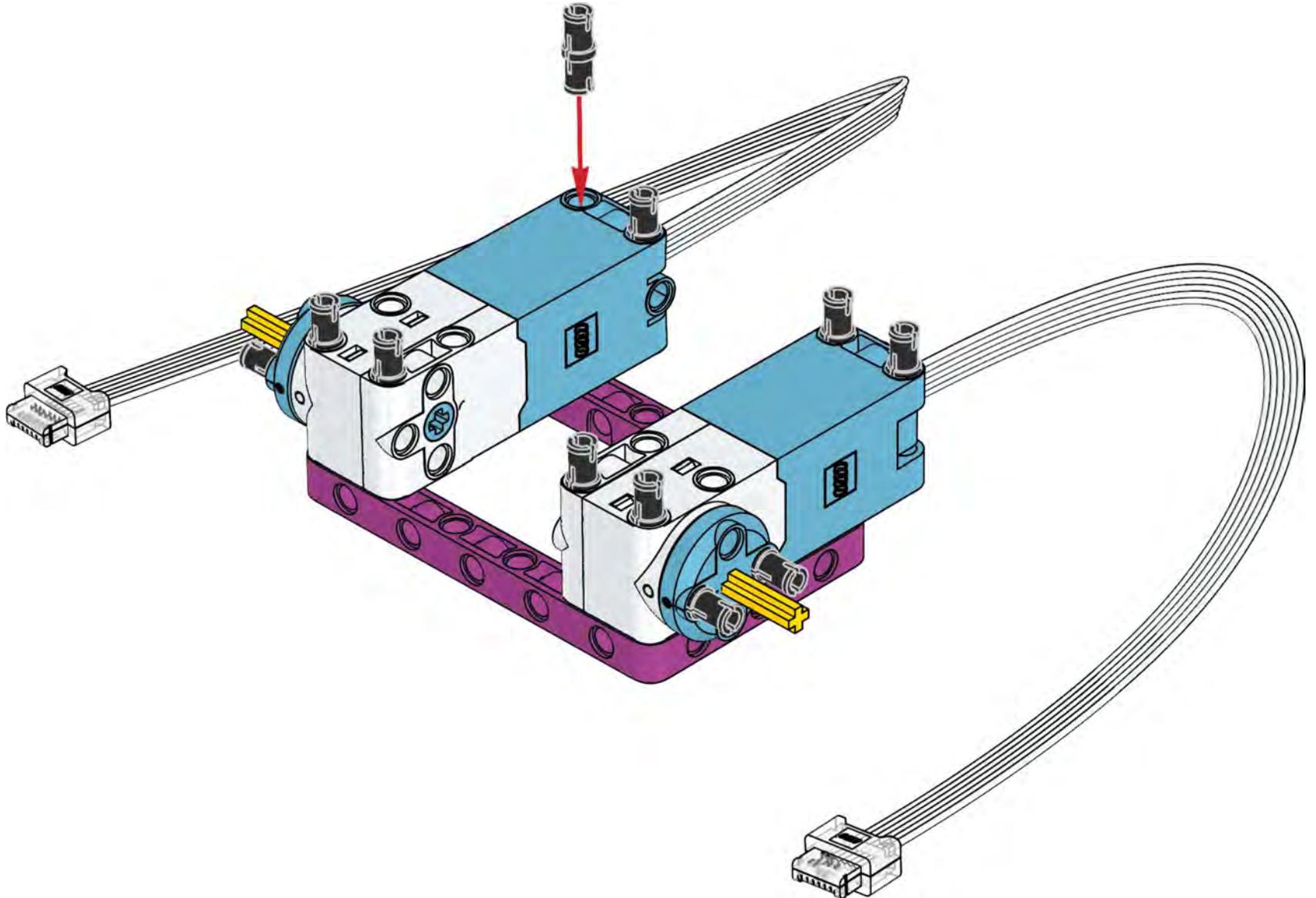
4

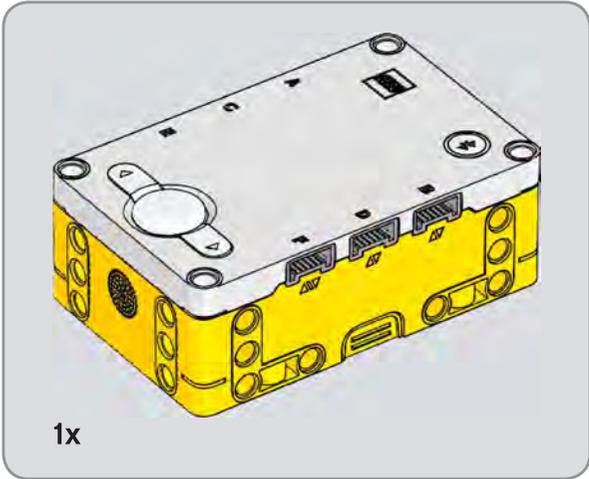
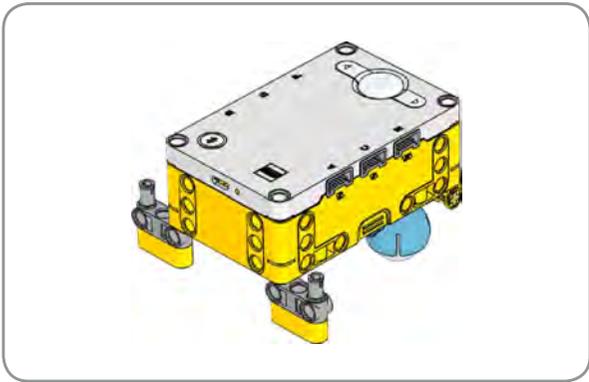




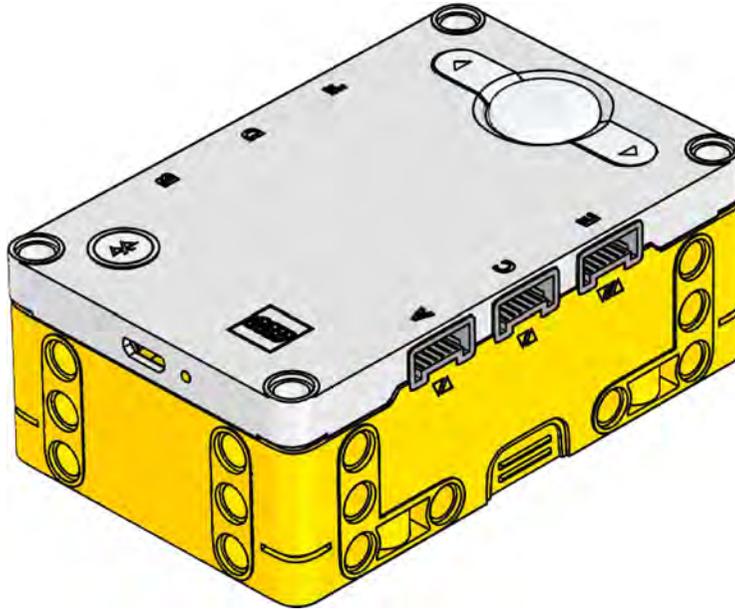
8x

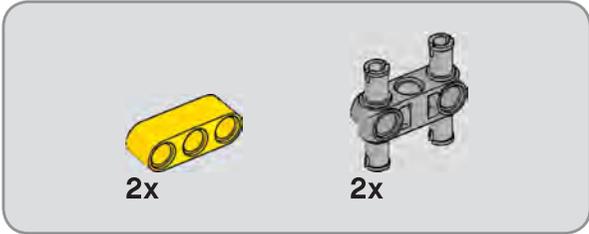
5



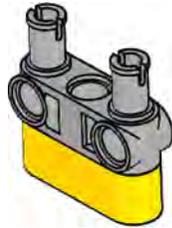
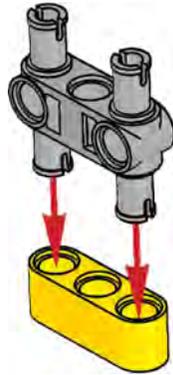


6

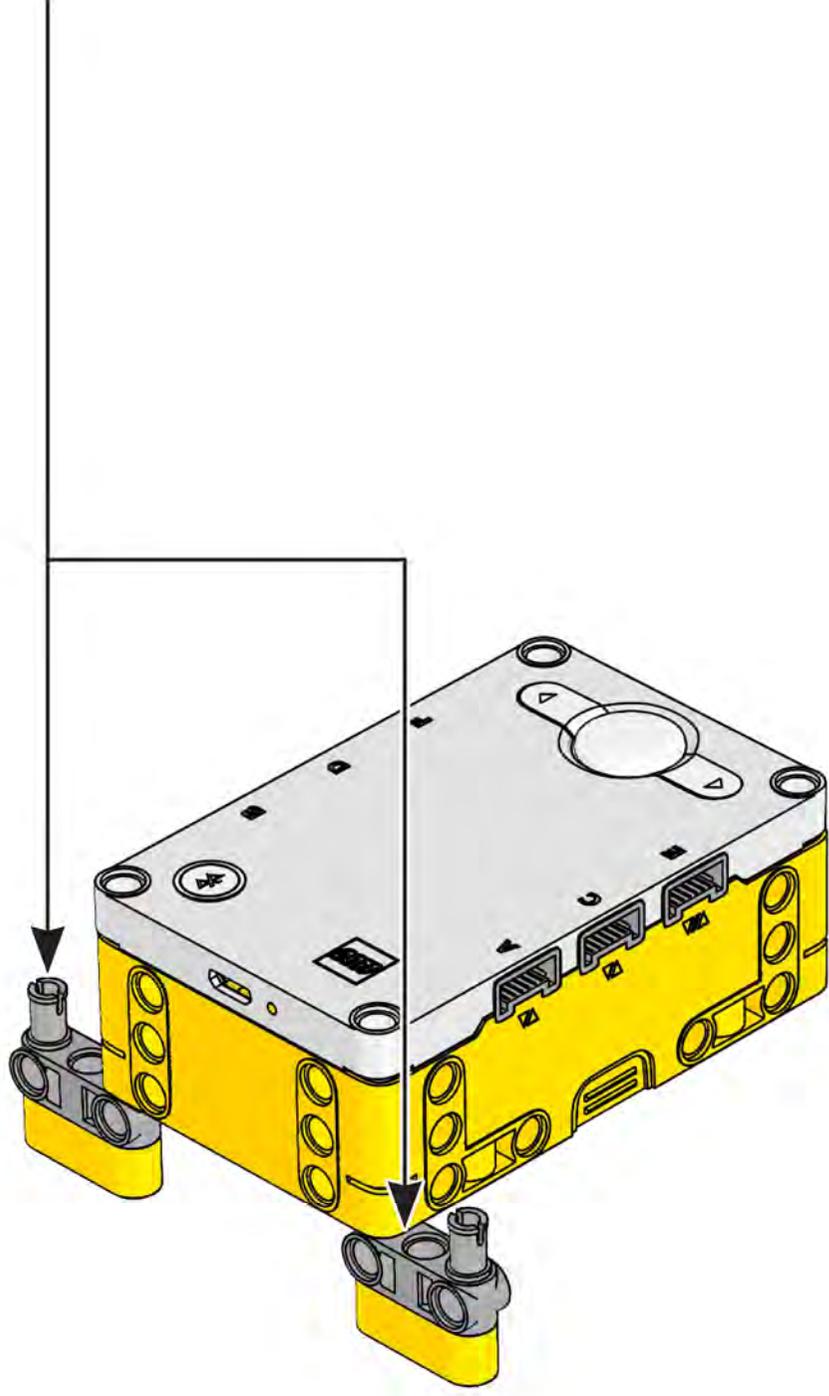


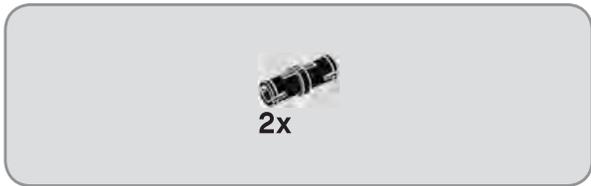


7

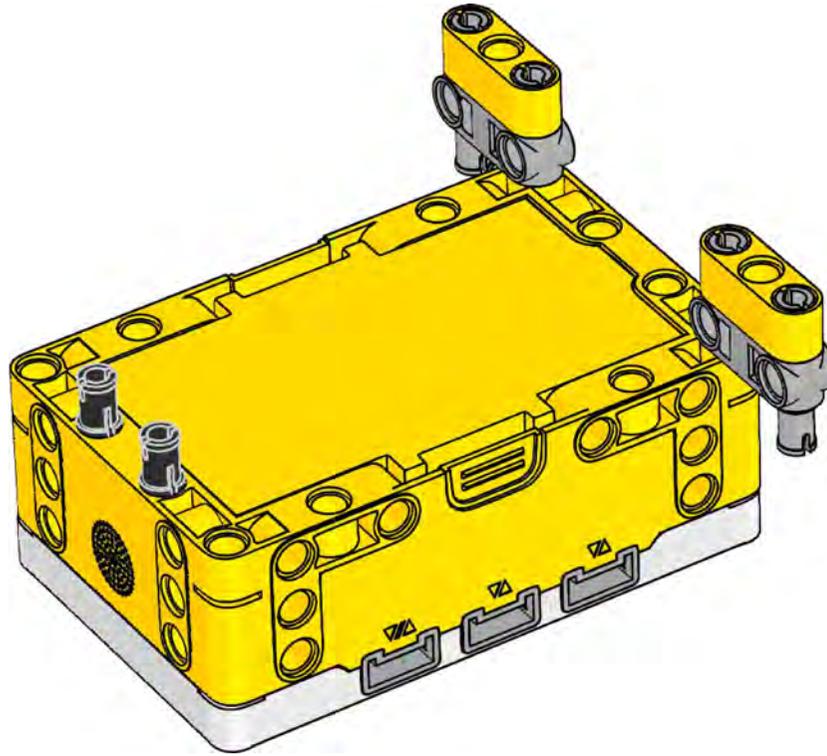


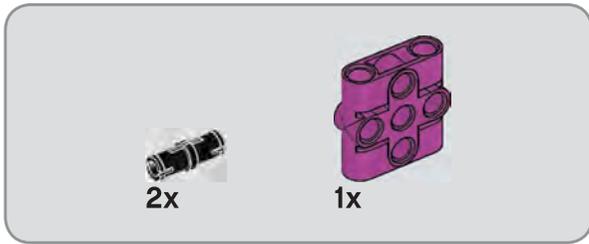
8



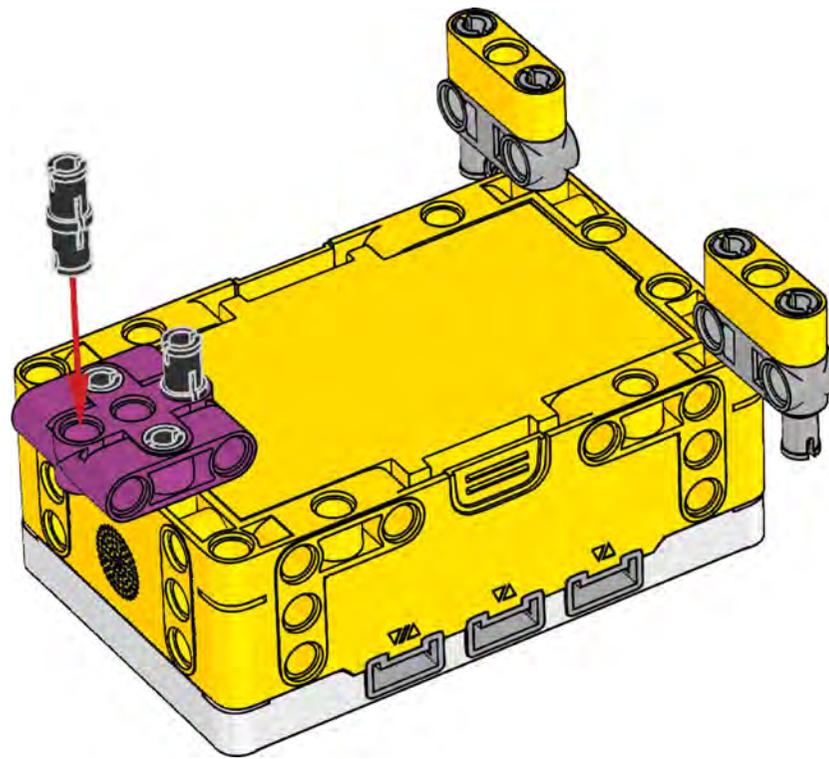


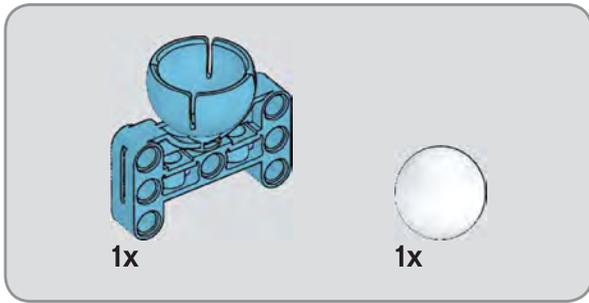
9



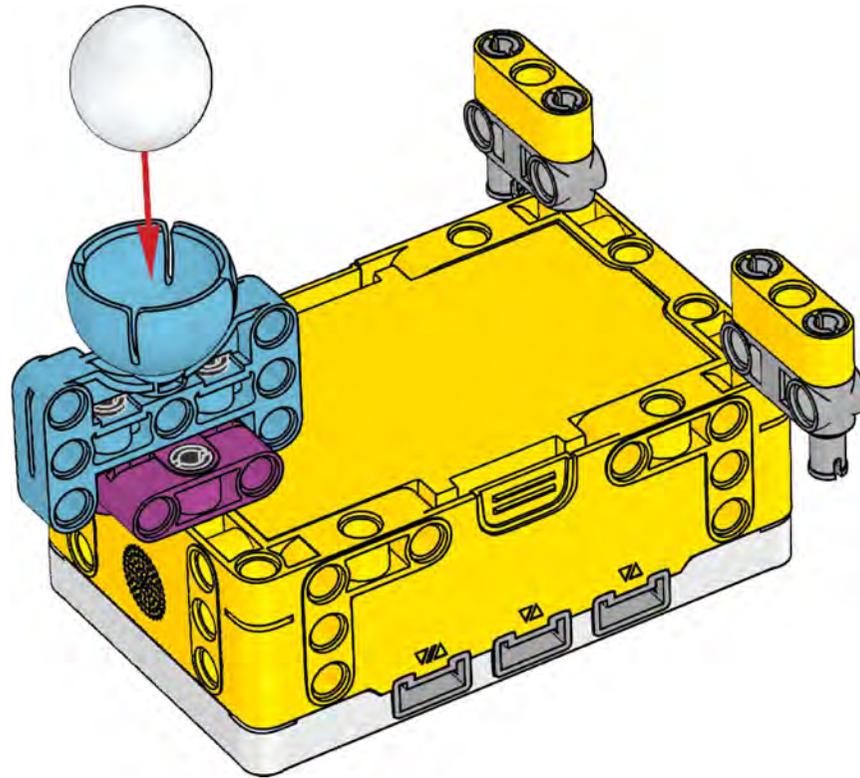


10





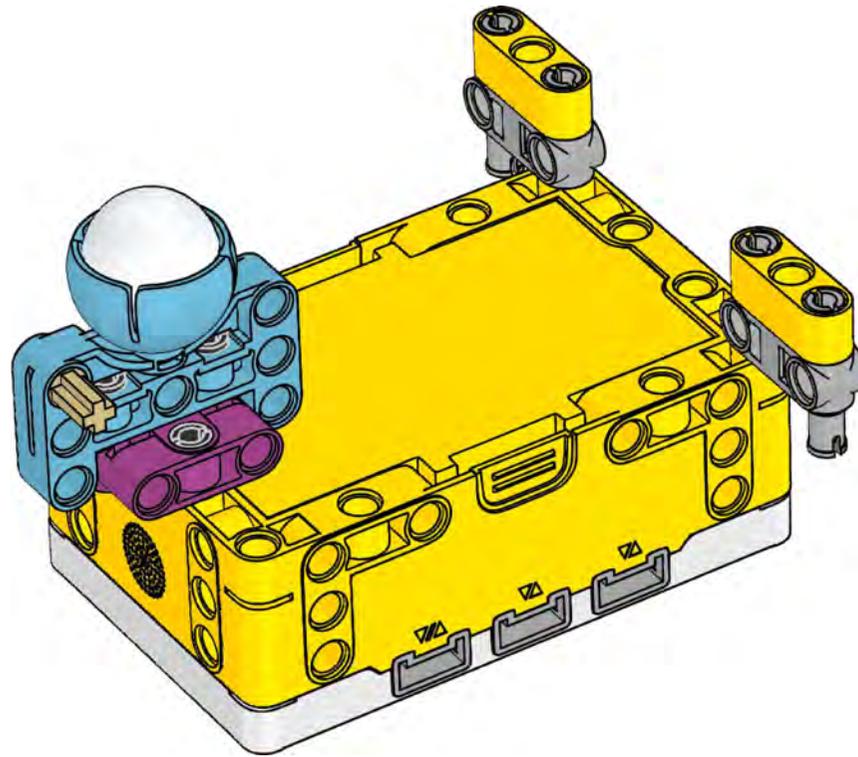
11





1x

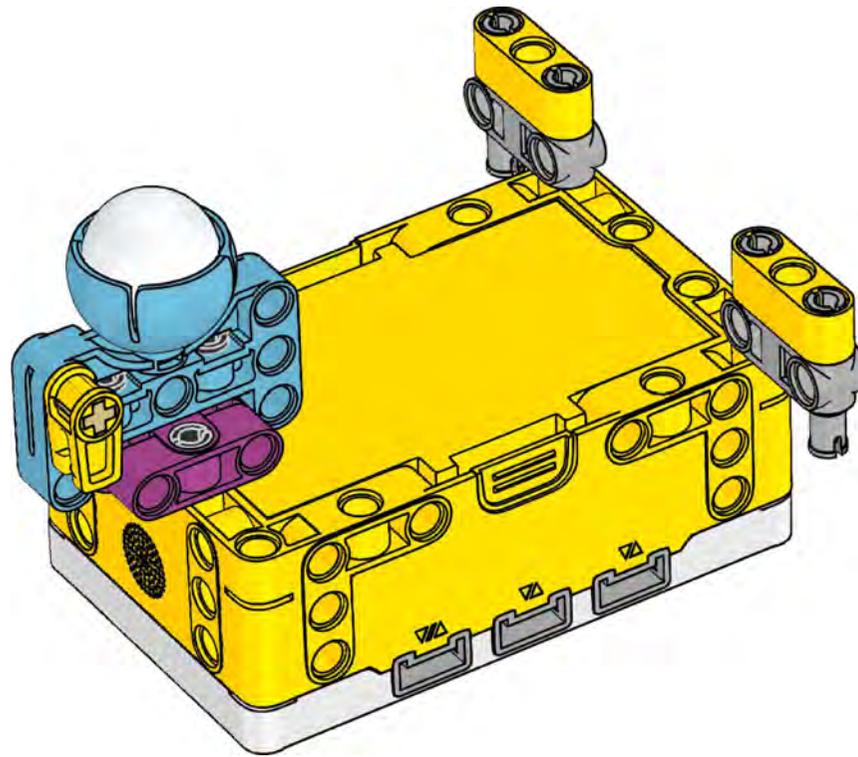
12



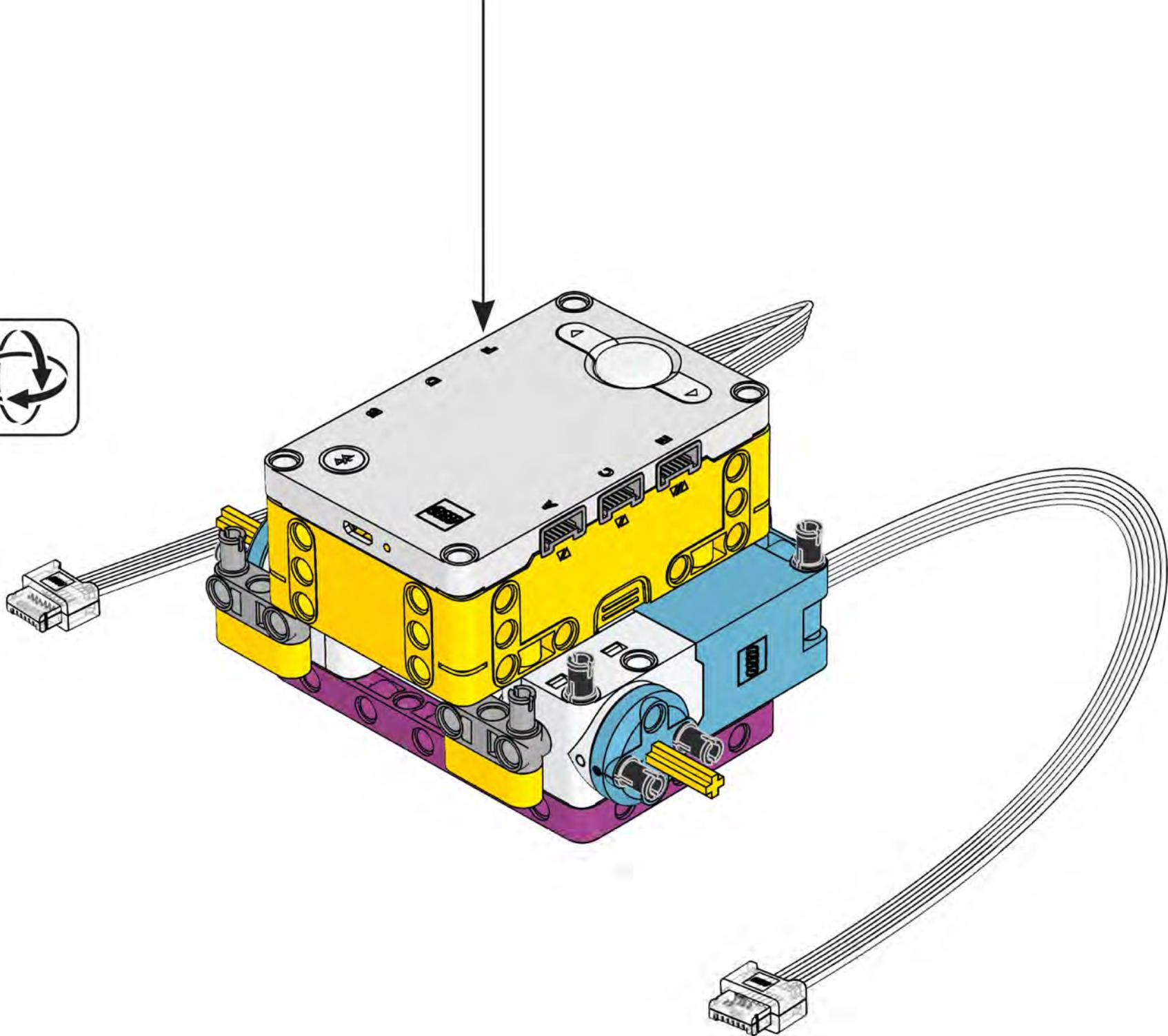


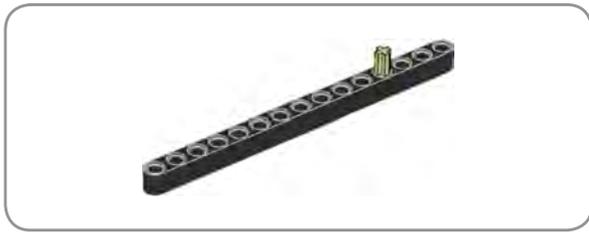
1x

13

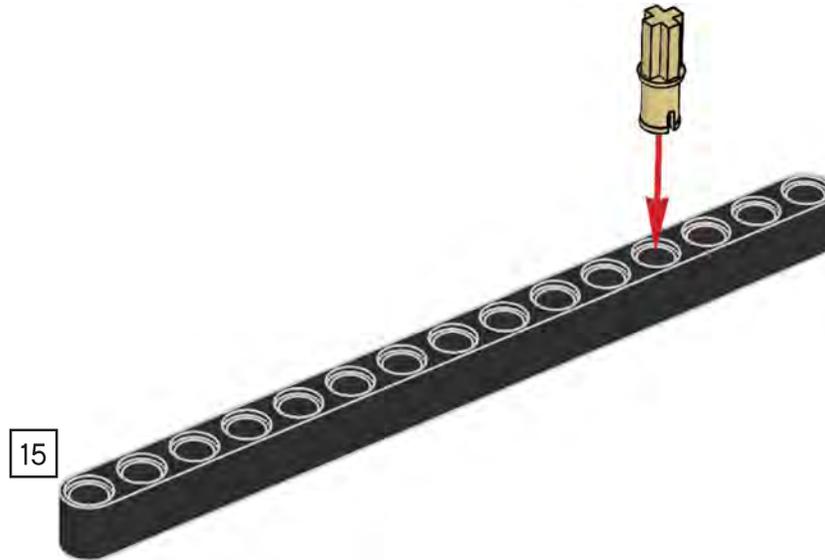


14

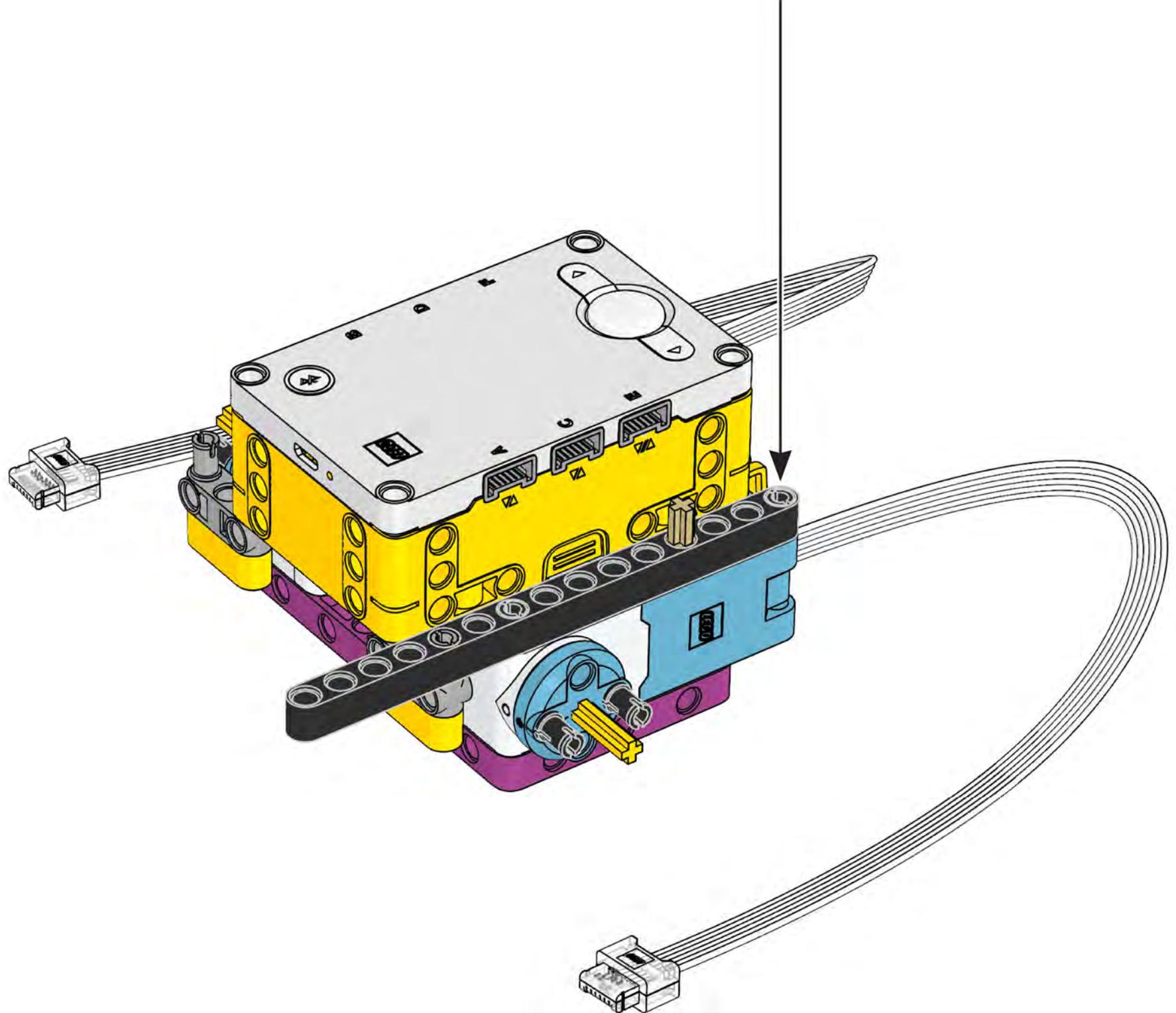




15



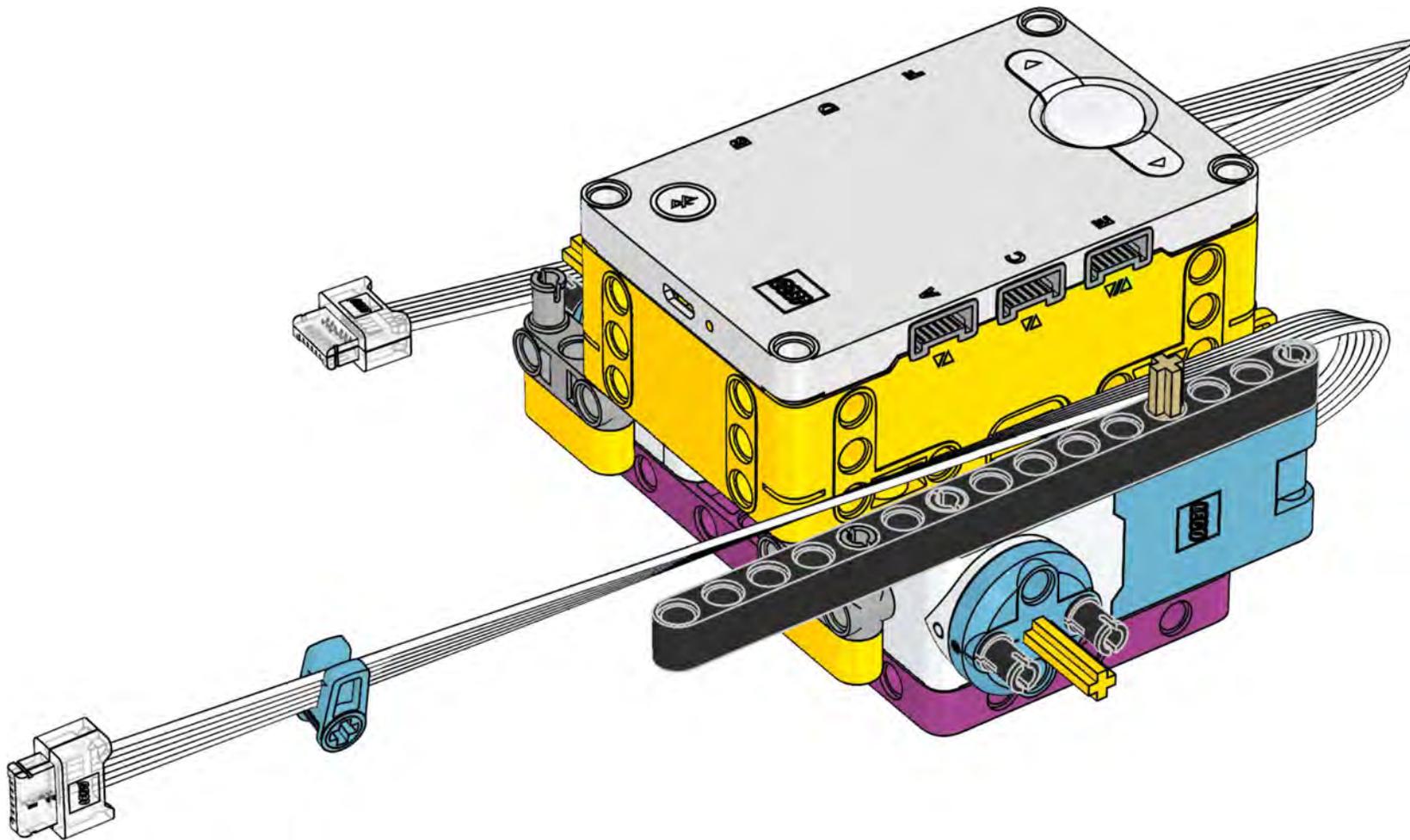
16

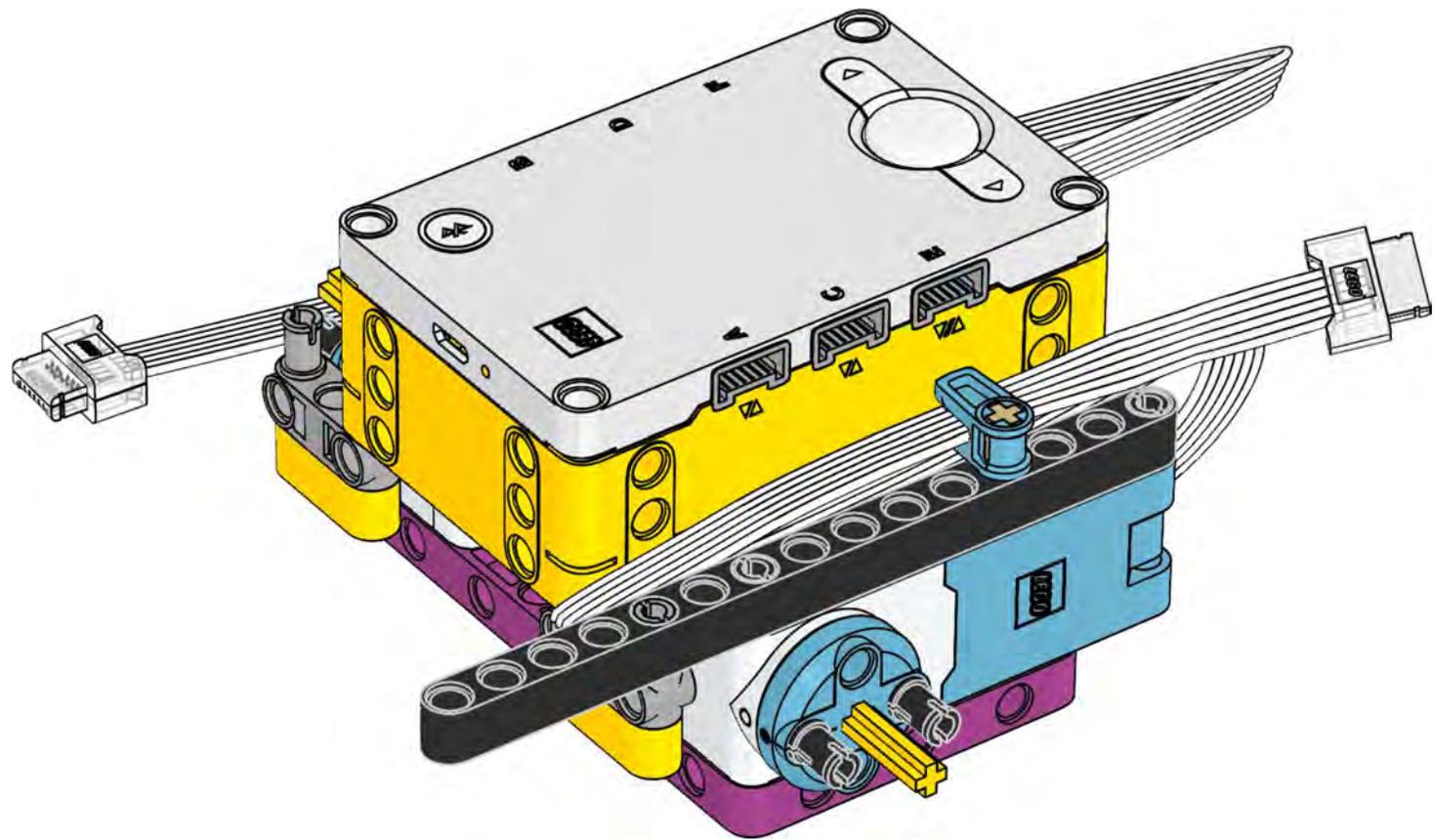


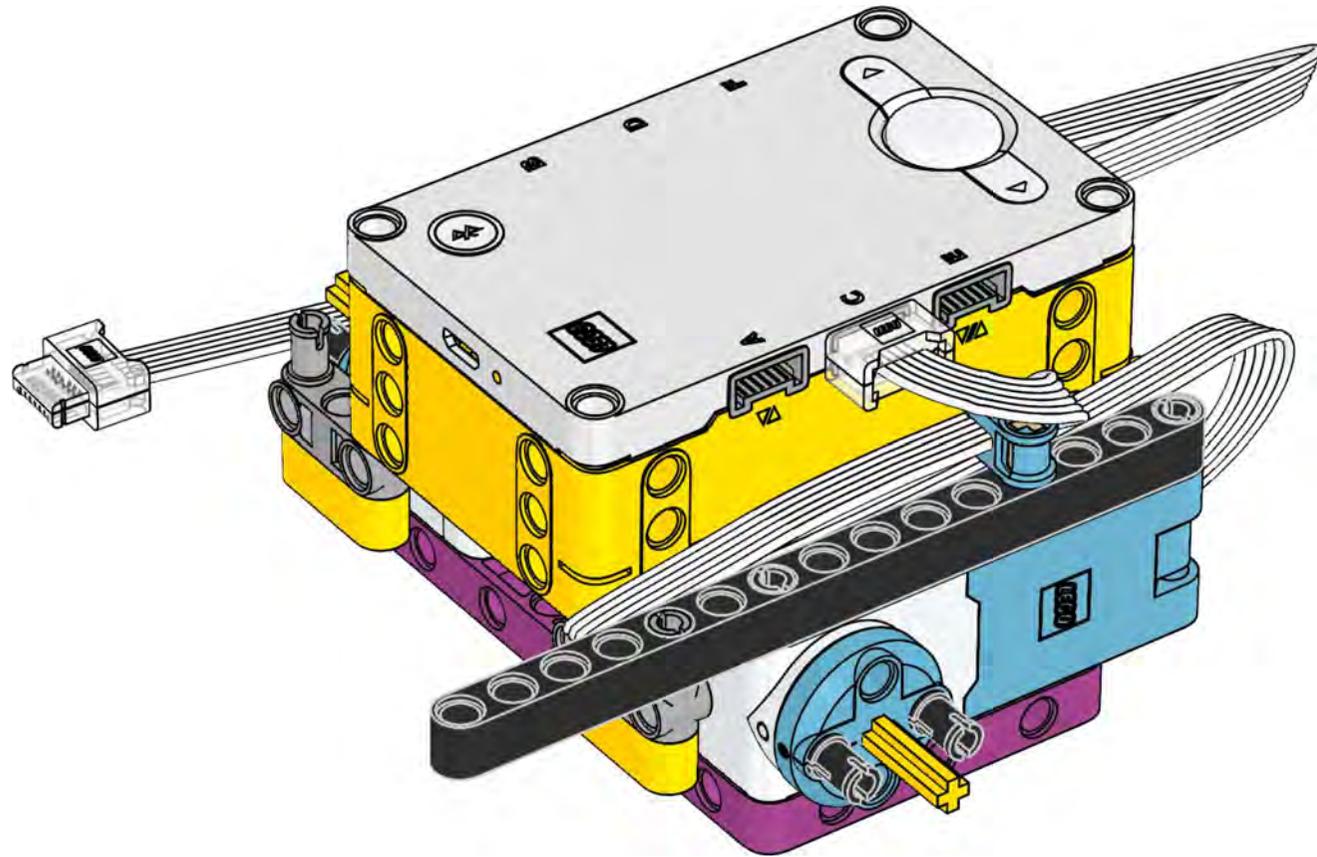


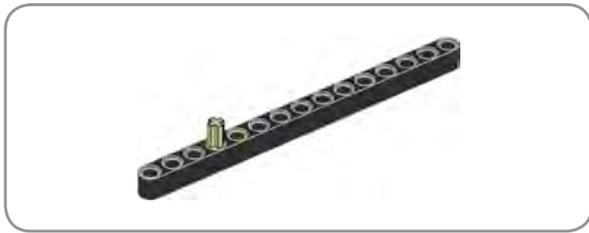
1x

17

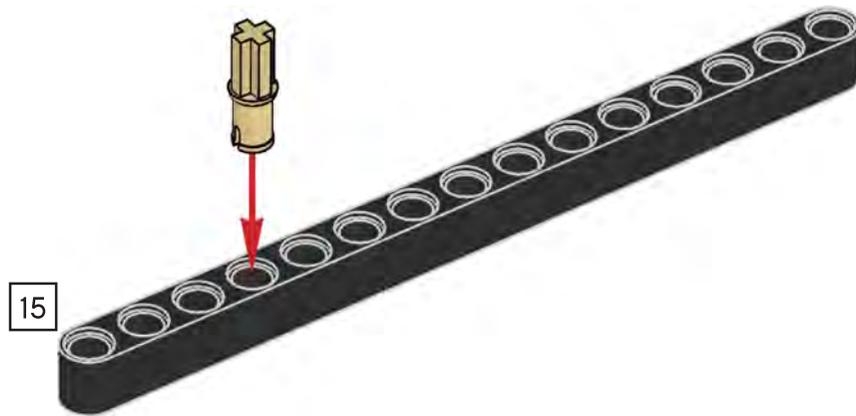




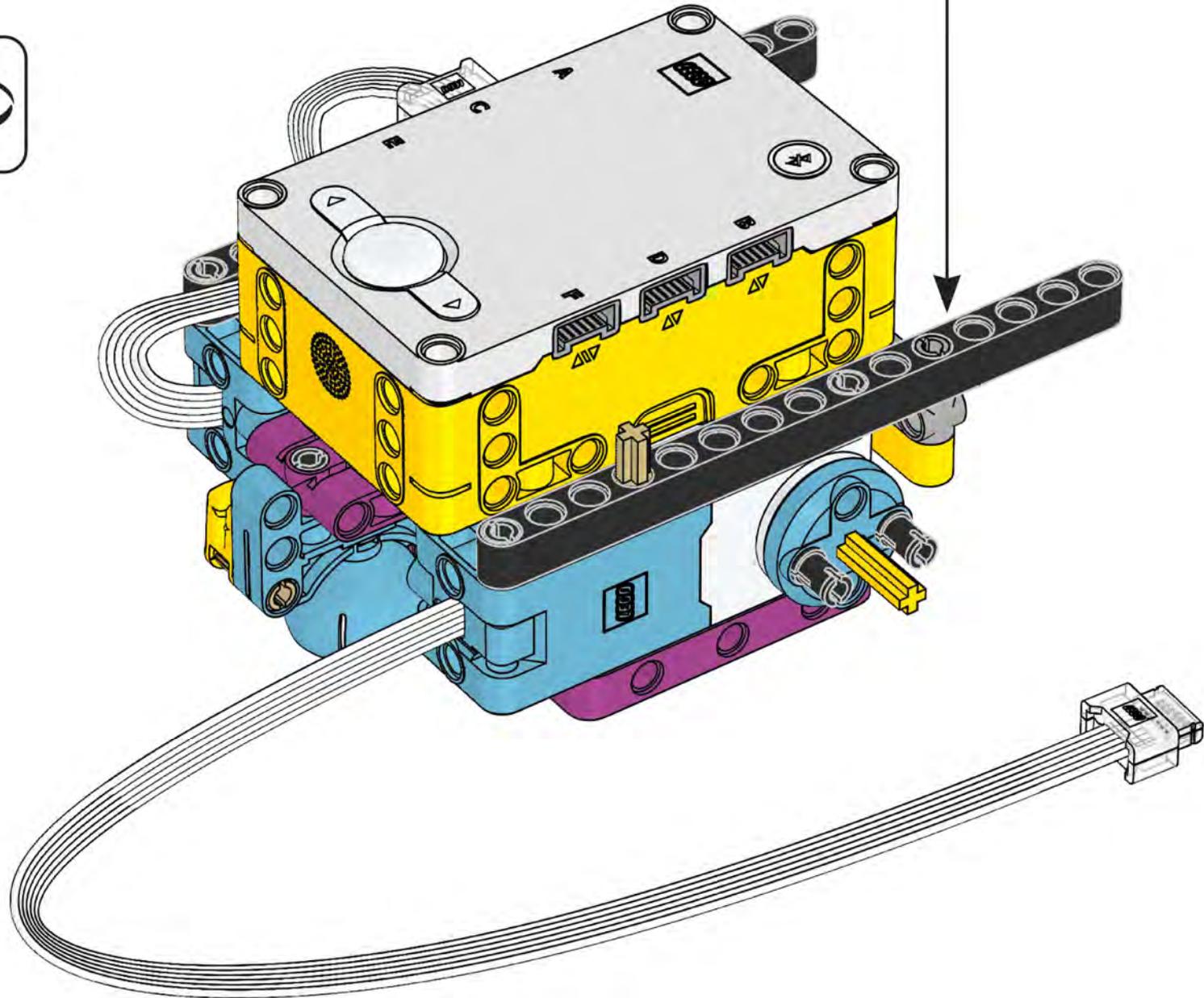




20



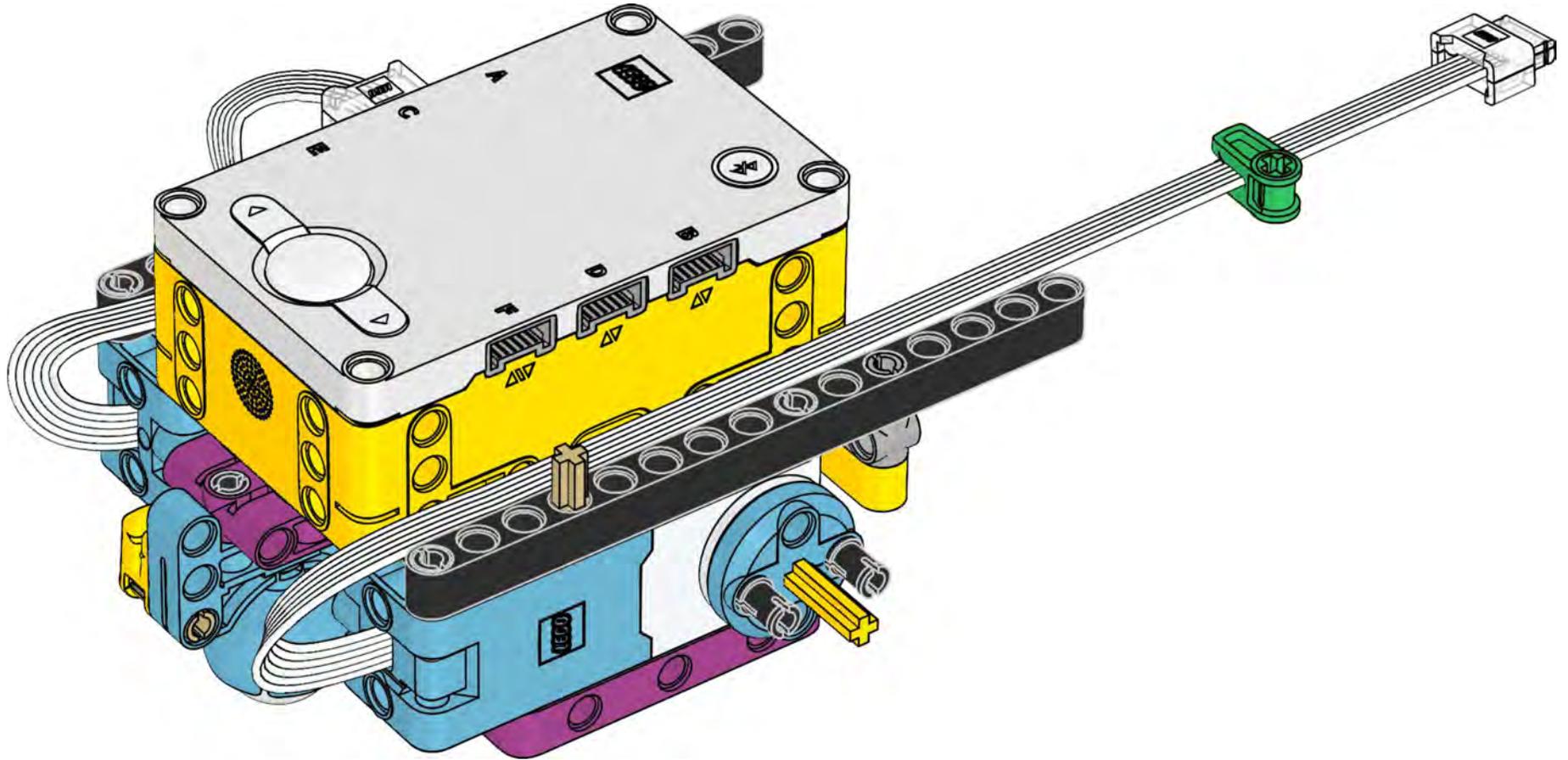
21

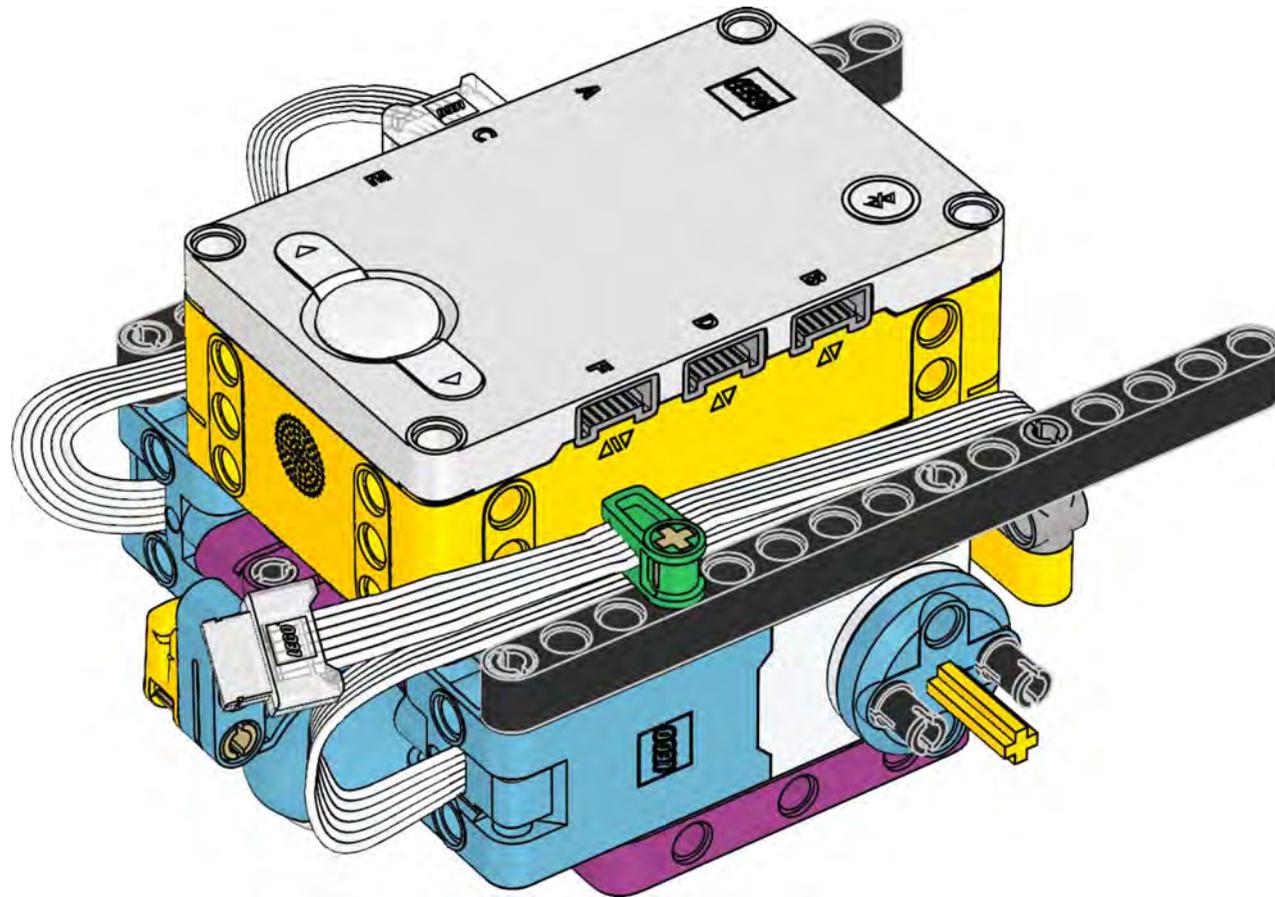


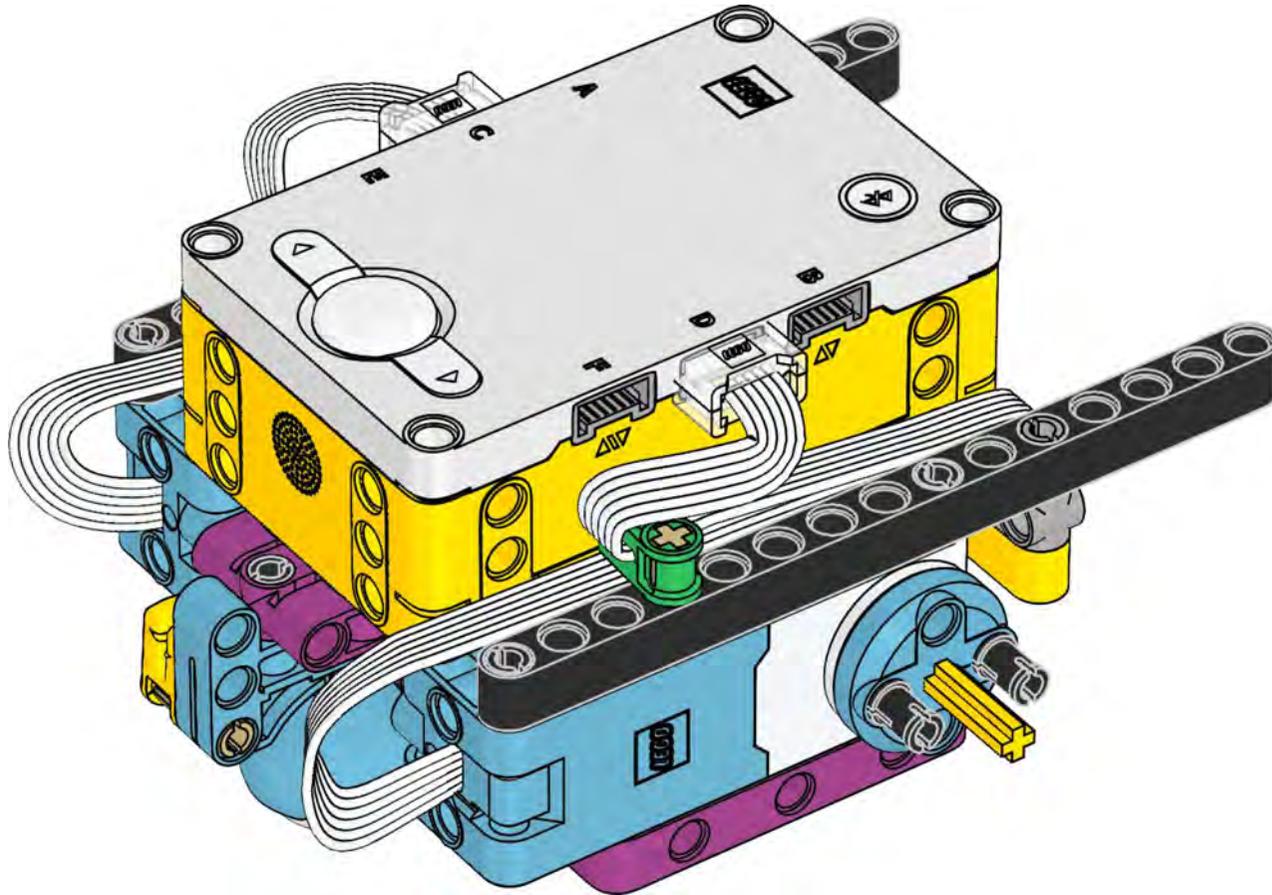


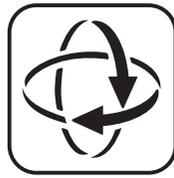
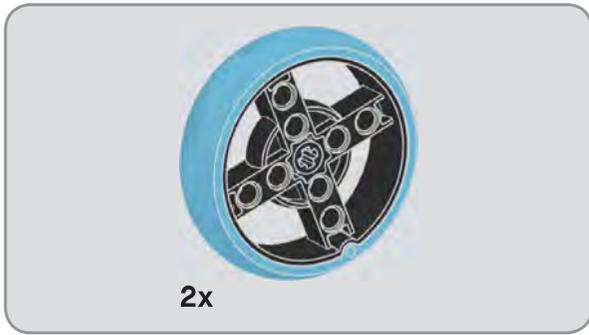
1x

22

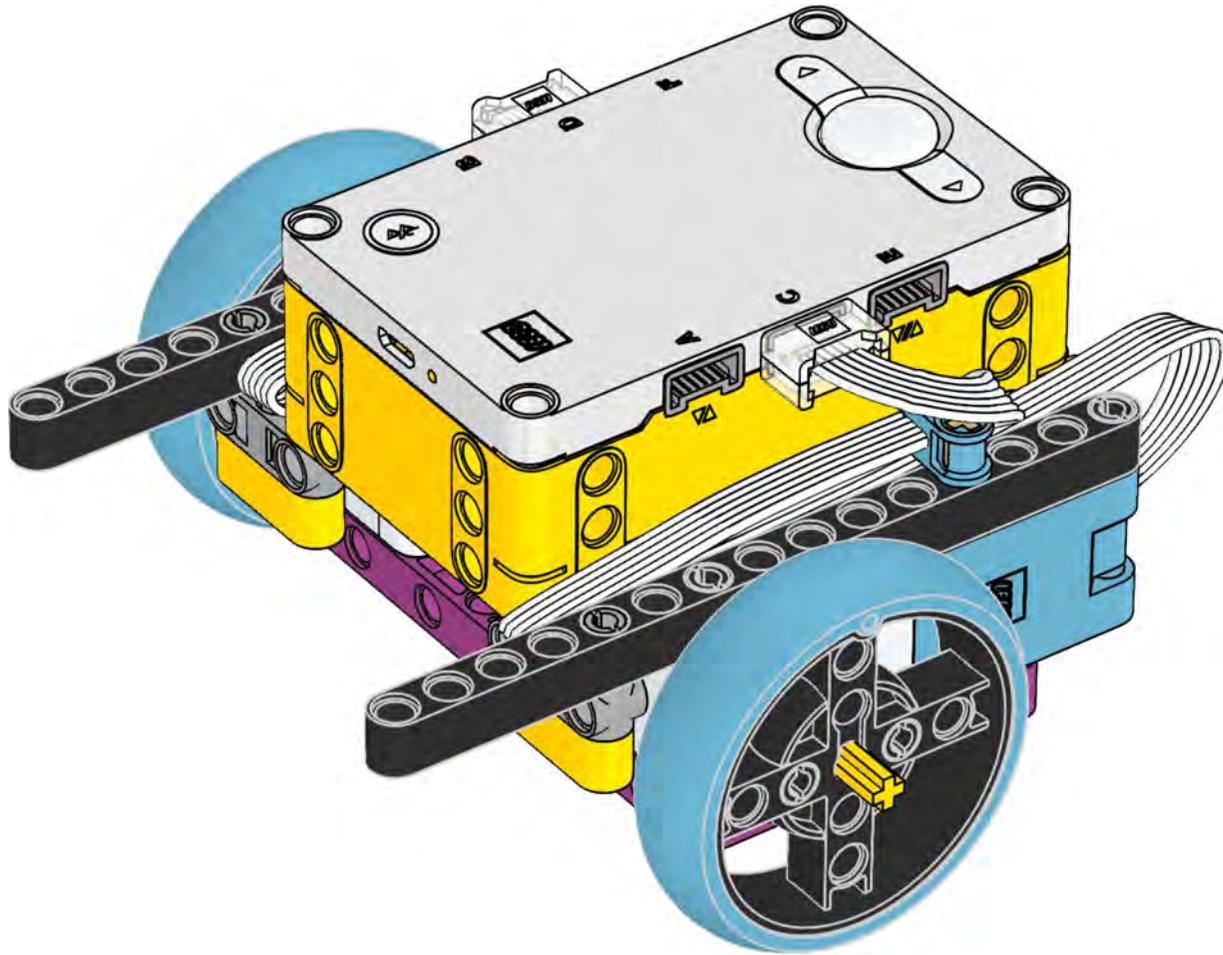








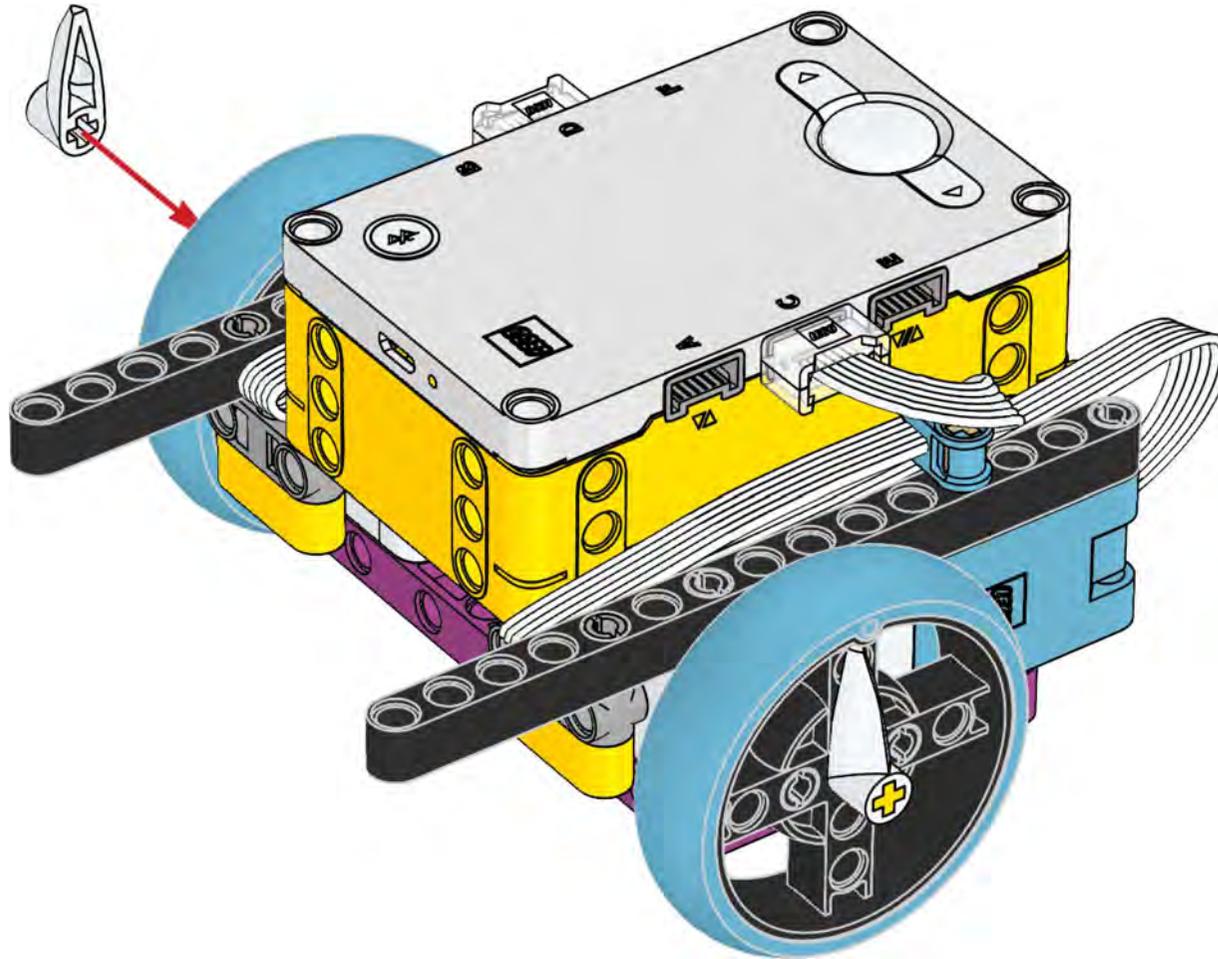
25

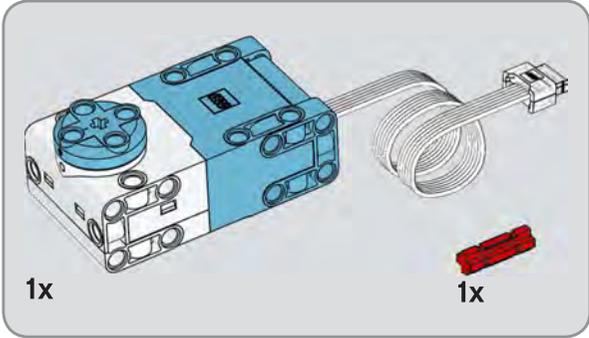
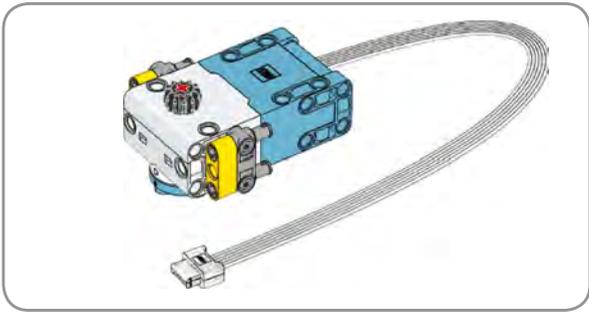




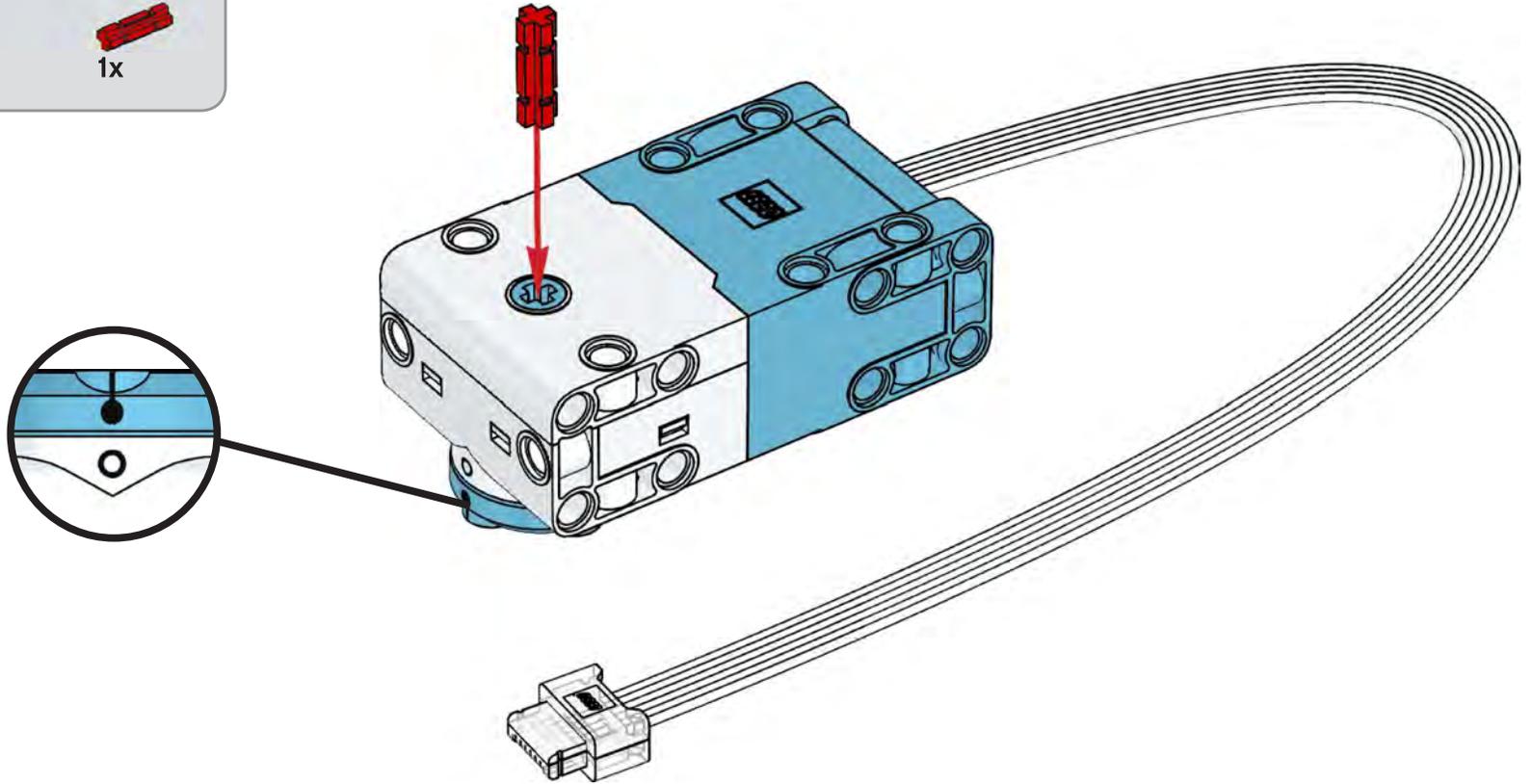
2x

26





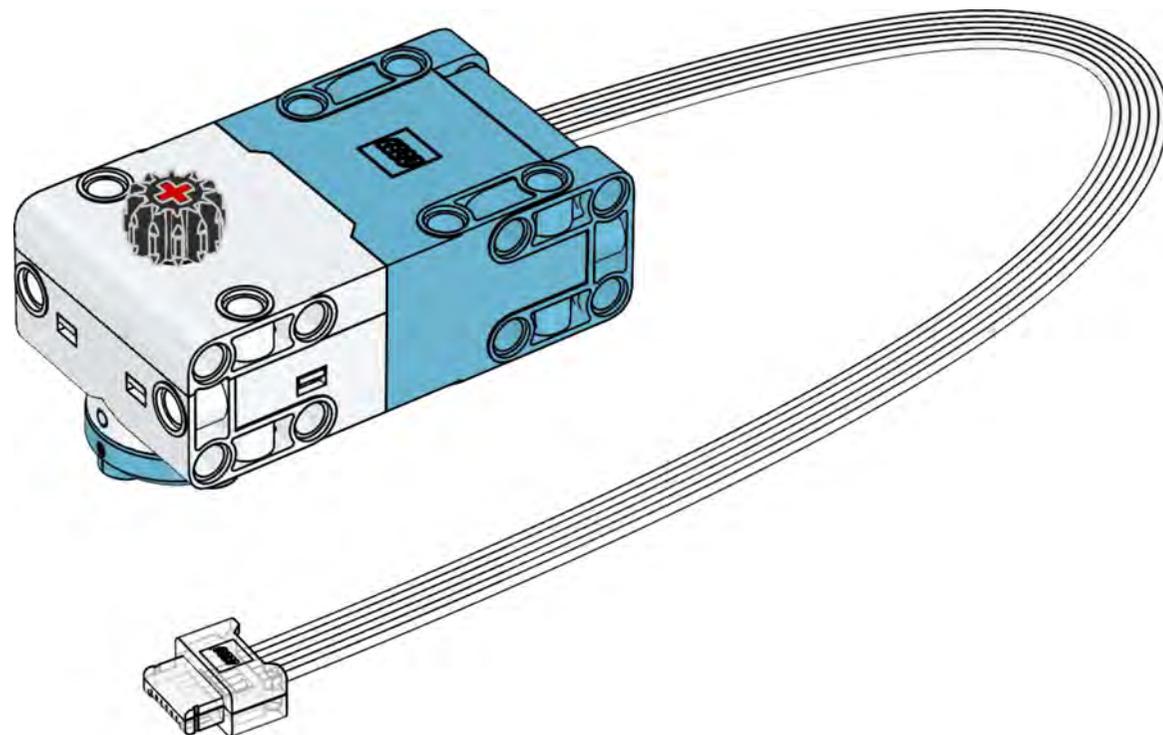
27

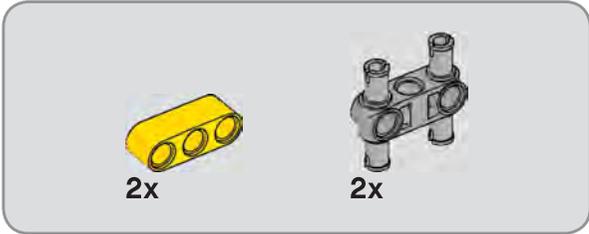




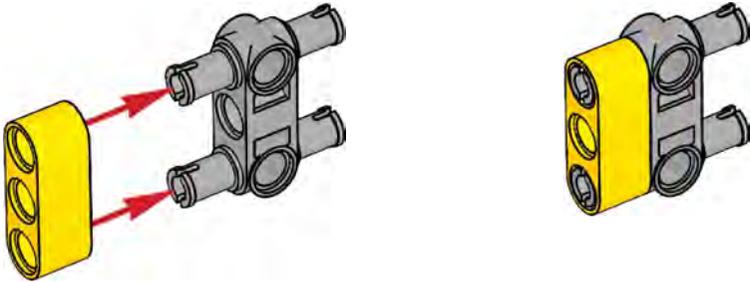
1x

28





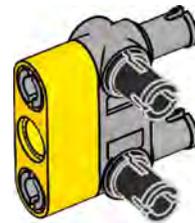
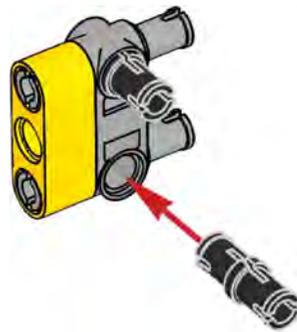
29



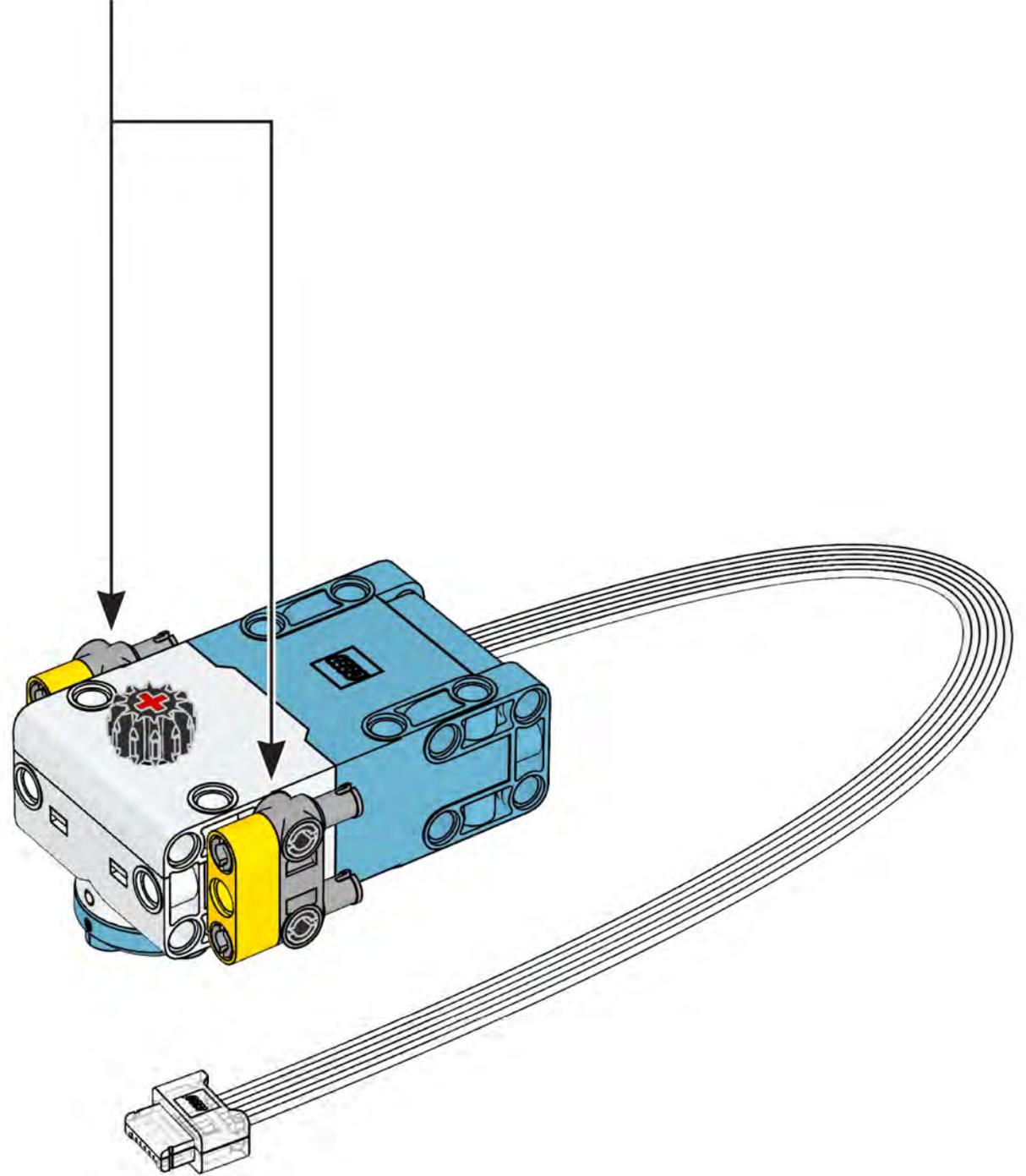


4x

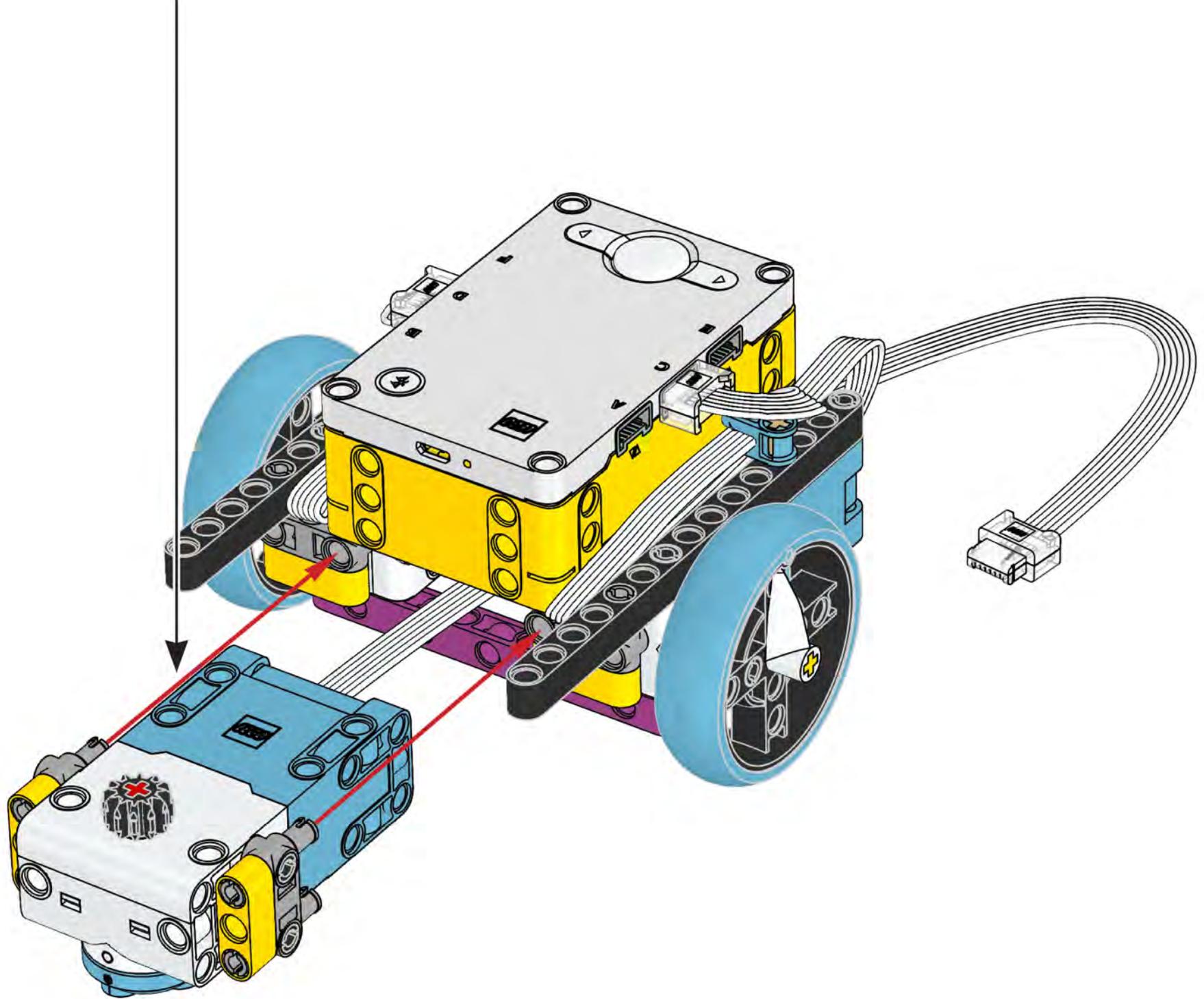
30

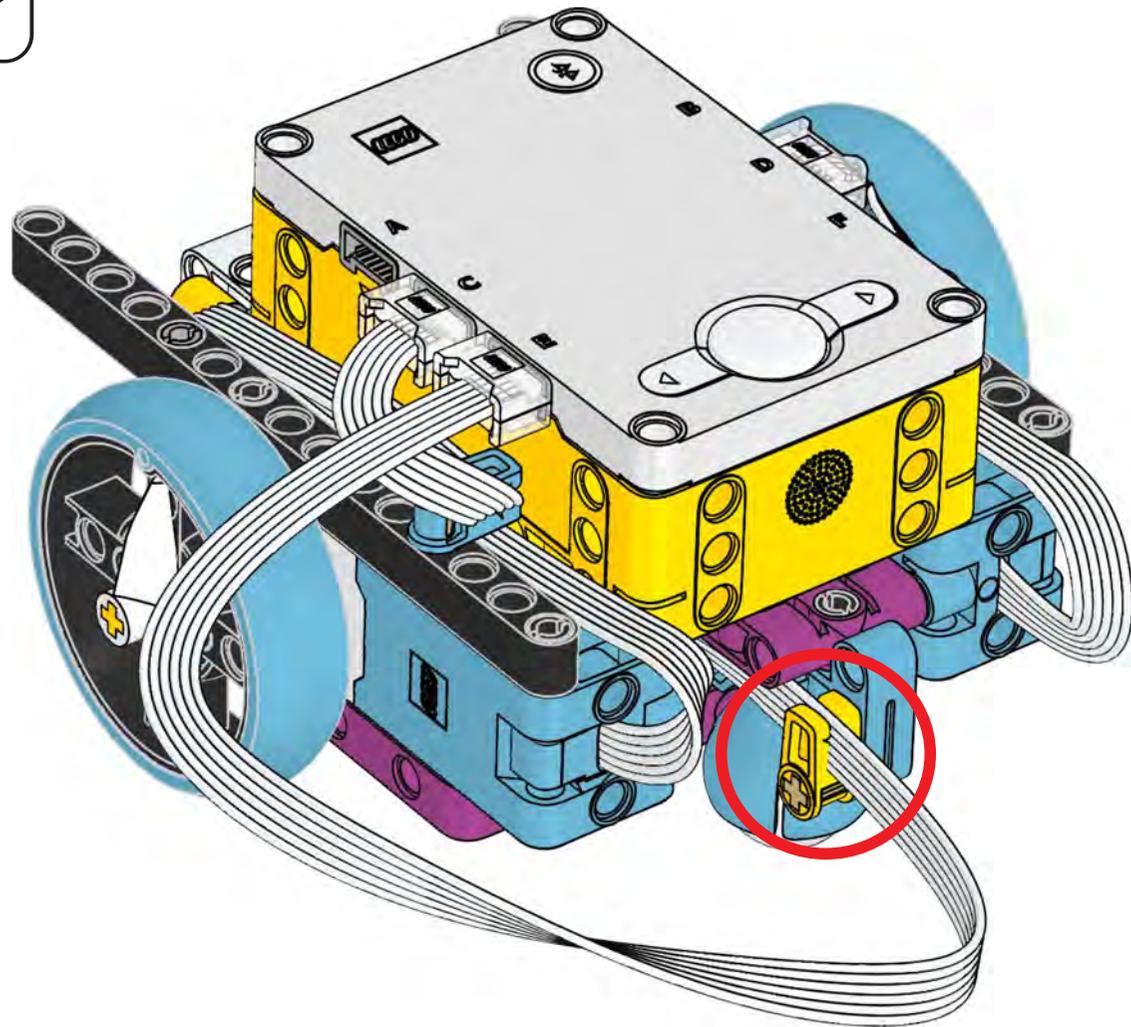
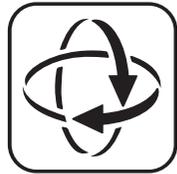


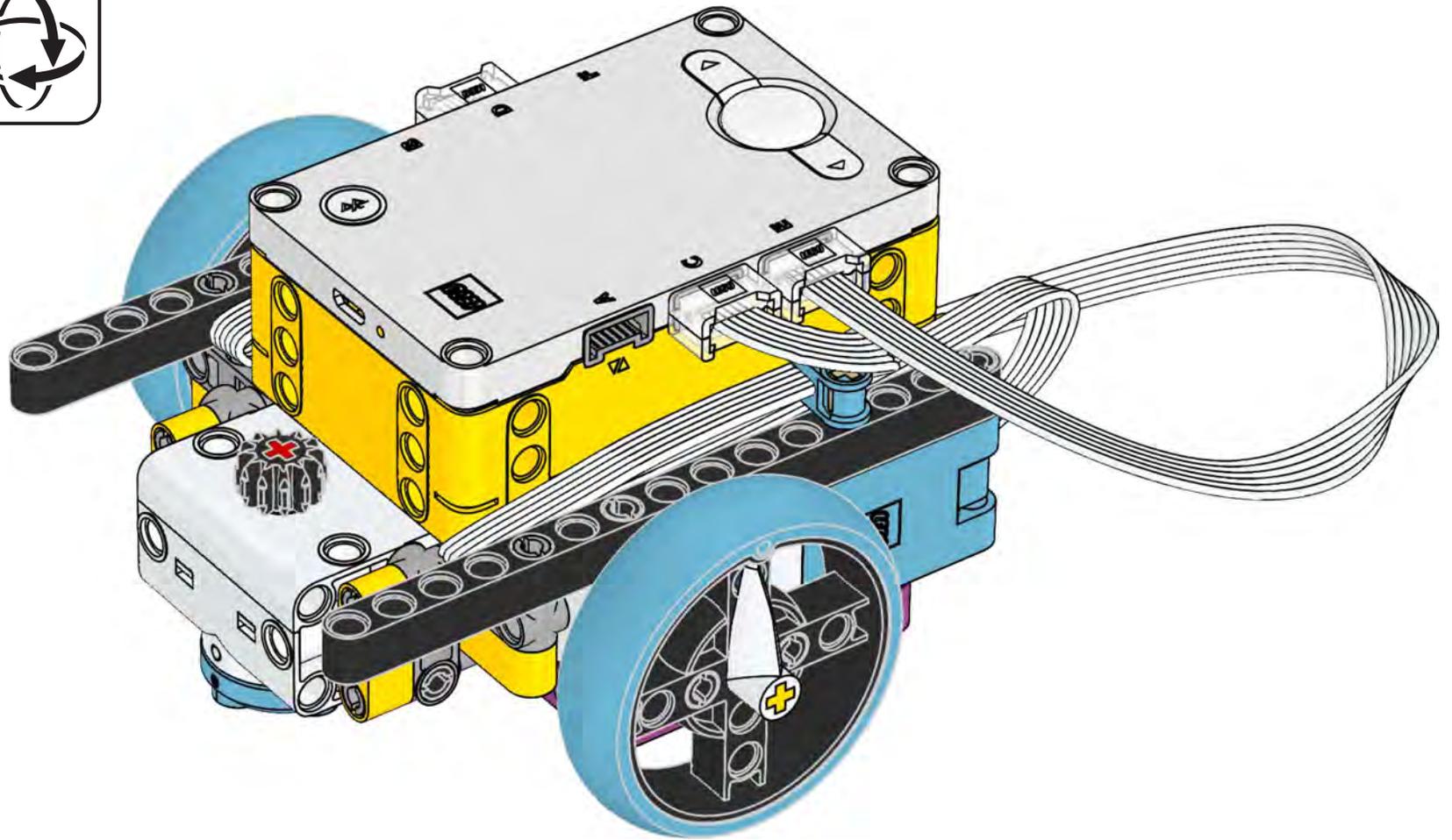
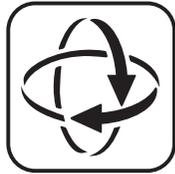
31

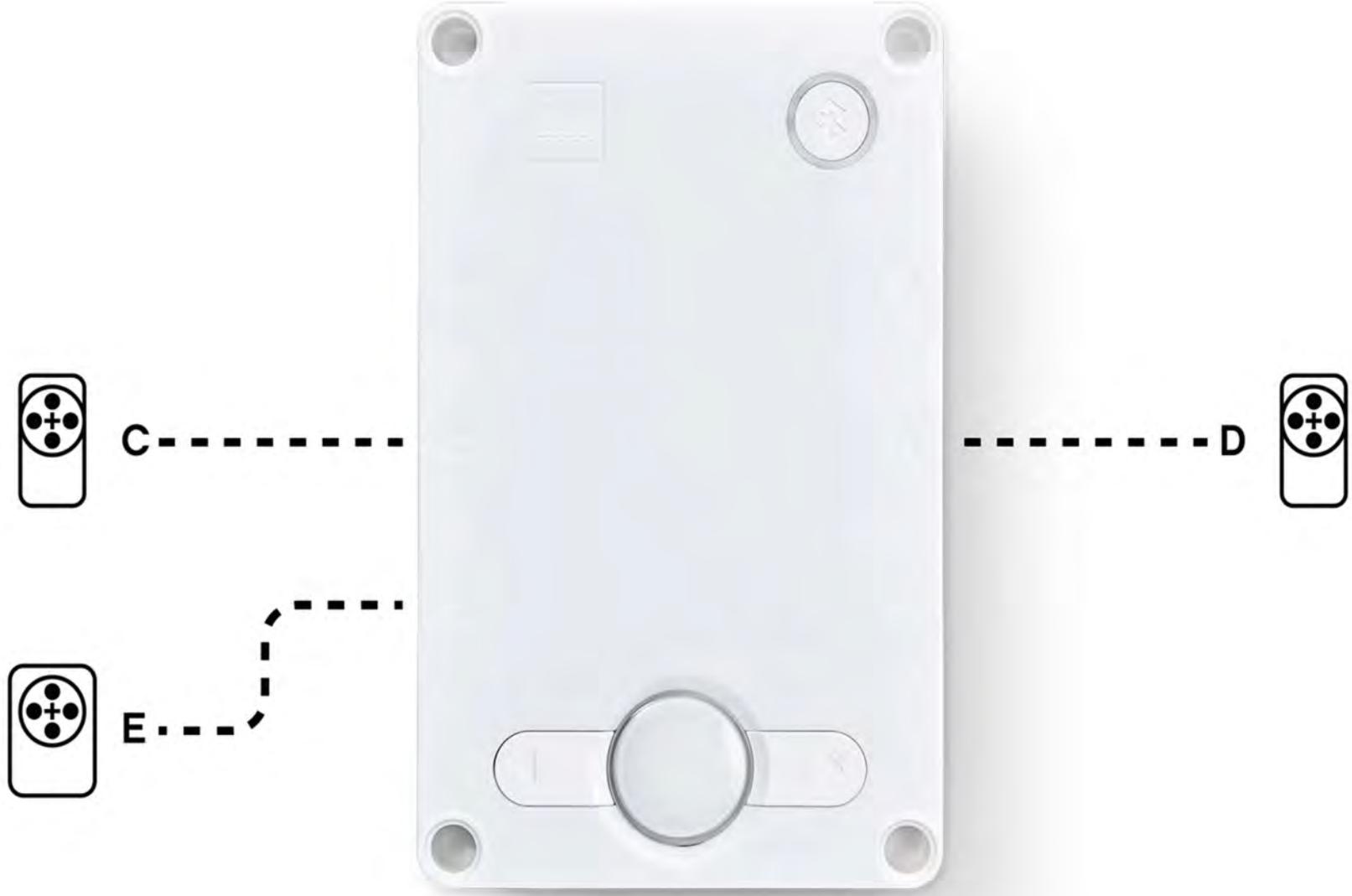


32









Trainingslager 2: Mit Gegenständen spielen

Mithilfe von Sensoren Motoren steuern und auf einem Wettbewerbsfeld mit Gegenständen interagieren



🕒 30–45 Min.

📦 Einsteiger

🎒 Klassen 5–8

Unterstützung für Lehrkräfte

Wichtige Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler werden

- Schätzungen nutzen, um vor einem Gegenstand anzuhalten und
- den Abstandssensor verwenden, um einen Gegenstand zu erkennen und darauf zu reagieren.

"Benötigte Sets & Software"

LEGO Education SPIKE Prime-Set

Zusätzliche Ressourcen

[Bauanleitungen](#)

[Lehrplanbezug \(Switzerland\)](#)

[Lehrplanbezug \(Austria\)](#)

[Python-Programme](#)

Naturwissenschaften und Technik

Informationsaufnahme und -verarbeitung / Informatik:

- direkte und indirekte Messverfahren vergleichen
- zuverlässige Messungen durchführen und Messfehler erkennen
- das Prinzip der Steuerung darstellen und erklären (z. B. Robotik)

Technik

Arbeitsweisen:

- Messwerte erfassen

Systeme und Prozesse / Information und Kommunikation:

- mit vorgegebenen Bauteilen ein einfaches technisches System (z. B. Fahrzeug, Roboterarm) erstellen, das durch Sensoren gesteuert wird
- Wirkung und Funktionsweise von Sensoren erklären und deren Rolle in einem technischen System beschreiben und untersuchen
- physikalische Größen mit Sensoren erfassen und auswerten (Tastsensor, Farbsensor, Gyrosensor (Winkelsensor), Temperatursensor)

Informatik

Programmierung / Algorithmen:

- Abläufe (z. B. bedingte Bewegung eines Roboters) analysieren und diese in sinnvolle Teilschritte gliedern, um dazu eindeutige Handlungsvorschriften zu formulieren
- einfache Programme und Programmabschnitte schrittweise testen und optimieren sowie deren Wirkung beschreiben
- Algorithmen analysieren, interpretieren und modifizieren, um die Fähigkeit zu erlangen, fremde Programme flexibel und kritisch zu beurteilen und zu bewerten

Robotik / automatisierte Prozesse:

- Roboter bzw. ein eingebettetes System mit den zur Lösung einer Aufgabe nötigen Bauteilen (z. B. Sensoren, Aktoren) ausstatten

Folgende Kompetenzen aus den Bildungsplänen für Technik und Informatik sind implizit vorhanden:

- Veränderungen in Systemen als Prozesse beschreiben (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip)
- Informationsverarbeitung nach dem EVA-Prinzip (Zusammenwirken von Sensoren, Prozessoren, Aktoren) beschreiben
- Typen von Sensoren, Aktoren und Verarbeitungscomponenten von technischen Geräten benennen und sie der Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe zuordnen

Mathematik

Größen und Messen:

- Längen, Flächeninhalte, Volumina, Massen, Zeitspannen messen

Proportionalität (funktionaler Zusammenhang):

- Beziehungen erkunden und Zusammenhänge durch Tabellen und/oder Graphen darstellen
Folgende Kompetenzen aus den Bildungsplänen für Mathematik sind implizit vorhanden:
- mit Größenangaben rechnen und dabei Einheiten korrekt anwenden
- Terme aufstellen, deren Wert bestimmen und zur Problemlösung nutzen
- Zahlen vergleichen und anordnen
- (rationale) Zahlen in Bruch- und in Dezimaldarstellung addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren
- einfache Formeln nach jeder Variablen auflösen
- Gleichungen mit einer Variablen lösen

Prozessbezogene Kompetenzen

Zusätzlich zu den genannten inhaltlichen Kompetenzen gelten diese prozessbezogenen Kompetenzen, die den Kern des gesamten LEGO® Education SPIKE™ Prime-Sets ausmachen:

Prozesse strukturieren und vernetzen:

- Handlungsschritte chronologisch ordnen (auch aufgrund von kausalen Zusammenhängen)
- Teillösungen zur Lösung des Gesamtproblems nutzen
- Zusammenhänge und Analogien zwischen bekannten informatischen Inhalten bzw. Methoden erkennen und diese auch in neuen Kontexten und Anwendungsbereichen nutzen

Überlegungen, Lösungswege und Ergebnisse darstellen:

- Sachverhalte und eigene Ideen zielgruppenorientiert und unter Beachtung der informatischen Terminologie erläutern und strukturiert darstellen
- Beobachtungen und Messdaten schriftlich festhalten, daraus Schlussfolgerungen ableiten und Ergebnisse verallgemeinern

Kooperativ arbeiten:

- arbeitsteilig als Team Aufgaben planen, strukturieren, ausführen, reflektieren und präsentieren
- mit einem Partner oder in einer Gruppe gleichberechtigt, zielgerichtet und zuverlässig arbeiten und dabei unterschiedliche Sichtweisen achten

0

Unterrichtsplan

1. Vorbereitung

- Lesen Sie sich in der LEGO® Education SPIKE™ App die Materialien für Schülerinnen und Schüler durch.

2. Einführen (5 Min.)

- Nutzen Sie die unten stehenden *Diskussionsideen*, um ein Gespräch über den Inhalt dieser Aufgabe anzuregen.
- Erklären Sie diese Aufgabe mithilfe des Videos.

3. Erforschen (20 Min.)

- Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen das Übungs-Fahrgestell, einen Arm, eine Markierung und einen Würfel bauen.
- Fordern Sie sie dazu auf, die beiden Programmierstapel auszuprobieren. Dadurch sollen sie herausfinden, mit welchem Programmierstapel es möglich ist, das Fahrgestell vor der Markierung anzuhalten.
- Lassen Sie die Zweiergruppen zusätzliche Programmierblöcke für ihre Fahrgestelle hinzufügen, um den Arm zu senken, den Würfel aufzuheben und ihn in einer Entfernung von mindestens 30 cm zur Markierung wieder abzulegen.

4. Erklären (5 Min.)

- Regen Sie eine Diskussion darüber an, wie man mit dem Abstandssensor Distanzen messen kann.

5. Erweitern (15 Min.)

- Lassen Sie die Gruppen bei einem Staffellauf herausfinden, wessen Fahrgestell das schnellste ist!
- Denken Sie daran, ausreichend Zeit zum Aufräumen einzuplanen.

6. Evaluieren

- Geben Sie allen Schülerinnen und Schülern einzeln Rückmeldung zu ihrer jeweiligen Leistung.
- Zur Unterstützung können Sie hierfür auch die Bewertungsraster nutzen.

Eine Diskussion anregen

Nutzen Sie die folgenden Ideen, um mit Ihrer Klasse über Wettbewerbsroboter zu sprechen und um zu erklären, dass die Roboter Gegenstände finden und bewegen müssen:

- Fragen Sie, in welchen Situationen die Schülerinnen und Schüler schon einmal gesehen haben, wie Roboter Gegenstände von einem Ort an einen anderen bewegen.
- Erzählen Sie ihnen, dass ihre Fahrgestelle mithilfe von Sensoren Gegenstände erkennen und mit einem zusätzlichen Motor und einem Arm diese Gegenstände aufheben können.
- Erklären Sie ihnen, dass sie einen autonomen Roboter programmieren werden. Fragen Sie sie, warum ein autonomer Betrieb bei Wettbewerben wichtig ist.

Zeigen Sie dieses Video, damit die Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung davon bekommen, was sie jetzt tun sollen.



Bautipps

Ein einfaches Fahrgestell mit Abstandssensor

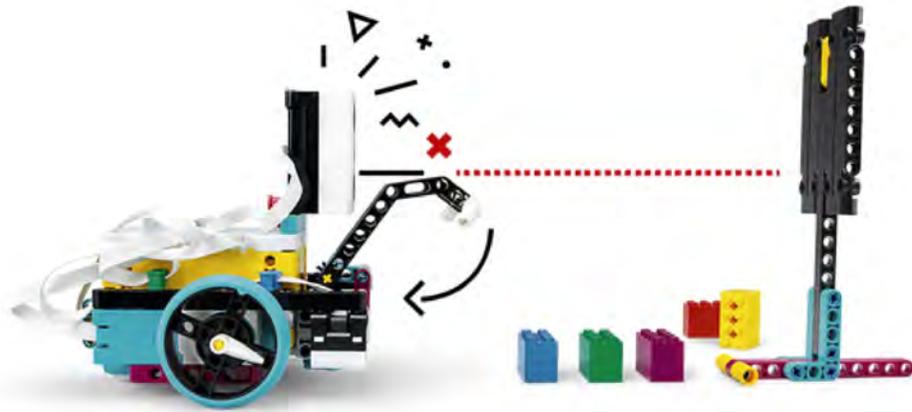
Verwenden Sie das einfache Fahrgestell mit Abstandssensor. Denken Sie auch daran,

Kabelbinder zu nutzen.



Der Abstandssensor und der Arm

Der Arm muss hoch genug (aber auch nicht zu hoch) angehoben werden, sodass er über den Würfel reicht. Wird der Arm zu hoch angehoben, stört er den Abstandssensor.



Bereiten Sie den Staffellauf vor

Beginnen Sie mit einer Distanz von etwa 30 cm zwischen Fahrgestell und Markierung.

Die Zweiergruppen müssen jeden Stab einzeln wegnehmen, wenn er gebracht wird, bevor das Fahrgestell vorwärts fahren und den nächsten holen darf.



Programmiertipps

Hauptprogramm

wenn das Programm startet

Antriebsmotoren Anschluss C+D zuweisen

Geschwindigkeit auf 30 % einstellen

1 Motorumdrehung auf 17.5 cm stellen

E Geschwindigkeit auf 20 % einstellen

E 1 Sekunde(n) laufen lassen

E 1 Sekunde(n) laufen lassen

Piepton 60 0.2 Sekunden abspielen

Piepton 72 0.2 Sekunden abspielen

Mit diesem Programmierstapel bewegt sich das Fahrgestell, ohne die Objekterkennung zu verwenden.

wenn linke Taste wird gedrückt

warte 1 Sekunden

20 cm in folgende Richtung bewegen: ↑

Mit diesem Programmierstapel bewegt sich das Fahrgestell und verwendet dabei die Objekterkennung.

wenn rechte Taste wird gedrückt

warte 1 Sekunden

in folgende Richtung starten geradeaus: 0

warte bis F ist näher als 10 cm ?

anhalten

Beispiellösung

wenn das Programm startet

Antriebsmotoren Anschluss C+D zuweisen

Geschwindigkeit auf 30 % einstellen

1 Motorumdrehung auf 17.5 cm stellen

E Geschwindigkeit auf 20 % einstellen

E 1 Sekunde(n) laufen lassen

E 75 Grad laufen lassen

Piepton 60 0.2 Sekunden abspielen

Piepton 72 0.2 Sekunden abspielen

wenn rechte Taste wird gedrückt

warte 1 Sekunden



in folgende Richtung starten geradeaus: 0

warte bis



F

ist näher als

10

cm

?



anhalten



E

75

Grad



laufen lassen



Piepton

60

0.2

Sekunden abspielen



Piepton

72

0.2

Sekunden abspielen



20

cm

in folgende Richtung bewegen:



```
wenn das Programm startet
  Antriebsmotoren Anschluss C+D zuweisen
  Geschwindigkeit auf 30 % einstellen
  1 Motorumdrehung auf 17.5 cm stellen
  E Geschwindigkeit auf 20 % einstellen
  E 1 Sekunde(n) laufen lassen
  E 1 Sekunde(n) laufen lassen
  E 75 Grad laufen lassen
  Piepton 60 0.2 Sekunden abspielen
  Piepton 72 0.2 Sekunden abspielen
```

```
wenn rechte Taste wird gedrückt
  setze Distance auf 25
  warte 1 Sekunden
  wiederhole 4 mal
    in folgende Richtung starten geradeaus: 0
    warte bis F ist näher als Distance cm
    anhalten
    E 75 Grad laufen lassen
    Piepton 60 0.2 Sekunden abspielen
    Piepton 72 0.2 Sekunden abspielen
    20 cm in folgende Richtung bewegen: ↓
    E 75 Grad laufen lassen
  ändere Distance um -5
```

Hier ist ein Beispiel dafür, wie man das Staffellauf-Spiel spielen kann.



Differenzierung

Um die Aufgabe zu vereinfachen, können Sie Folgendes tun:

- Ausführlicher erklären, wie man den Abstandssensor verwendet

Um die Aufgabe anspruchsvoller zu gestalten, können Sie Folgendes tun:

- Weitere Herausforderungen mit verschiedenen Gegenständen zusammenstellen, um die Interaktion mit Gegenständen zu üben (z. B.: mit dem Abstandssensor den Würfel zum Ausgangspunkt zurückbringen)
-

Leistungsbewertung

Checkliste für Beobachtungen

Erstellen Sie eine geeignete Bewertungsskala, wie zum Beispiel:

1. Erwartungen zum Teil erfüllt
2. Erwartungen vollständig erfüllt
3. Erwartungen übertroffen

Nutzen Sie die folgenden Kriterien, um den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler zu beurteilen:

- Sie können das Programm erweitern, um einen Gegenstand zu holen.
- Sie können den Abstandssensor einsetzen, um einen Gegenstand zu erkennen und zu holen.
- Sie können die Parameter des Abstandssensor-Blocks so verändern, dass er verschiedene Distanzen erkennt.

Selbsteinschätzung

Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler selbst den Stein auswählen, der am besten ihrer Leistung entspricht.

- Blau: Ich kann den Abstandssensor einsetzen, um einen Gegenstand zu erkennen und zu holen.
- Gelb: Ich habe die Staffellauf-Aufgabe erfolgreich abgeschlossen.
- Lila: Ich habe die Staffellauf-Aufgabe erfolgreich abgeschlossen und mein Programm optimiert, um eine schnellere Zeit zu schaffen.

Lernbeobachtung durch Mitschüler

Ermutigen Sie die Schülerinnen und Schüler dazu, ihren Klassenkameraden Rückmeldungen zu geben:

- Lassen Sie sie einander mit der Steine-Skala (siehe oben) bewerten.
 - Lassen Sie sie einander konstruktives Feedback geben, um die Gruppenleistung in der nächsten Unterrichtsstunde zu verbessern.
-

Erweiterung: sprachliche Ausdrucksfähigkeit

Um die sprachliche Ausdrucksfähigkeit zu fördern, können Sie Folgendes tun:

- Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler das Spiel umgestalten und sich eigene Spielregeln ausdenken. Bitten Sie sie, die Regeln aufzuschreiben und erklärende Abbildungen hinzuzufügen. Dann sollen die Teams gegeneinander antreten.

Hinweis: Die Erweiterung erfordert zusätzliche Zeit und verlängert die Aufgabe.

Erweiterung: Mathematik

Um mathematische Fähigkeiten zu fördern, können Sie Folgendes tun:

Während sich die Schülerinnen und Schüler das neue Spiel ausdenken, fordern Sie sie dazu auf, so viele Zahlen wie möglich zu verwenden, die größer als ($>$) oder kleiner als ($<$) sind. Dazu können sie Folgendes verwenden:

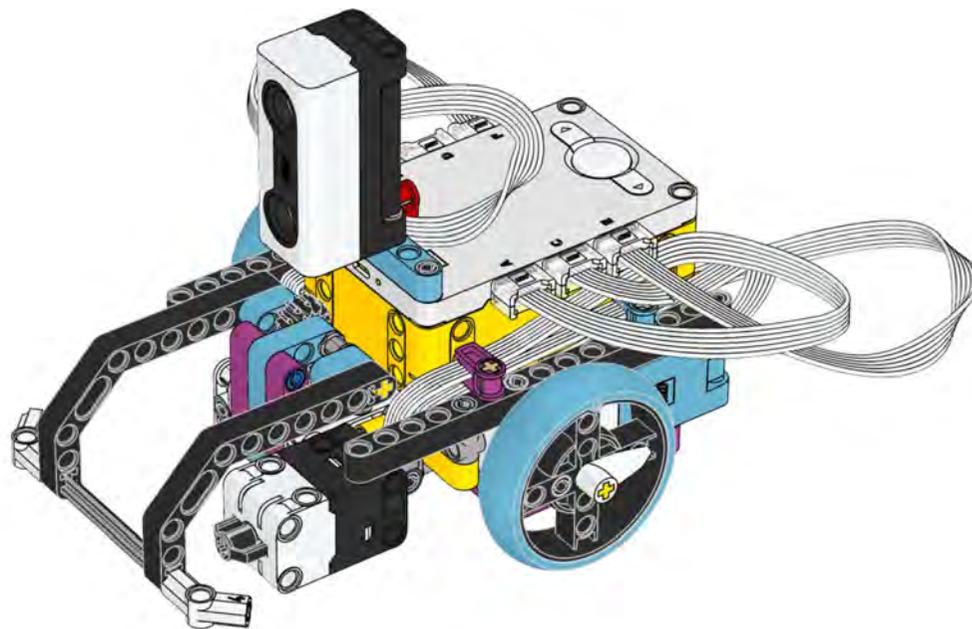
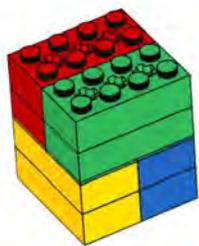
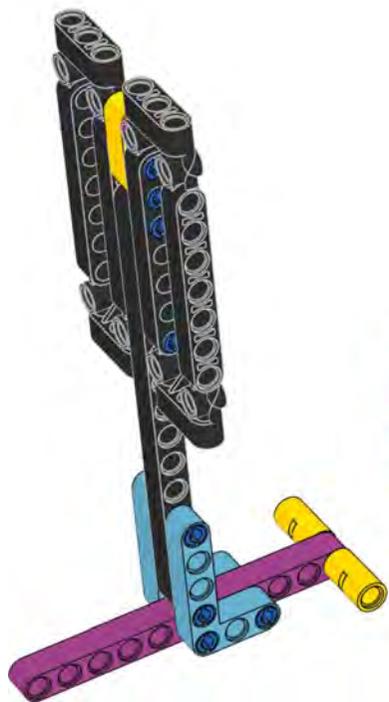
- Abstandssensor-Werte
- Werte, die der Lichtsensor empfängt
- Umdrehungswinkel-Werte vom Gyrosensor

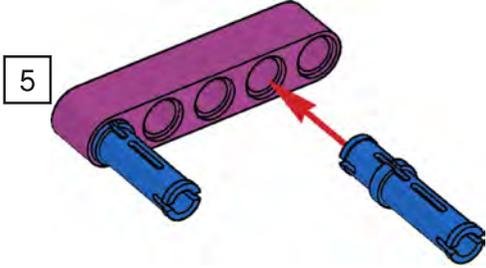
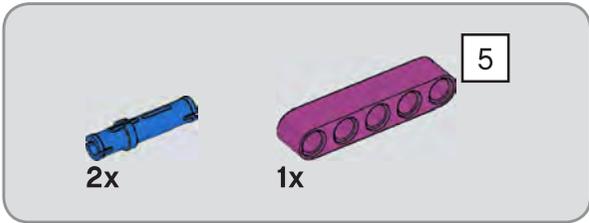
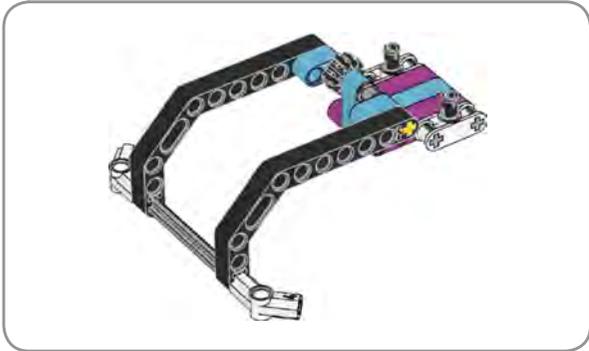
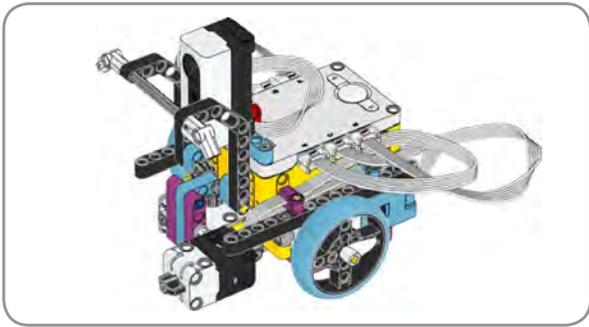
Hinweis: Die Erweiterung erfordert zusätzliche Zeit und verlängert die Aufgabe.

In welchen Berufen sind diese Fähigkeiten gefragt?

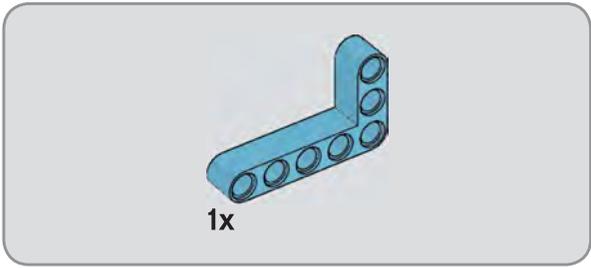
Schülerinnen und Schüler, die sich für diese Aufgabe begeistern, könnten sich auch für folgende Berufszweige interessieren:

- Informationstechnik (Spiele-Programmierung)
- Fertigungs- und Konstruktionstechnik (Maschinenbau)
- Fertigungs- und Konstruktionstechnik (Planungsbüros)

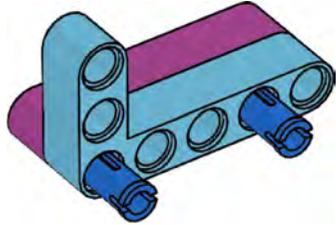


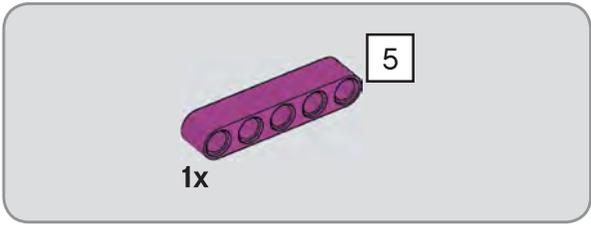


1

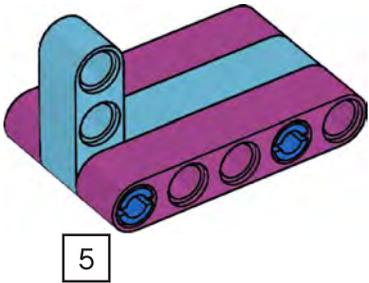


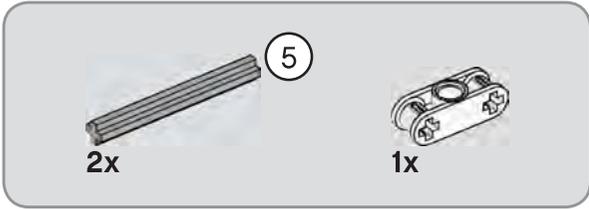
2



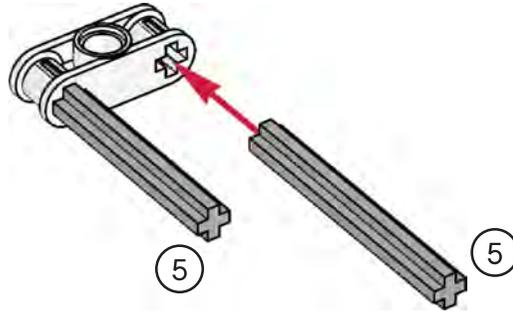


3

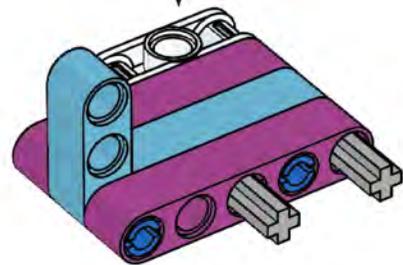




4



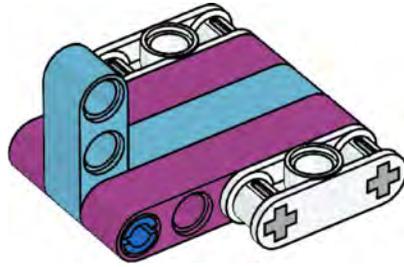
5





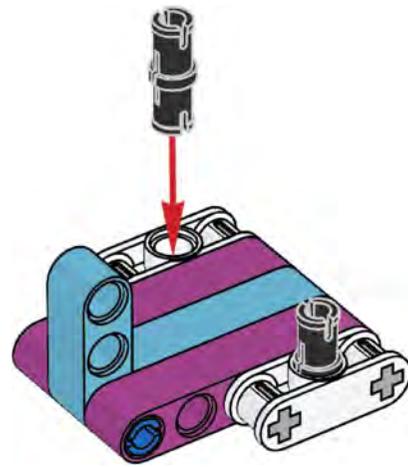
1x

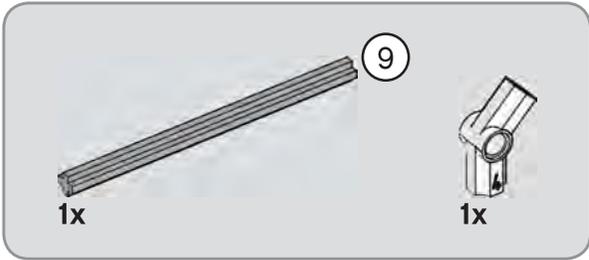
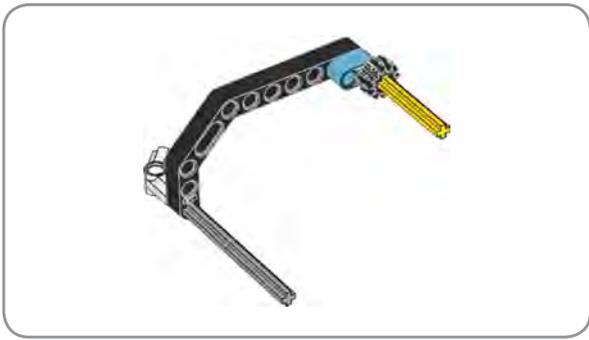
6



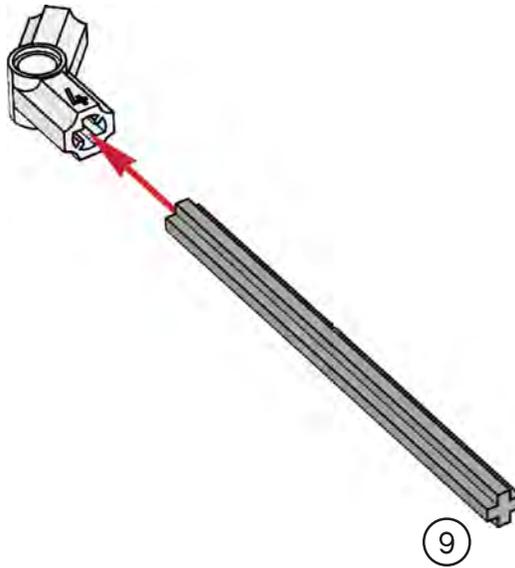


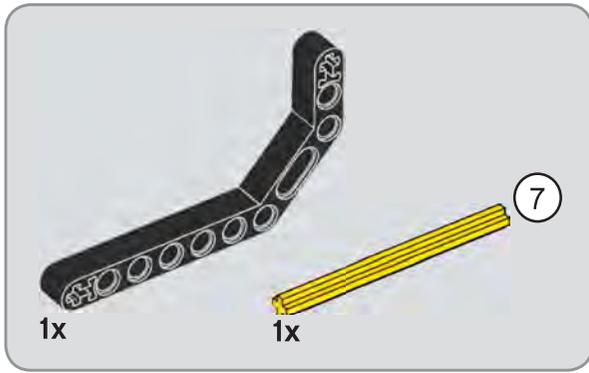
7



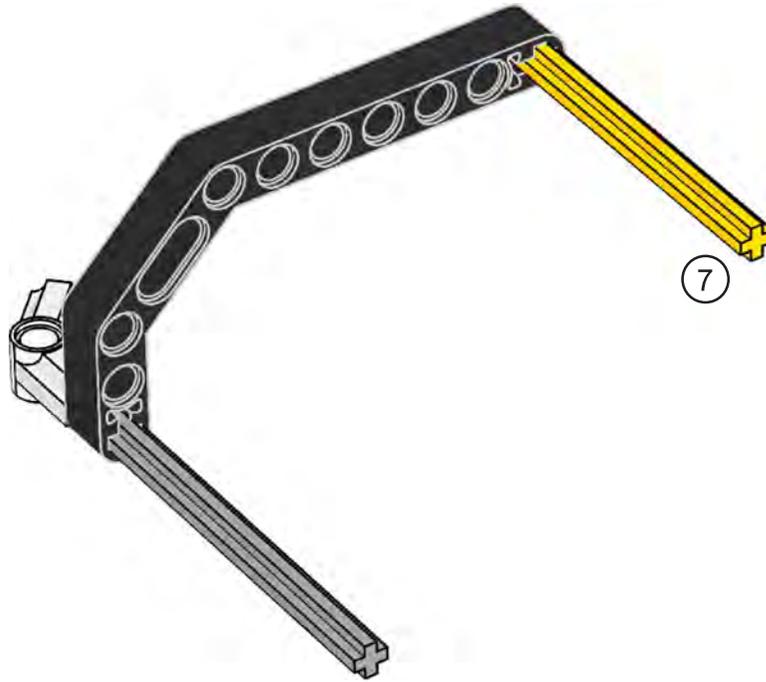


8





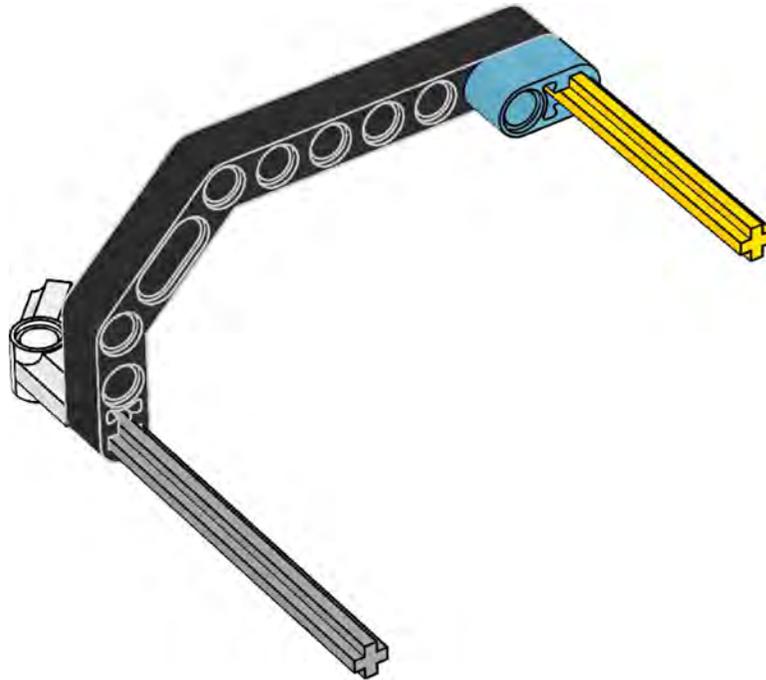
9





1x

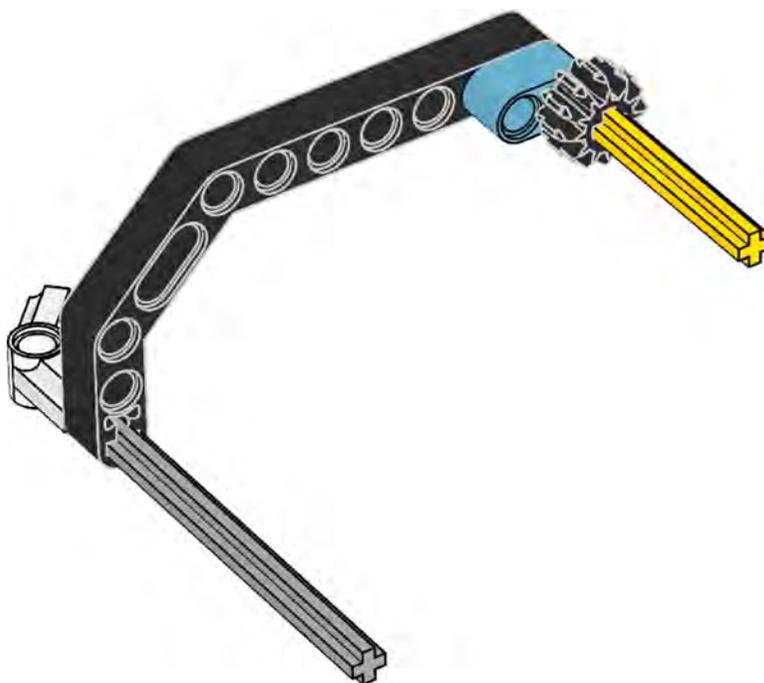
10



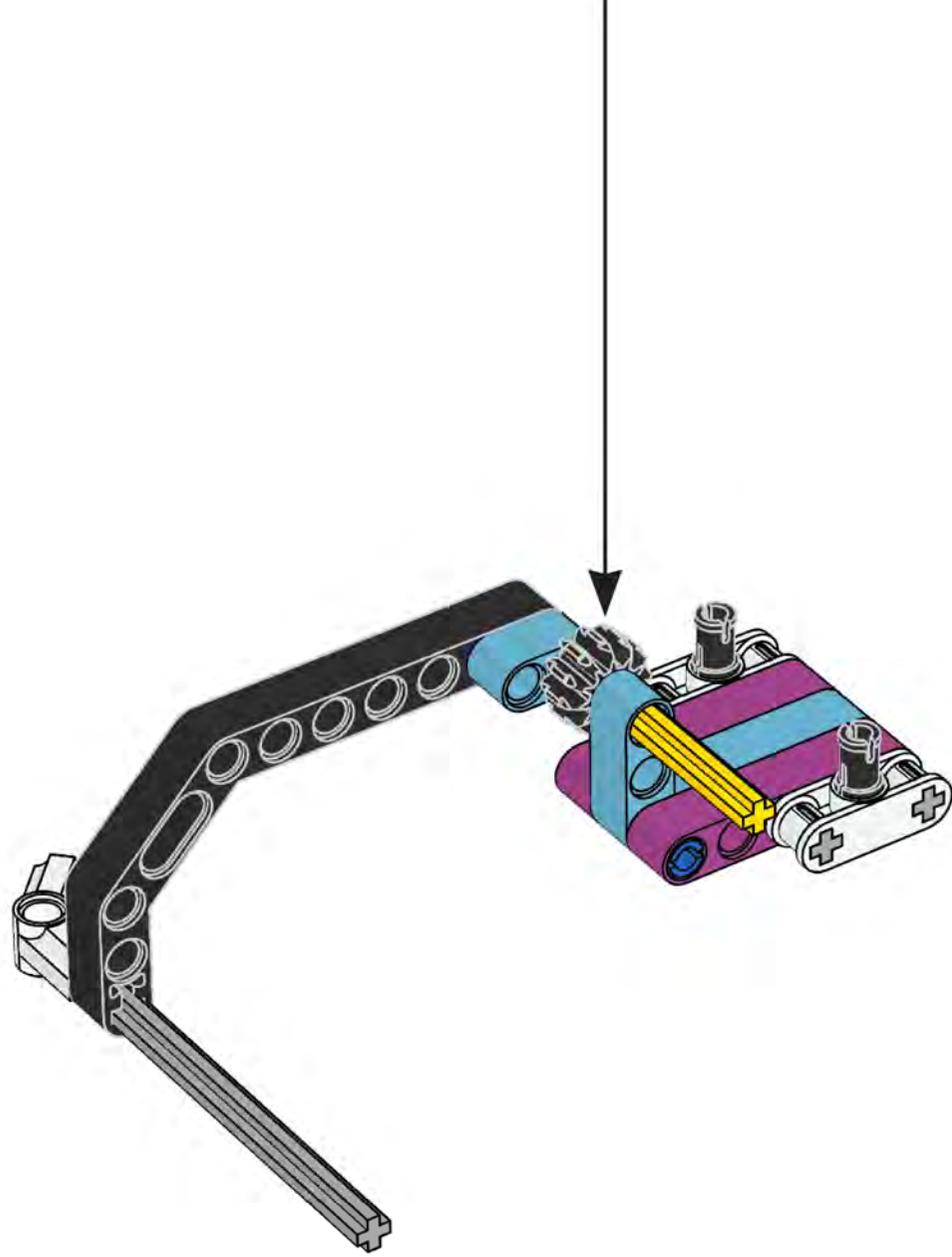


1x

11



12



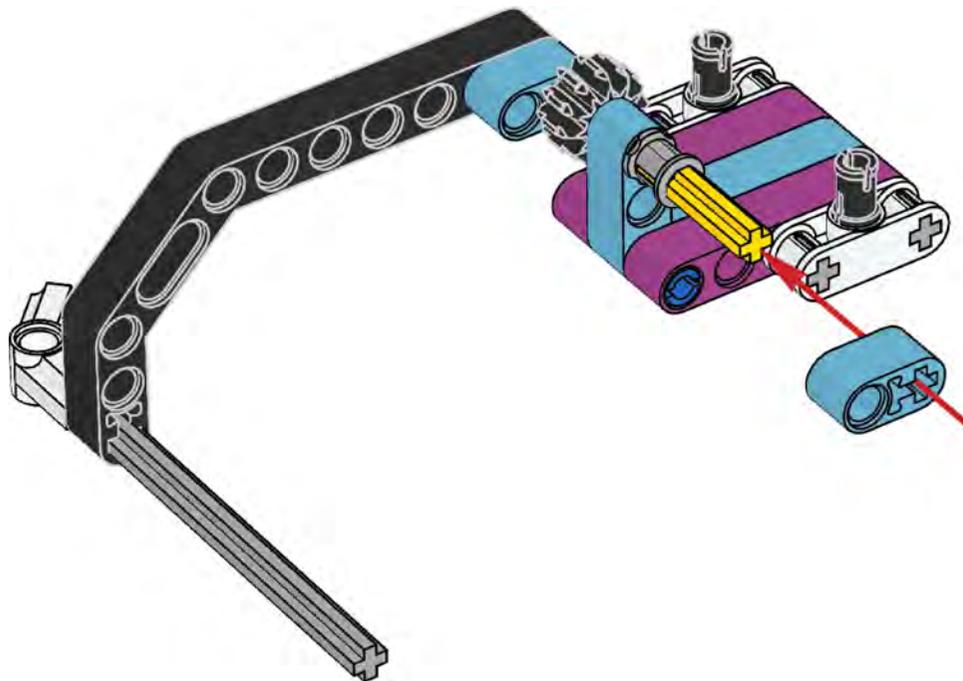


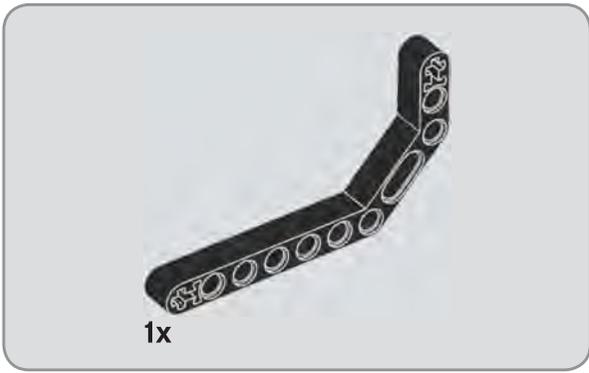
1x



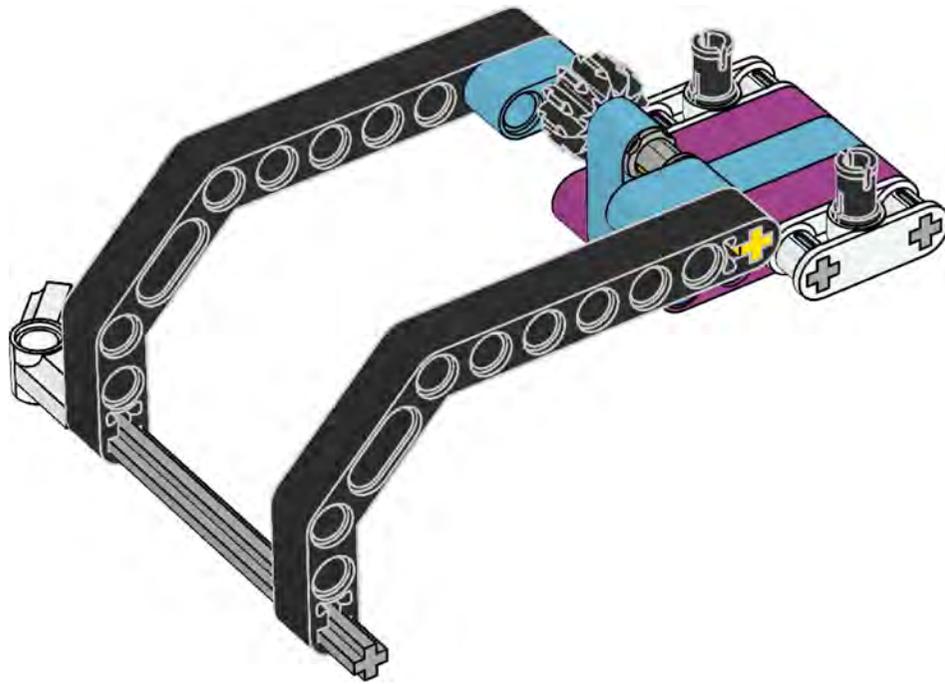
1x

13



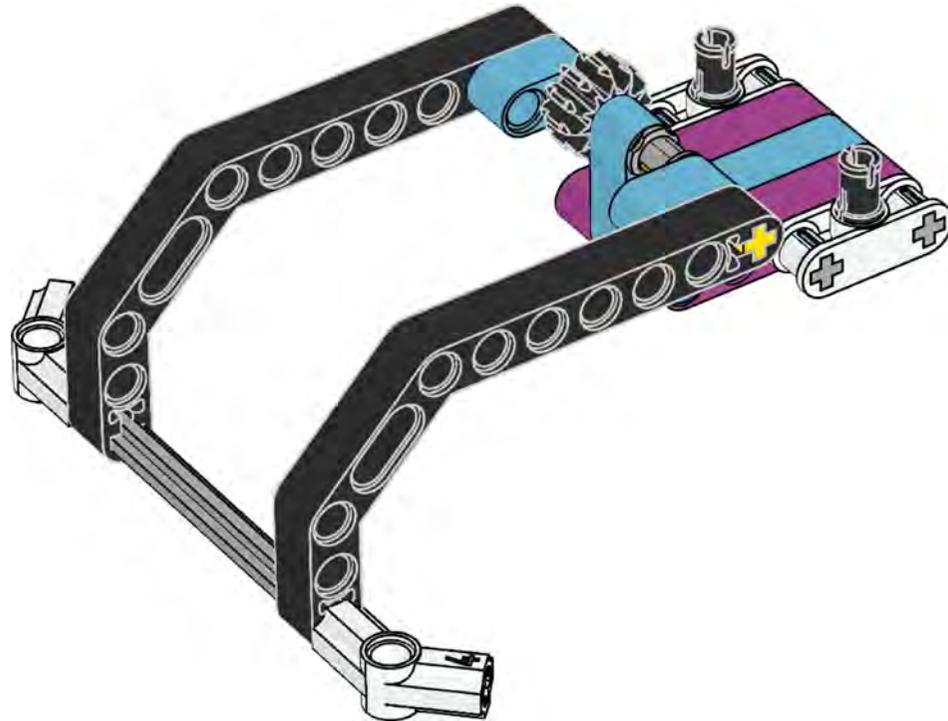


14

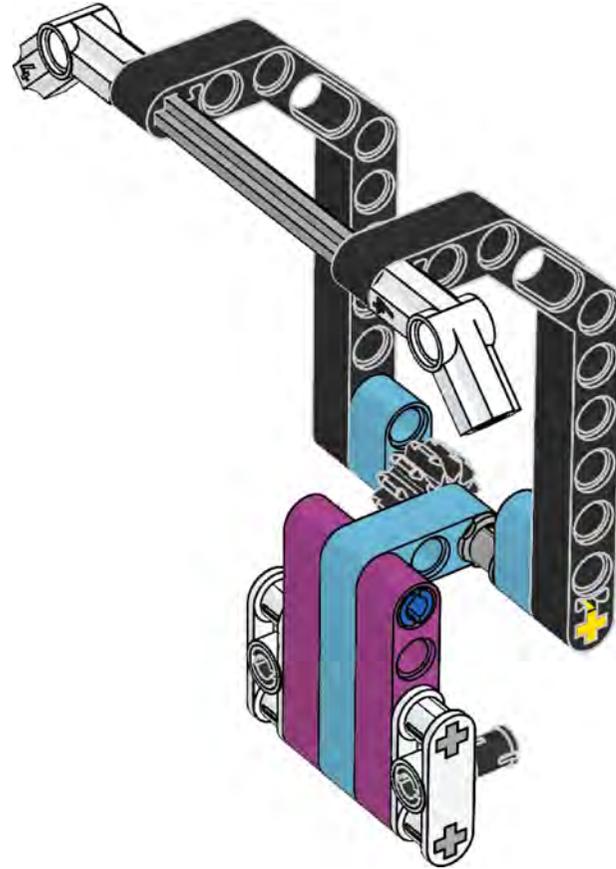
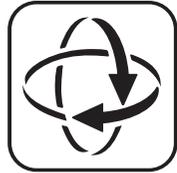




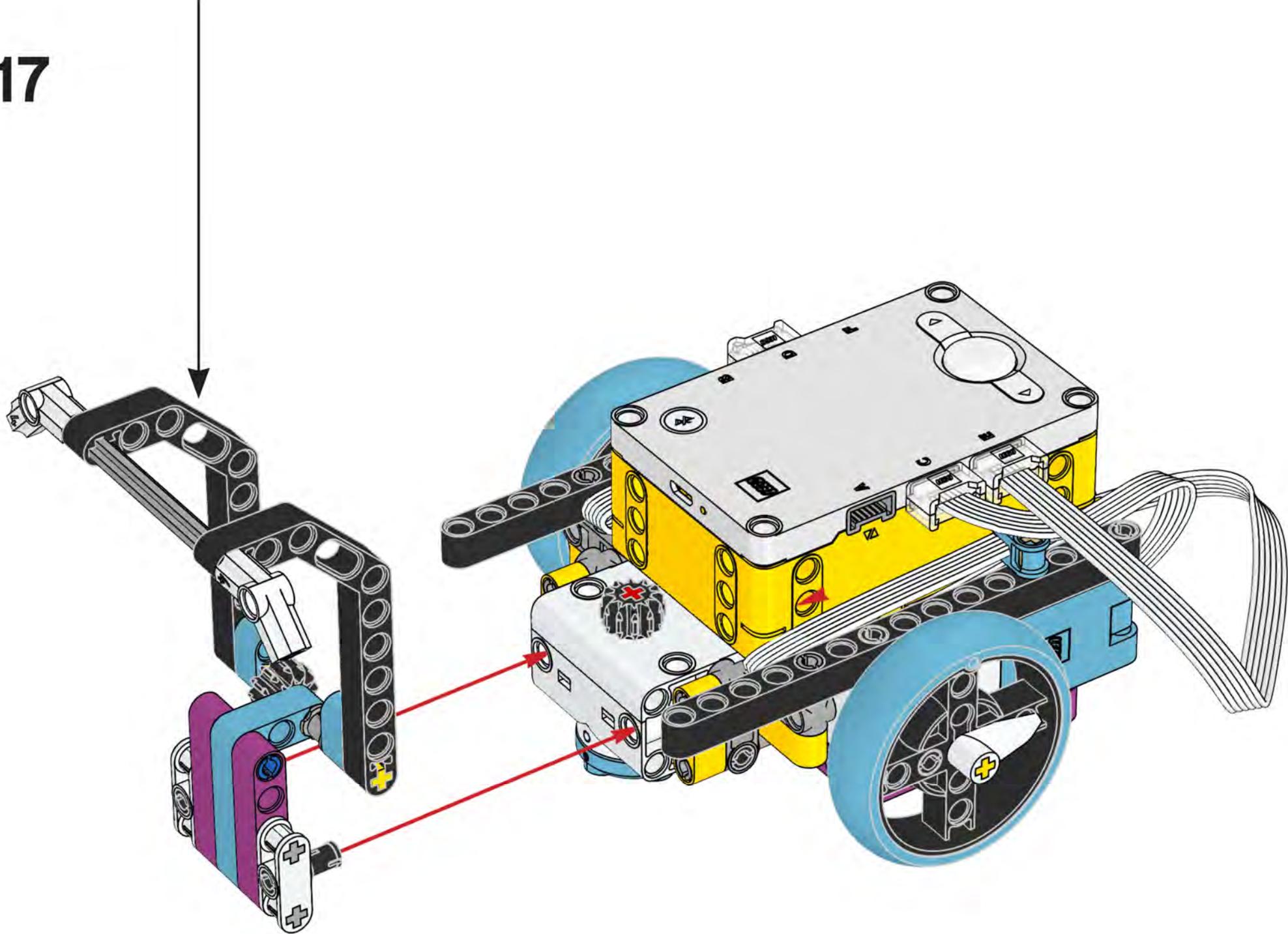
15



16



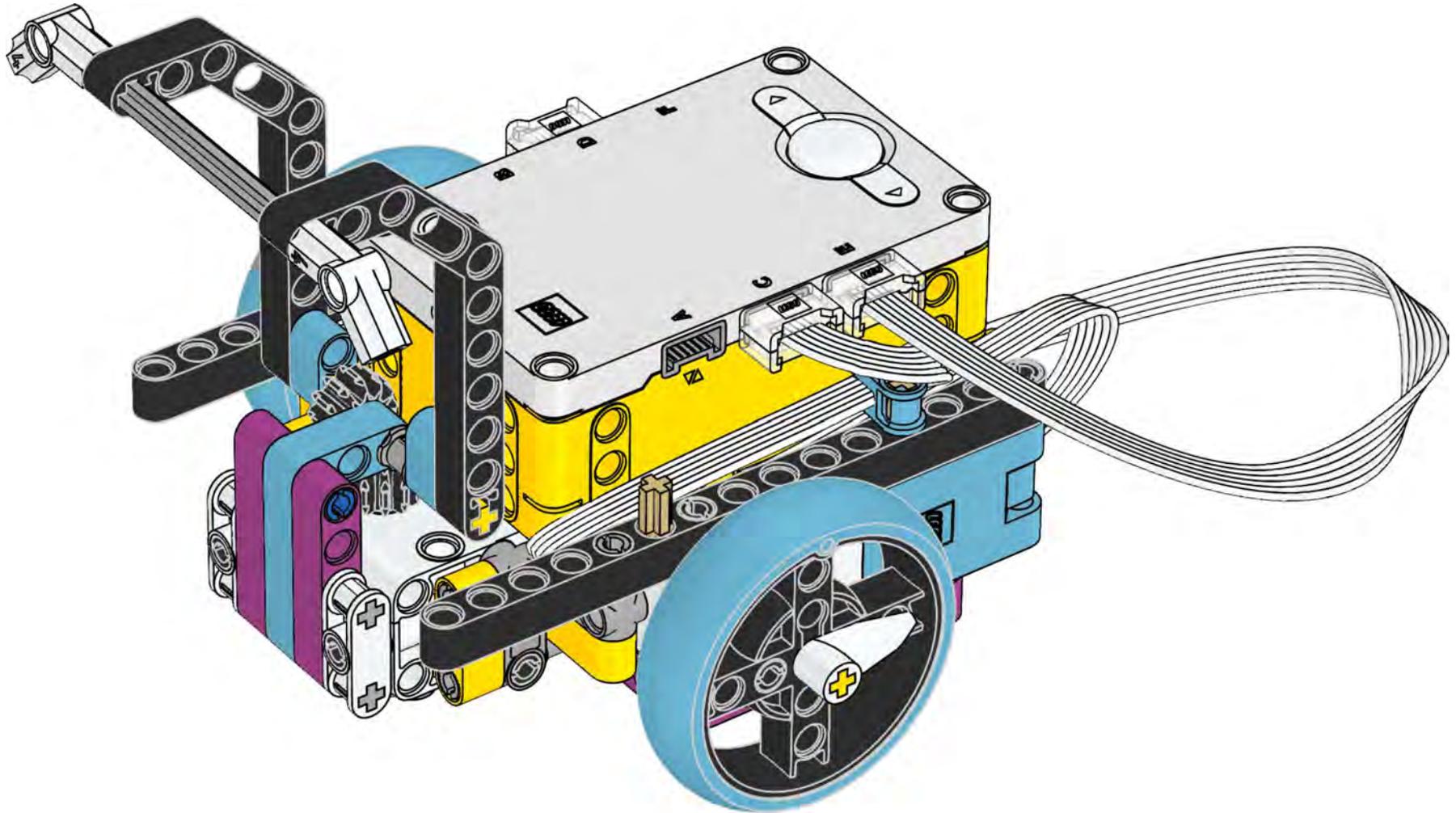
17

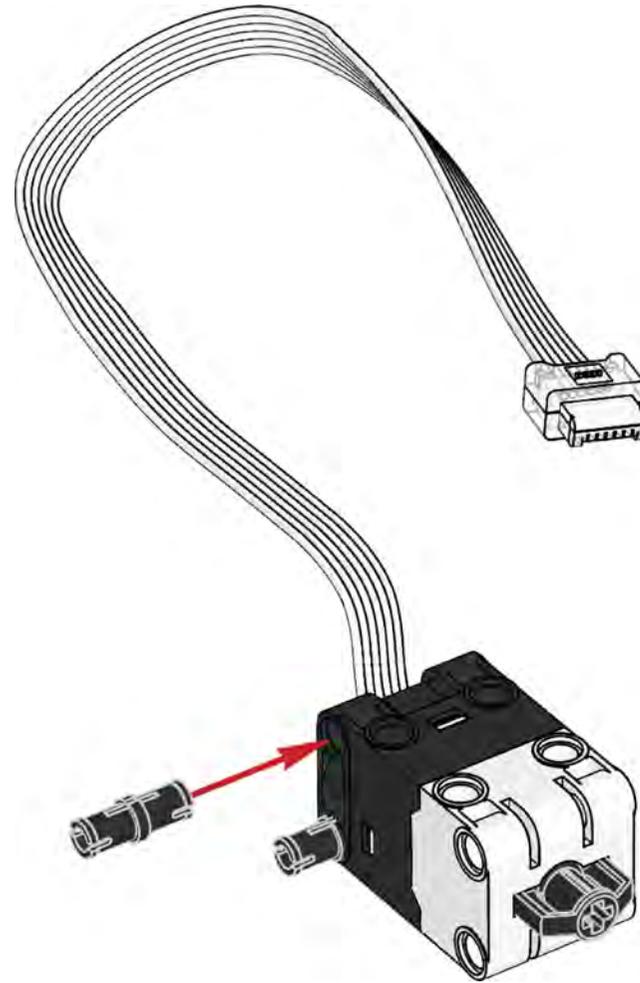
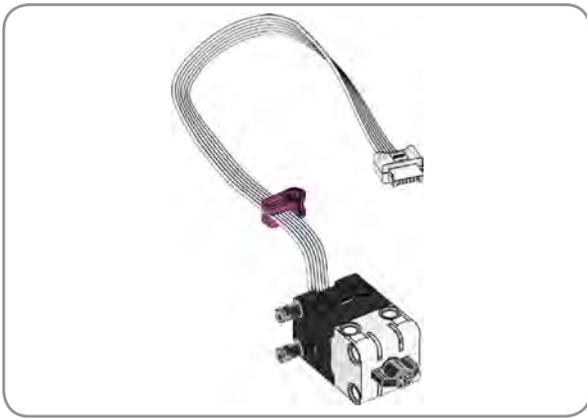




1x

18



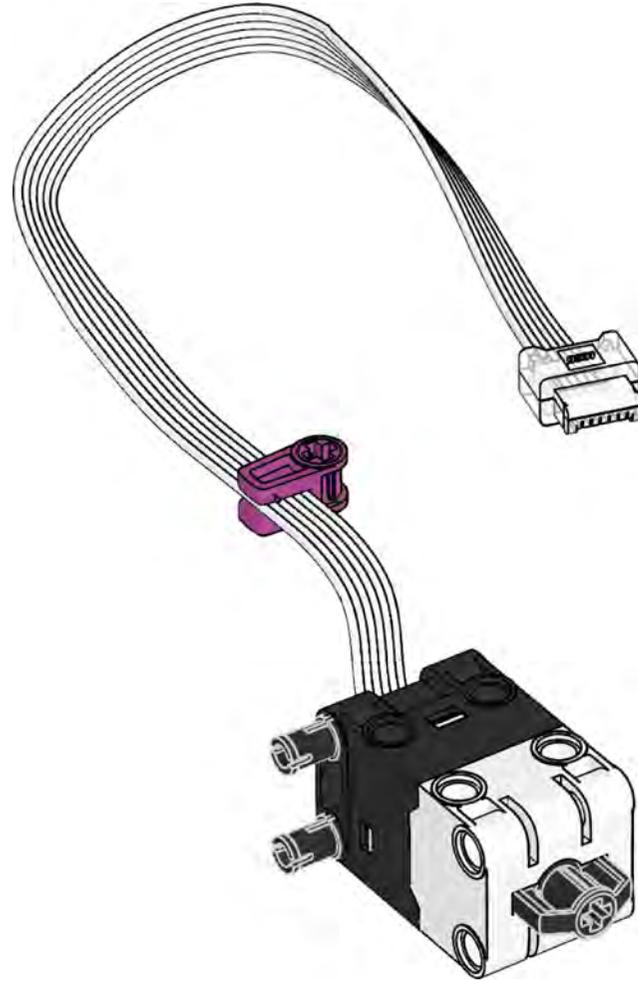


19

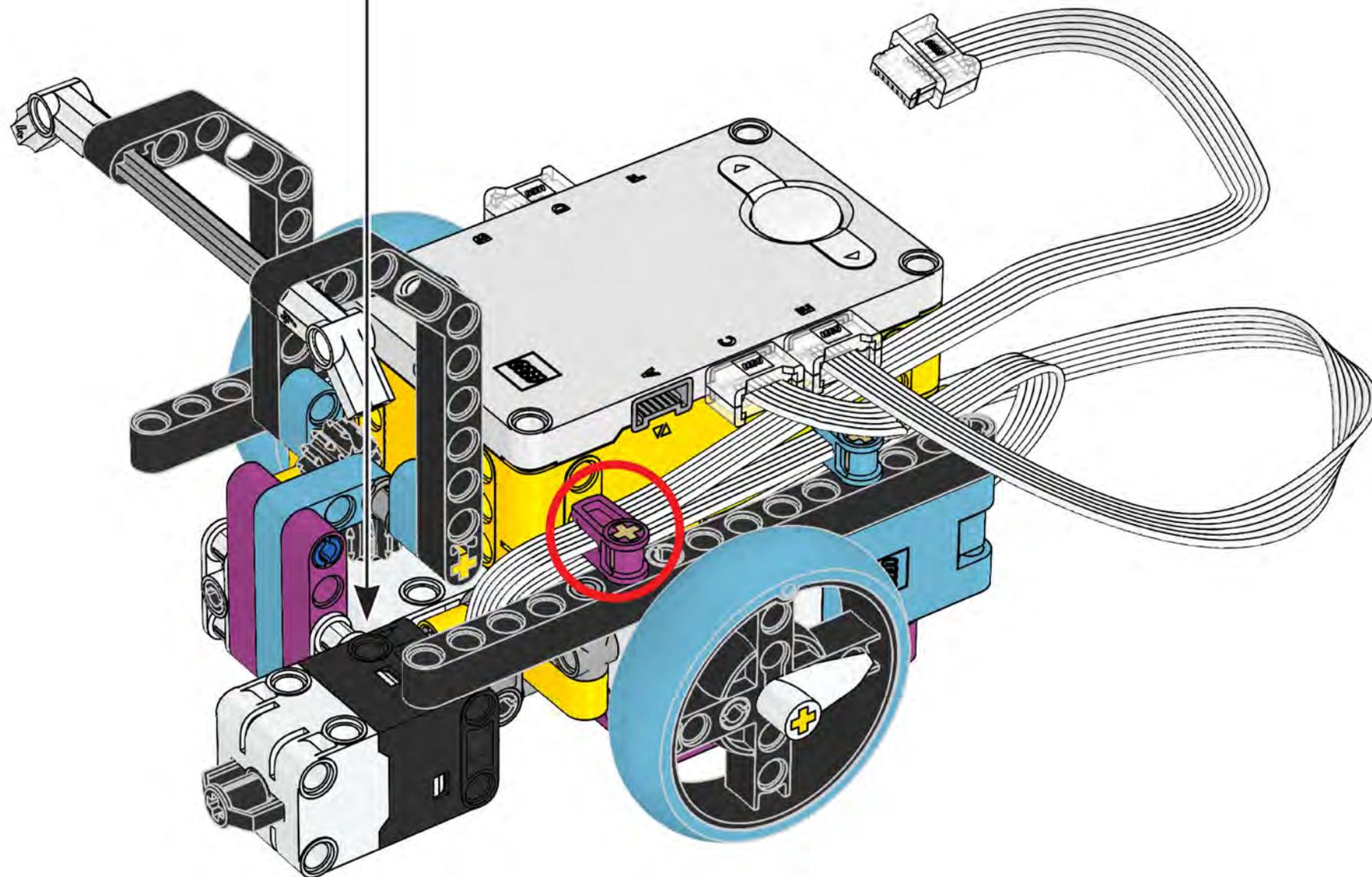


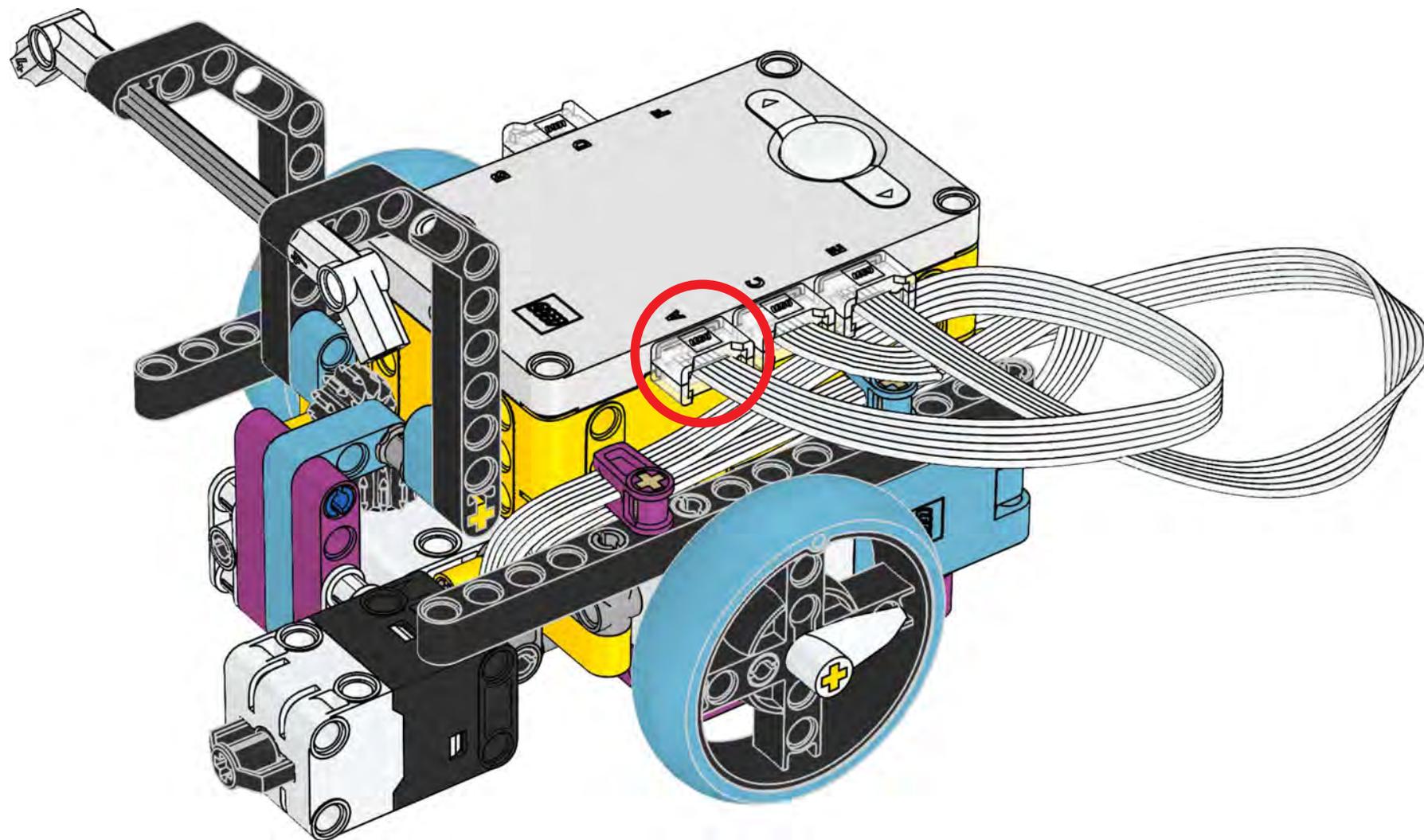
1x

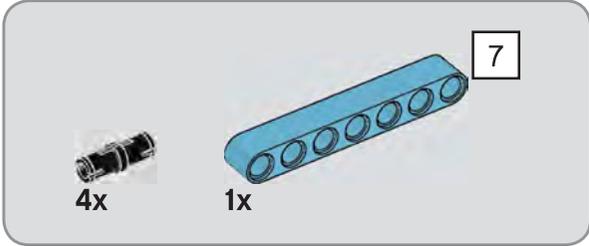
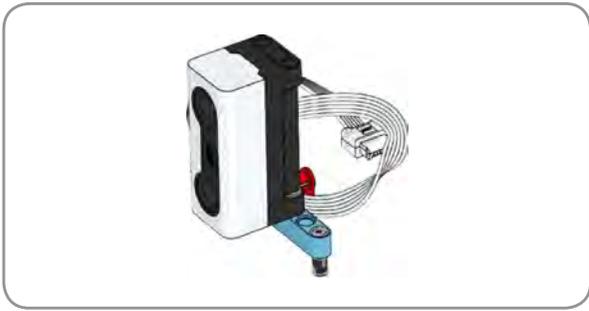
20



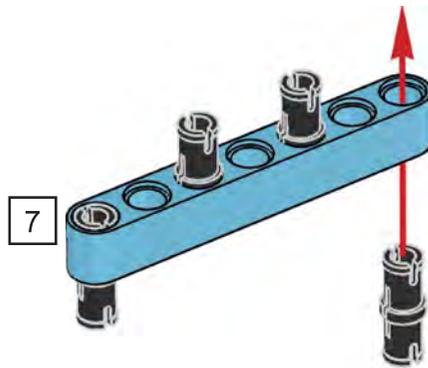
21

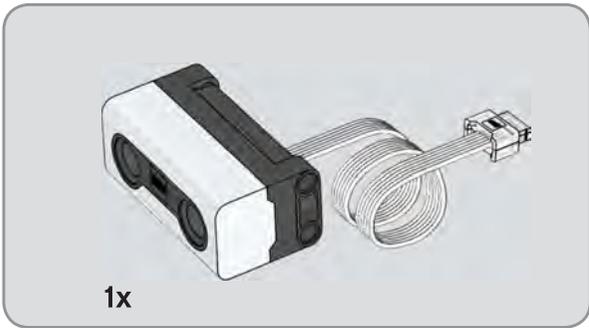




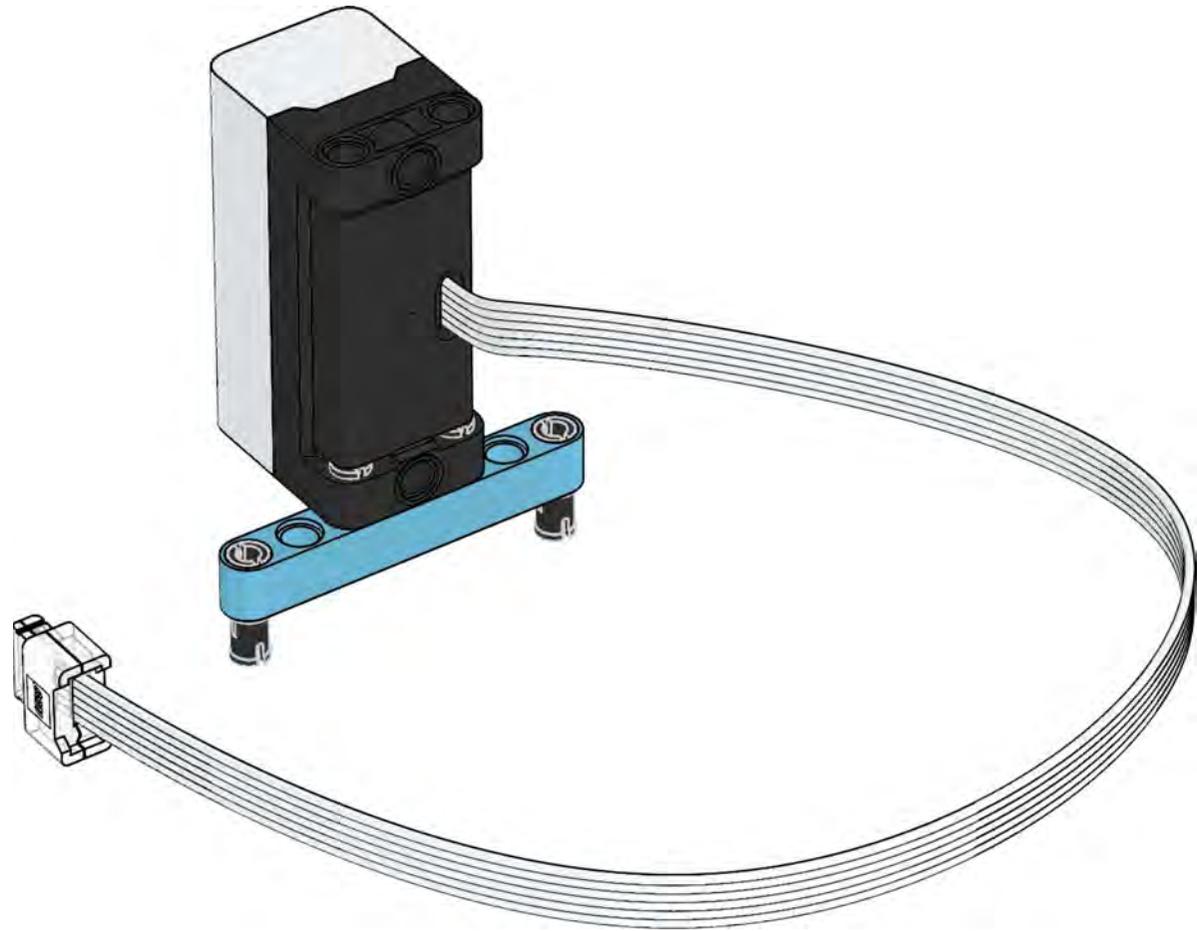


23





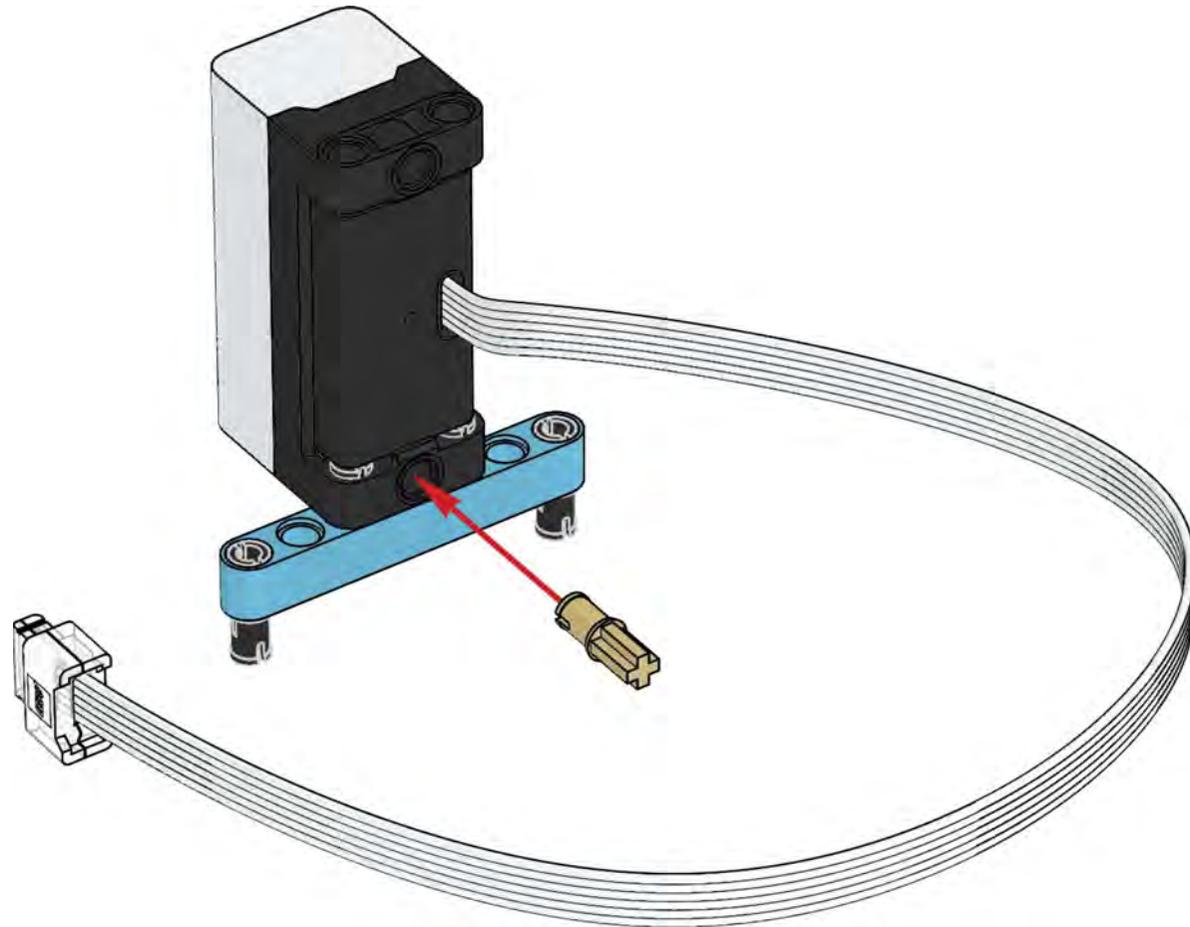
24





1x

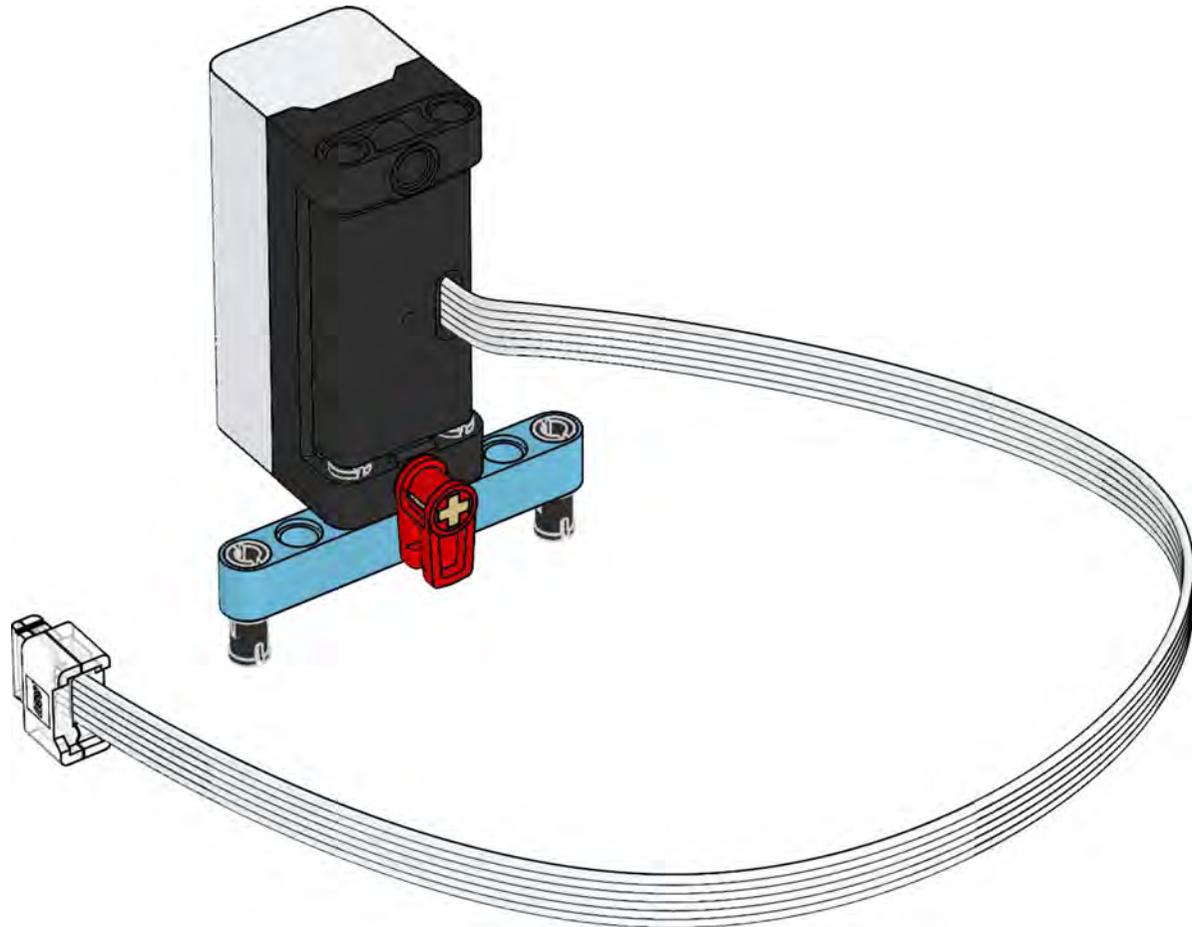
25

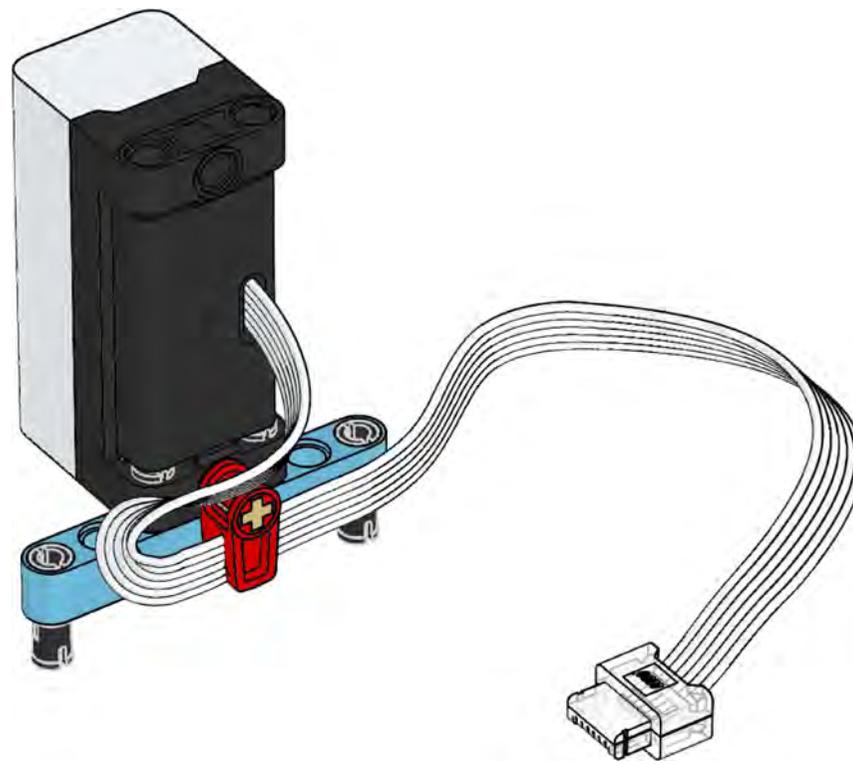




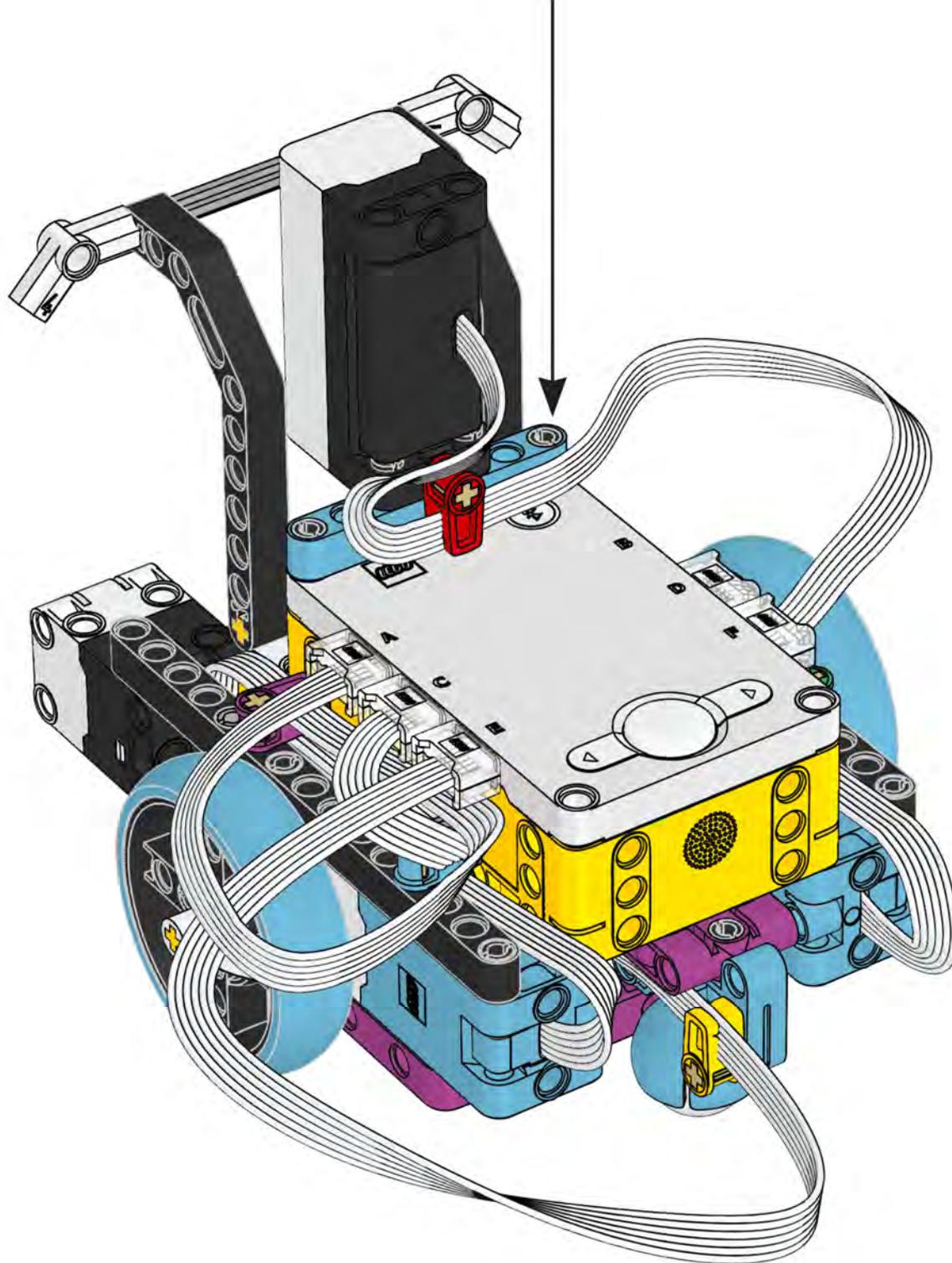
1x

26

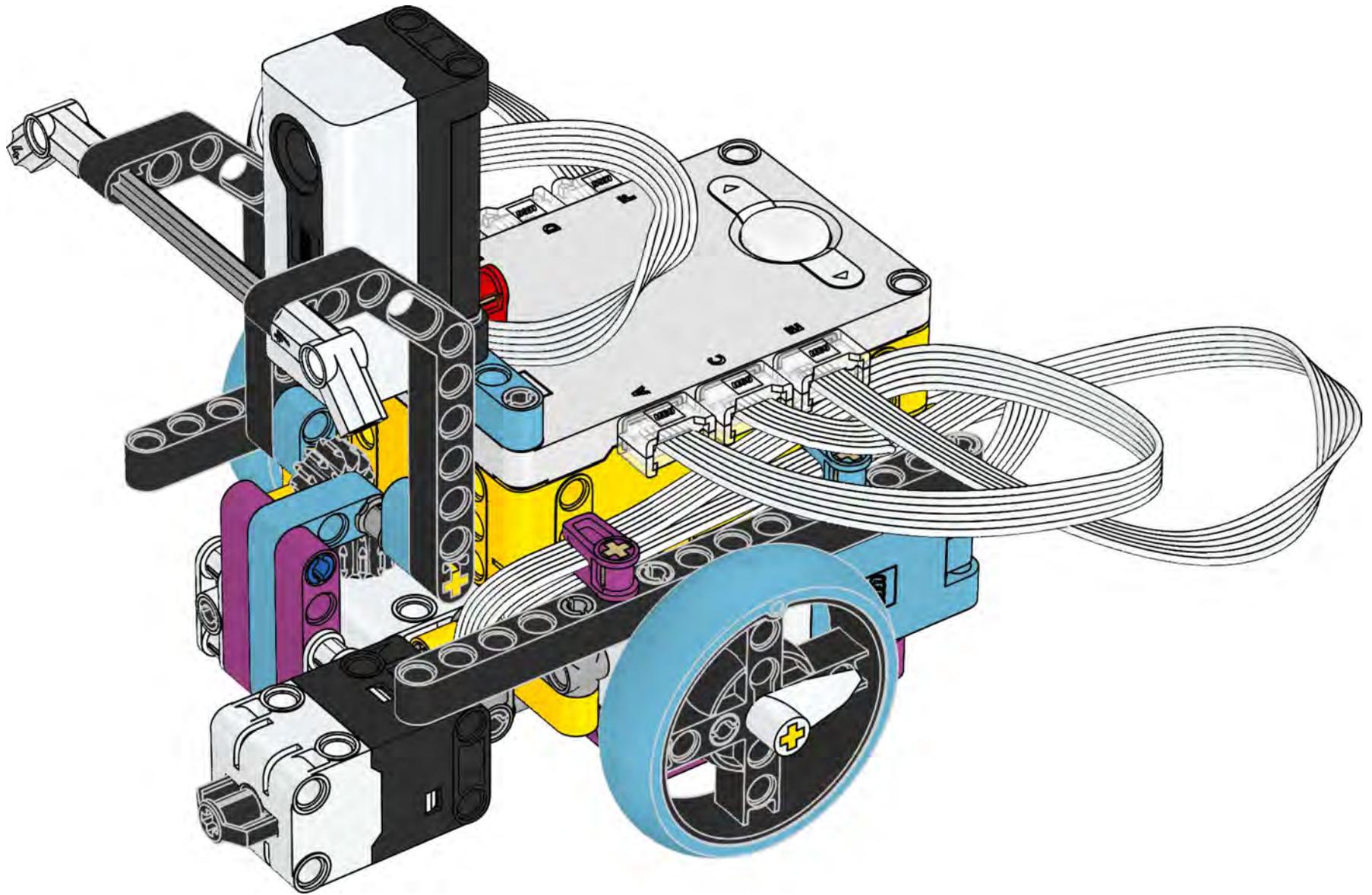
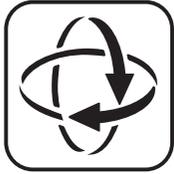


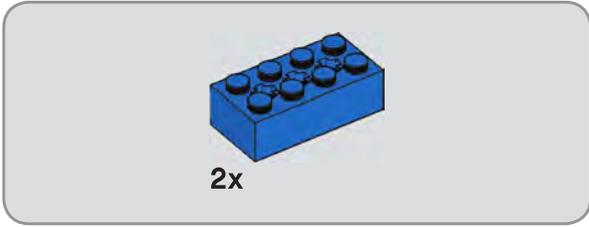
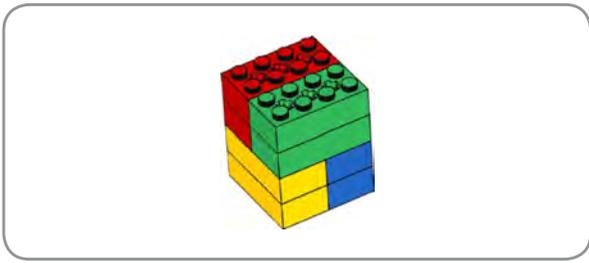


28

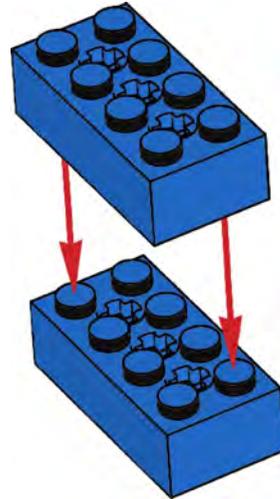


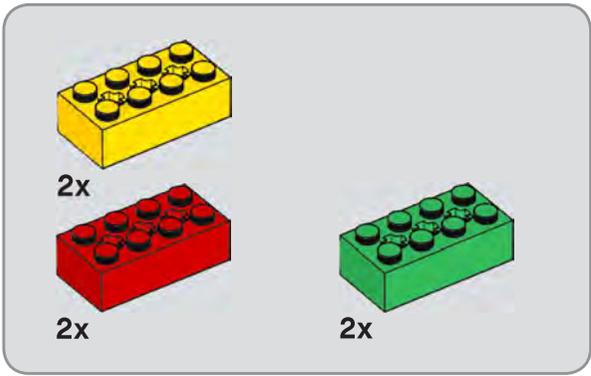
29



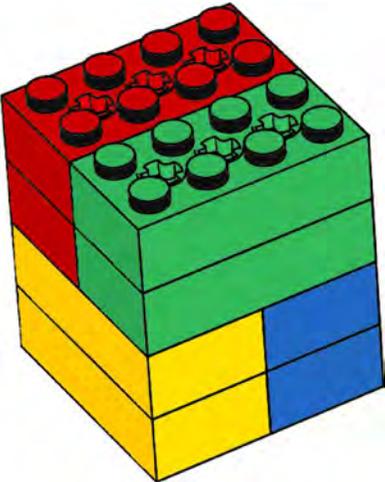


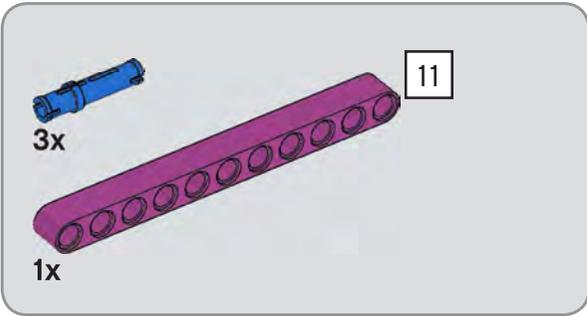
30



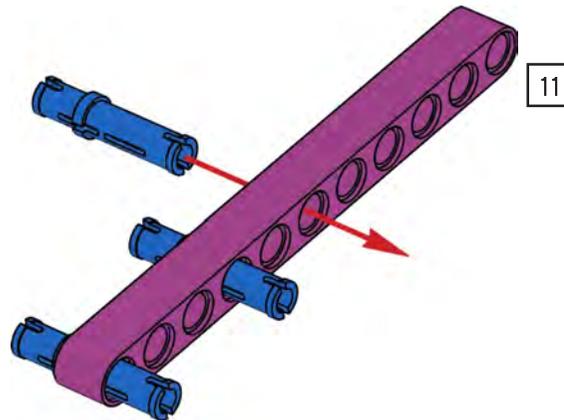


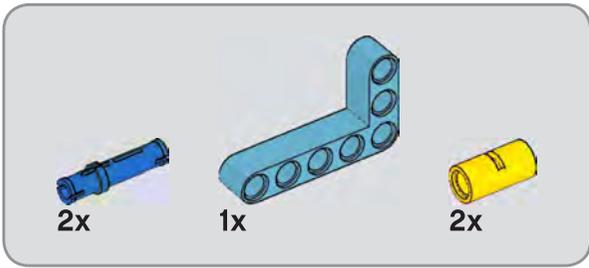
31



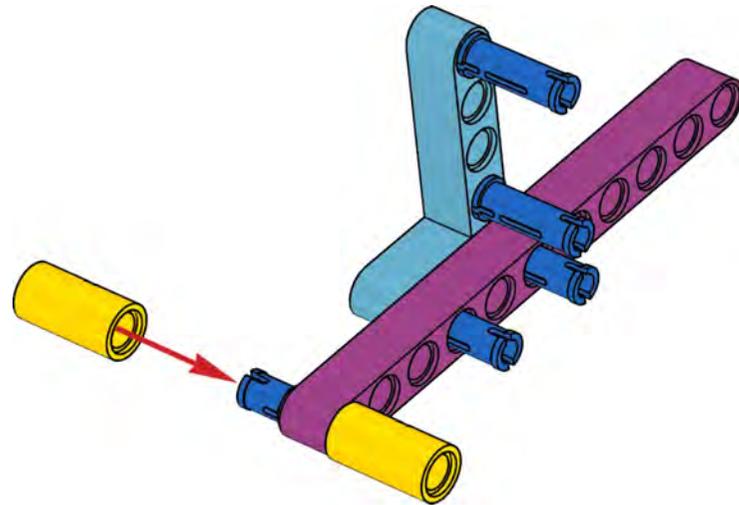


32



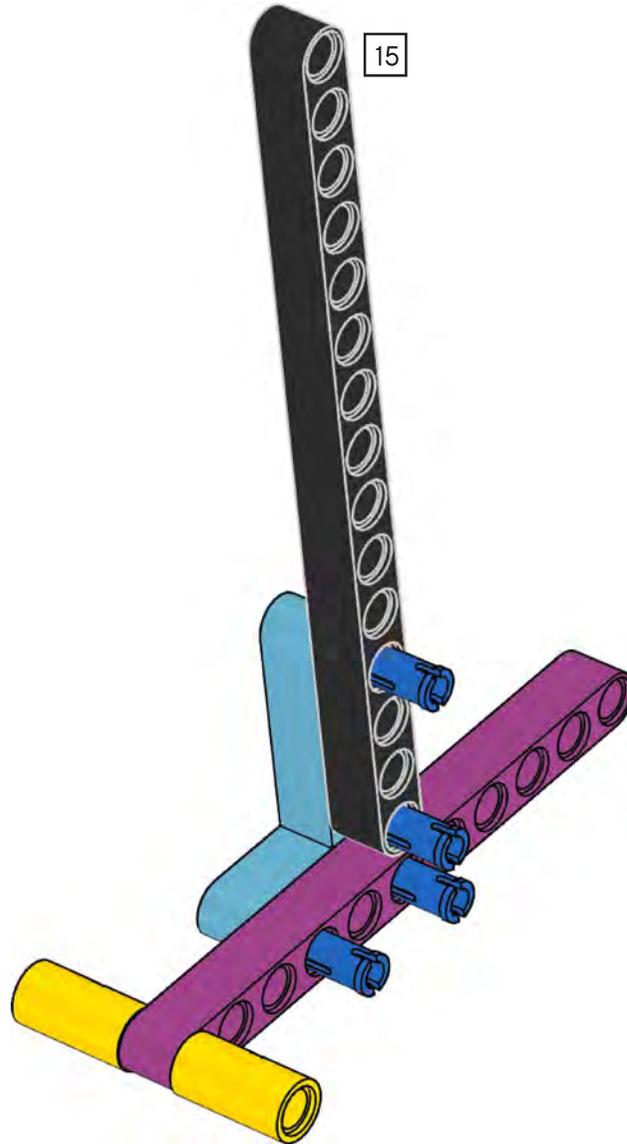


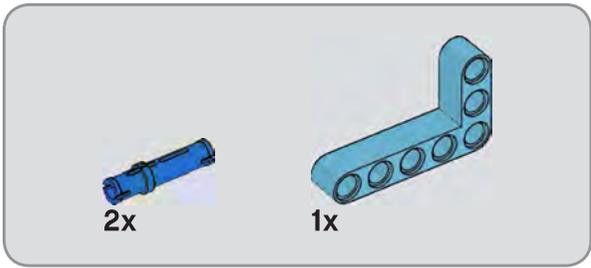
33



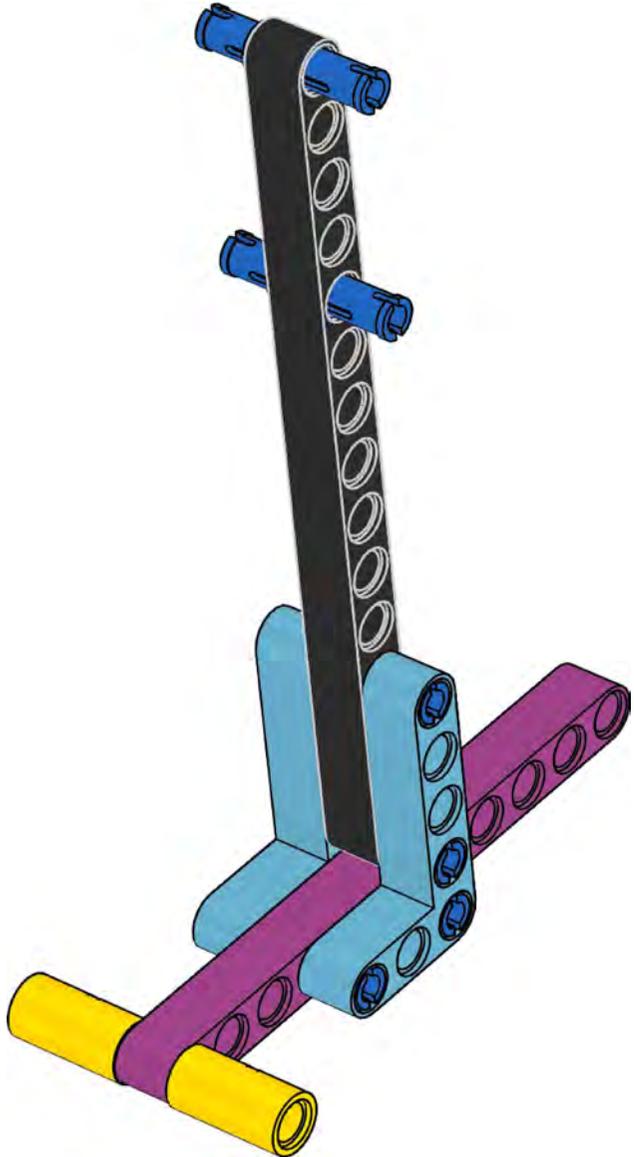


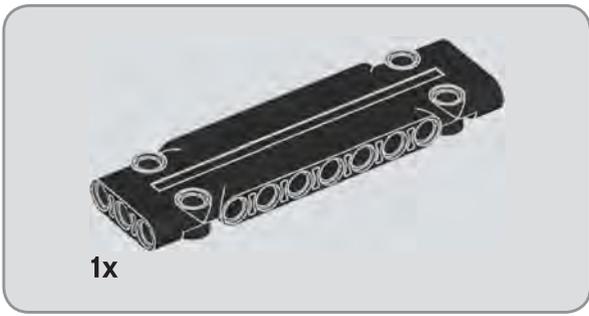
34



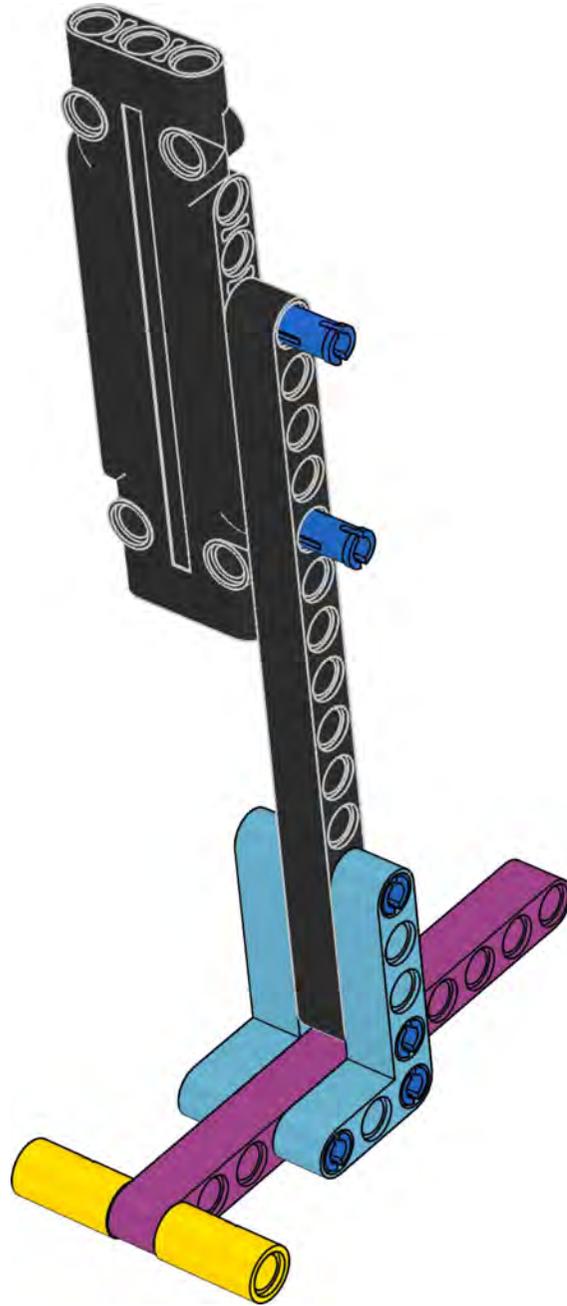


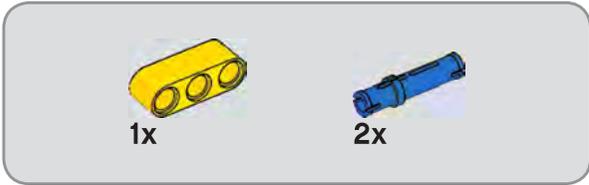
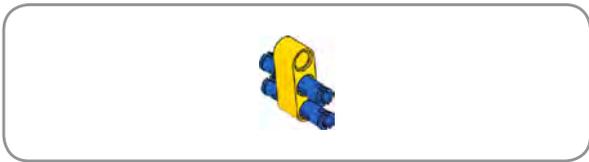
35



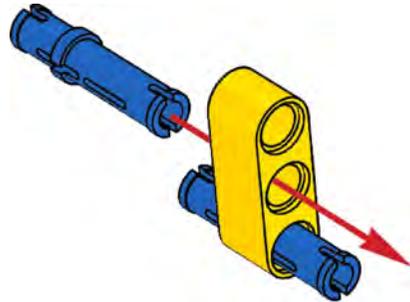


36

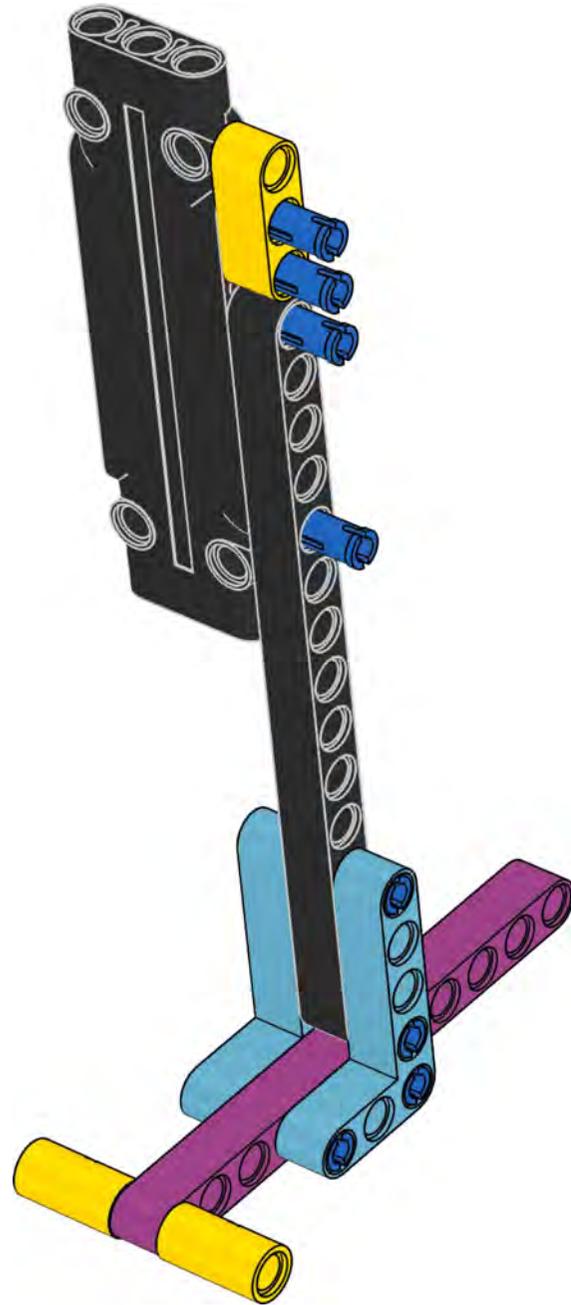


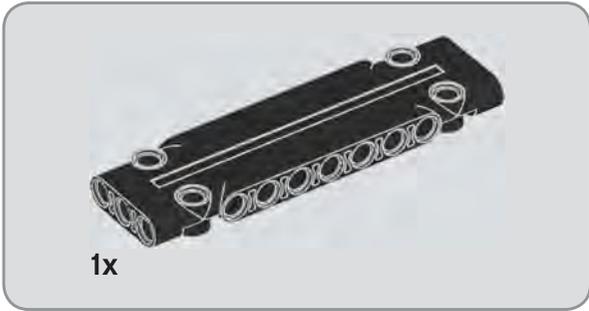


37

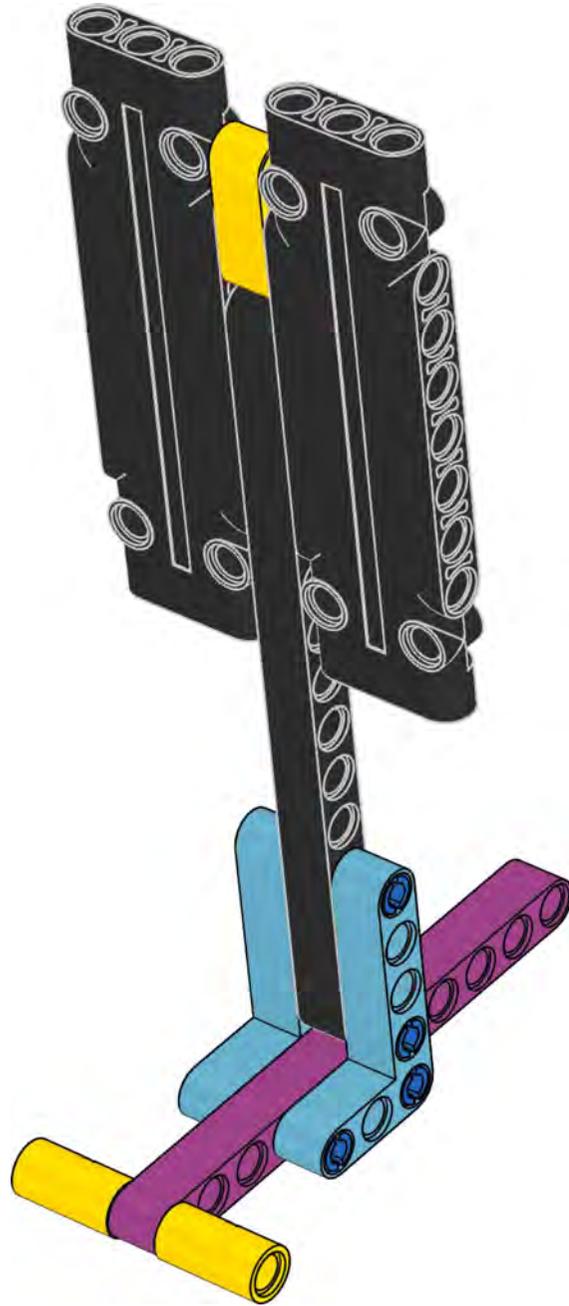


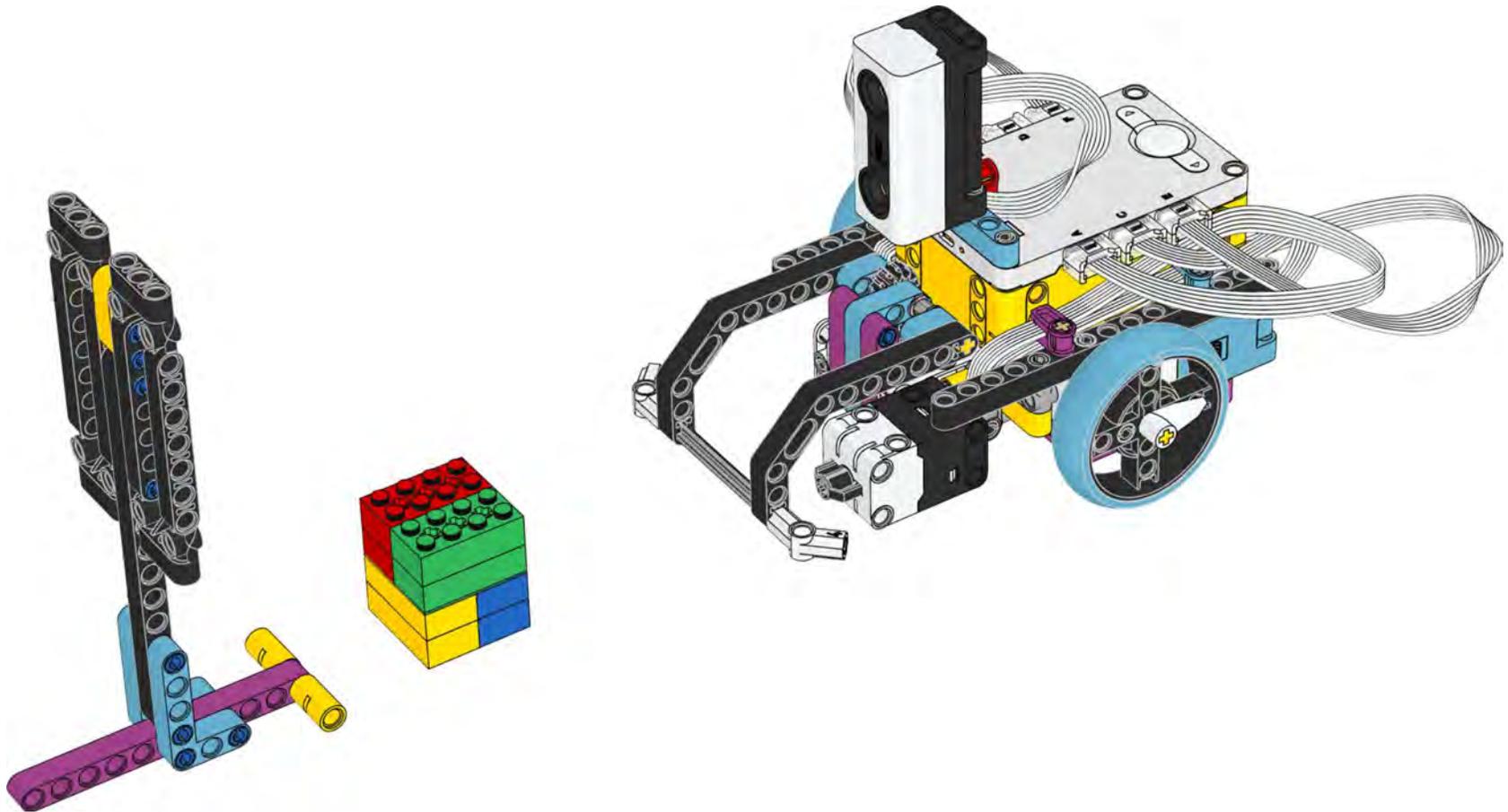
38

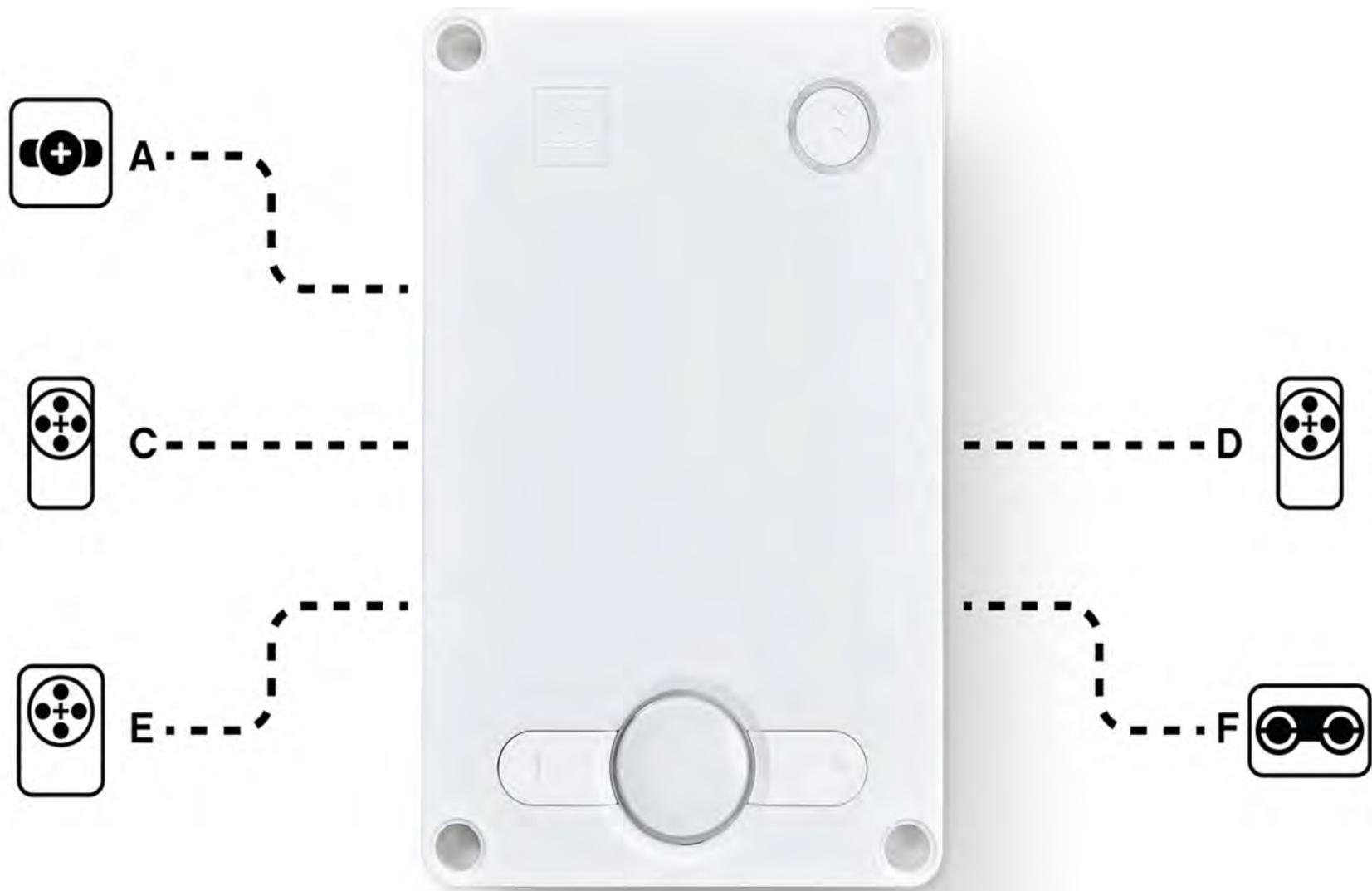




39







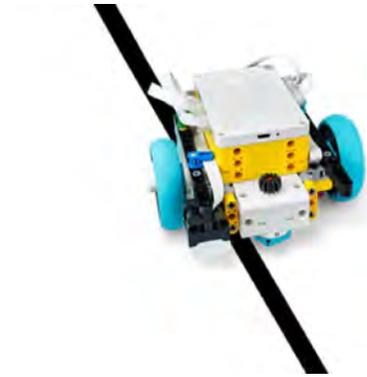
Trainingslager 3: Auf Linien reagieren

Programme schreiben, um das Fahrgestell mithilfe des Farbsensors autonom fahren zu lassen

🕒 30–45 Min.

📦 Einsteiger

🎓 Klassen 5–8



Unterstützung für Lehrkräfte

Wichtige Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler werden

- ihr Fahrgestell so programmieren, dass es an einer schwarzen Linie anhält, und
- ihr Fahrgestell so programmieren, dass es einer schwarzen Linie folgt.

"Benötigte Sets & Software"

[LEGO® Education SPIKE™ Prime-Set](#)

Zusätzliche Ressourcen

[Bauanleitung](#)

[PDF-Datei mit Vorschlägen für Linien](#)

[Python-Programme](#)

Lehrplanbezug

Naturwissenschaften und Technik

Produktentwicklung:

- Funktion und Eigenschaften eines Produkts bewerten und Optimierungsansätze entwickeln

Informationsaufnahme und -verarbeitung / Informatik:

- das Prinzip der Steuerung darstellen und erklären (z. B. Robotik)
- Elemente einer Programmiersprache beschreiben (z. B. Anweisung – Sequenz – Bedingung – Verzweigung – Schleife – Zähler – Zeitglied – Unterprogramm)

Technik

Systeme und Prozesse / Information und Kommunikation:

- mit vorgegebenen Bauteilen ein einfaches technisches System (z. B. Fahrzeug, Roboterarm) erstellen, das durch Sensoren gesteuert wird
- physikalische Größen mit Sensoren erfassen und auswerten (Tastsensor, Farbsensor, Gyrosensor (Winkelsensor), Temperatursensor)

Informatik

Programmierung / Algorithmen:

- algorithmische Grundbausteine erläutern und zielorientiert anwenden: Anweisung – Sequenz – Schleife – Verzweigung – Bedingung
- einfache Programme und Programmabschnitte schrittweise testen und optimieren sowie deren Wirkung beschreiben
- Algorithmen analysieren, interpretieren und modifizieren, um die Fähigkeit zu erlangen, fremde Programme flexibel und kritisch zu beurteilen und zu bewerten

Logik:

- einfache Anwendungsbeispiele digitaler Logik mithilfe logischer Grundschaltungen (NICHT, ODER, UND) beschreiben und modellieren

Robotik / automatisierte Prozesse:

- Roboter bzw. ein eingebettetes System mit den zur Lösung einer Aufgabe nötigen Bauteilen (z. B. Sensoren, Aktoren) ausstatten

Folgende Kompetenzen aus den Bildungsplänen für Technik und Informatik sind implizit vorhanden:

- Veränderungen in Systemen als Prozesse beschreiben (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip)
- Informationsverarbeitung nach dem EVA-Prinzip (Zusammenwirken von Sensoren, Prozessoren, Aktoren) beschreiben
- Typen von Sensoren, Aktoren und Verarbeitungskomponenten von technischen Geräten benennen und sie der Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe zuordnen

Mathematik

Folgende Kompetenzen aus den Bildungsplänen für Mathematik sind implizit vorhanden:

- mit Größenangaben rechnen und dabei Einheiten korrekt anwenden
- Terme aufstellen, deren Wert bestimmen und zur Problemlösung nutzen
- Zahlen vergleichen und anordnen
- (rationale) Zahlen in Bruch- und in Dezimaldarstellung addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren
- einfache Formeln nach jeder Variablen auflösen
- Gleichungen mit einer Variablen lösen

Prozessbezogene Kompetenzen

Zusätzlich zu den genannten inhaltlichen Kompetenzen gelten diese prozessbezogenen Kompetenzen, die den Kern des gesamten LEGO® Education SPIKE™ Prime-Sets ausmachen:

Prozesse strukturieren und vernetzen:

- Handlungsschritte chronologisch ordnen (auch aufgrund von kausalen Zusammenhängen)
- Teillösungen zur Lösung des Gesamtproblems nutzen
- Zusammenhänge und Analogien zwischen bekannten informatischen Inhalten bzw. Methoden erkennen und diese auch in neuen Kontexten und Anwendungsbereichen nutzen

Überlegungen, Lösungswege und Ergebnisse darstellen:

- Sachverhalte und eigene Ideen zielgruppenorientiert und unter Beachtung der informatischen Terminologie erläutern und strukturiert darstellen
- Beobachtungen und Messdaten schriftlich festhalten, daraus Schlussfolgerungen ableiten und Ergebnisse verallgemeinern

Kooperativ arbeiten:

- arbeitsteilig als Team Aufgaben planen, strukturieren, ausführen, reflektieren und präsentieren
- mit einem Partner oder in einer Gruppe gleichberechtigt, zielgerichtet und zuverlässig arbeiten und dabei unterschiedliche Sichtweisen achten

0

Aufgabe

1. Vorbereitung

- Lesen Sie sich in der LEGO® Education SPIKE™ App die Materialien für Schülerinnen und Schüler durch.
- Für diese Aufgabe benötigen Sie eine dicke, schwarze Linie auf einem weißen oder hellen Untergrund:
 - ▷ Zeichnen Sie eine schwarze Linie auf ein weißes Blatt Papier.
 - ▷ Kleben Sie Isolierband auf einen hellen Untergrund.

- ▷ Drucken Sie die PDF-Datei mit den Vorschlägen für Linien aus.
- ▷ Verwenden Sie ein nicht benötigtes Achsen-Element aus dem LEGO SPIKE Set.

2. Einführung (5 Min.)

- Nutzen Sie die unten stehenden Diskussionsideen, um ein Gespräch über den Inhalt dieser Aufgabe anzuregen.
- Erklären Sie diese Aufgabe mithilfe des Videos.

3. Erkunden (20 Min.)

- Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen das Fahrgestell mit Farbsensor bauen.
- Fordern Sie sie dazu auf, den ersten Programmierstapel zu verwenden, um das Übungs-Fahrgestell vorwärts fahren und dann im rechten Winkel zu einer schwarzen Linie anhalten zu lassen.
- Lassen Sie sie den zweiten Programmierstapel ausprobieren und erklären, was dadurch geschieht.

4. Erklären (5 Min.)

- Regen Sie eine Diskussion darüber an, wie der Farbsensor eine schwarze Linie erkennt.

5. Vertiefen (15 Min.)

- Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler das nächste Programm bearbeiten, damit das Fahrgestell einer schwarzen Linie folgen kann.
- Fordern Sie sie dazu auf, das Linienfolger-Programm zu optimieren, damit es noch besser funktioniert.

6. Evaluieren

- Geben Sie allen Schülerinnen und Schülern einzeln Rückmeldung zu ihrer jeweiligen Leistung.
 - Zur Unterstützung können Sie hierfür die Bewertungsraster nutzen.
-

Eine Diskussion anregen

Nutzen Sie diese Ideen, um mit den Schülerinnen und Schülern über Wettbewerbsfelder zu sprechen und über die Linien, die oft darauf zu finden sind.

- Fragen Sie, wie man diese Linien nutzen könnte, um das Fahrgestell-Programm noch effektiver zu gestalten.
- Erläutern Sie die unterschiedlichen Arten von Linien und Kreuzungen:
 - ▷ Dünne Linien
 - ▷ Rechte Winkel
 - ▷ T-Kreuzungen
 - ▷ Unterbrochene Linien
 - ▷ Schwarze Linien, die von einer farbigen Linie geschnitten werden

Zeigen Sie dieses Video, damit die Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung davon bekommen, was sie jetzt tun sollen.

Bautipps

Ein einfaches Fahrgestell mit Farbsensor

Verwenden Sie das einfache Fahrgestell mit Farbsensor. Denken Sie auch daran, Kabelbinder zu nutzen.

Verwenden des Farbsensors

Der Farbsensor verfügt über 2 verschiedene Betriebsarten, um diese Aufgabe zu lösen (d. h.: Farbmodus oder Modus der Stärke des reflektierten Lichts).

Der Farbsensormodus „Stärke des reflektierten Lichts“ ermöglicht höchste Präzision. Damit das Fahrgestell einer Linie folgt, muss der Sensor 2 Farben oder 2 verschiedene Stärken des reflektierten Lichts erfassen. Nehmen Sie sich ausreichend Zeit, um gemeinsam mit der Klasse zu erforschen, wie der Sensor Werte liefert. Zum Beispiel:

Verwenden des Motors im Leistungsmodus

Wird ein Motor mit einer bestimmten Geschwindigkeit gestartet, überträgt der Hub schrittweise Leistung (Spannung) an die Motoren, um die gewünschte Geschwindigkeit zu erreichen und zu halten – ganz gleich, ob das Fahrgestell auf einer ebenen oder geneigten Fläche fährt.

Wird ein Motor im Leistungsmodus gestartet, übermittelt der Hub sofort die gewünschte Leistung (Spannung) an die Motoren.

Bei einem Linienfolger-Programm sollte der Leistungsmodus verwendet werden, da das Fahrgestell hier schneller auf Befehle reagiert, präziser ist und damit die notwendigen kurzen und schnellen Bewegungen ausführen kann (meistens unter

10 Grad, um sich zwischen dem weißen und dem schwarzen Bereich hin- und herzubewegen).

Dieser Block befindet sich in der Kategorie „Weitere Motorblöcke“.

Programmiertipps

Hauptprogramm

Lösungsbeispiel

Weitere Programme

Differenzierung

Um die Aufgabe zu vereinfachen, können Sie Folgendes tun:

- Den Farbsensormodus „Stärke des reflektierten Lichts“ erklären

▷ Im Hilfebereich der SPIKE App finden Sie weitere Informationen zum Farbsensor.

Um die Aufgabe anspruchsvoller zu gestalten, können Sie Folgendes tun:

- Die Aufgabe stellen, die Programme so zu verändern, dass das Fahrgestell Linien verschiedener Größe, Farbe und Form folgt
-

Leistungsbewertung

Checkliste für Beobachtungen

Erstellen Sie eine geeignete Bewertungsskala, wie zum Beispiel:

1. Erwartungen zum Teil erfüllt
2. Erwartungen vollständig erfüllt
3. Erwartungen übertroffen

Nutzen Sie die folgenden Kriterien, um den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler zu beurteilen:

- Sie können das Fahrgestell so programmieren, dass es mithilfe des Farbsensors auf Linien reagiert.
- Sie können „IF-ELSE“-Bedingungen im Programm nutzen, um das Fahrgestell einer einfachen Linie folgen zu lassen.
- Sie können das erstellte Linienfolger-Programm optimieren, sodass es präziser arbeitet.

Selbsteinschätzung

Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler selbst den Stein auswählen, der am besten ihrer Leistung entspricht.

- Blau: Wir haben das Fahrgestell so programmiert, dass es im rechten Winkel anhält.
- Gelb: Wir haben unser Fahrgestell so programmiert, dass es einer Linie folgt.
- Violett: Wir haben unser Linienfolger-Programm verändert, damit unser Fahrgestell schneller und effizienter fahren kann.

Lernbeobachtung durch Mitschüler

Ermutigen Sie die Schülerinnen und Schüler dazu, einander Rückmeldungen zu geben:

- Lassen Sie sie einander mit der Steine-Skala (siehe oben) bewerten.
 - Lassen Sie sie einander konstruktives Feedback geben, damit sie ihre Teamleistung in der nächsten Unterrichtsstunde verbessern können.
-

Erweiterung: sprachliche Ausdrucksfähigkeit

Um die sprachliche Ausdrucksfähigkeit zu fördern, können Sie Folgendes tun:

- Stellen Sie ein Programm vor, das sich „differenzierter Linienfolger“ nennt (siehe die Programmtipps) und lassen Sie die Schülerinnen und Schüler herausfinden, wie das Programm funktioniert.
- Bitten Sie sie, die Leistung des Programms im Vergleich zu den vorher verwendeten Linienfolger-Programmen zu beurteilen.

* Hinweis: Die Erweiterung erfordert zusätzliche Zeit und verlängert die Aufgabe.*

Erweiterung: Mathematik

Um mathematische Fähigkeiten zu fördern, können Sie Folgendes tun:

- Fordern Sie Ihre Schülerinnen und Schüler dazu auf, mit den folgenden Begriffen zu erklären, wie ein Linienfolger-Programm funktioniert, wenn man den Farbsensor die Stärke des reflektierten Lichts messen lässt:
 - ▷ Schwellenwert
 - ▷ Mittelwert
 - ▷ Größer als, kleiner als
 - ▷ Bereich
 - ▷ Prozent

* Hinweis: Die Erweiterung erfordert zusätzliche Zeit und verlängert die Aufgabe.*

In welchen Berufen sind diese Fähigkeiten gefragt?

Schülerinnen und Schüler, die sich für diese Aufgabe begeistern, könnten sich auch für folgende Berufszweige interessieren:

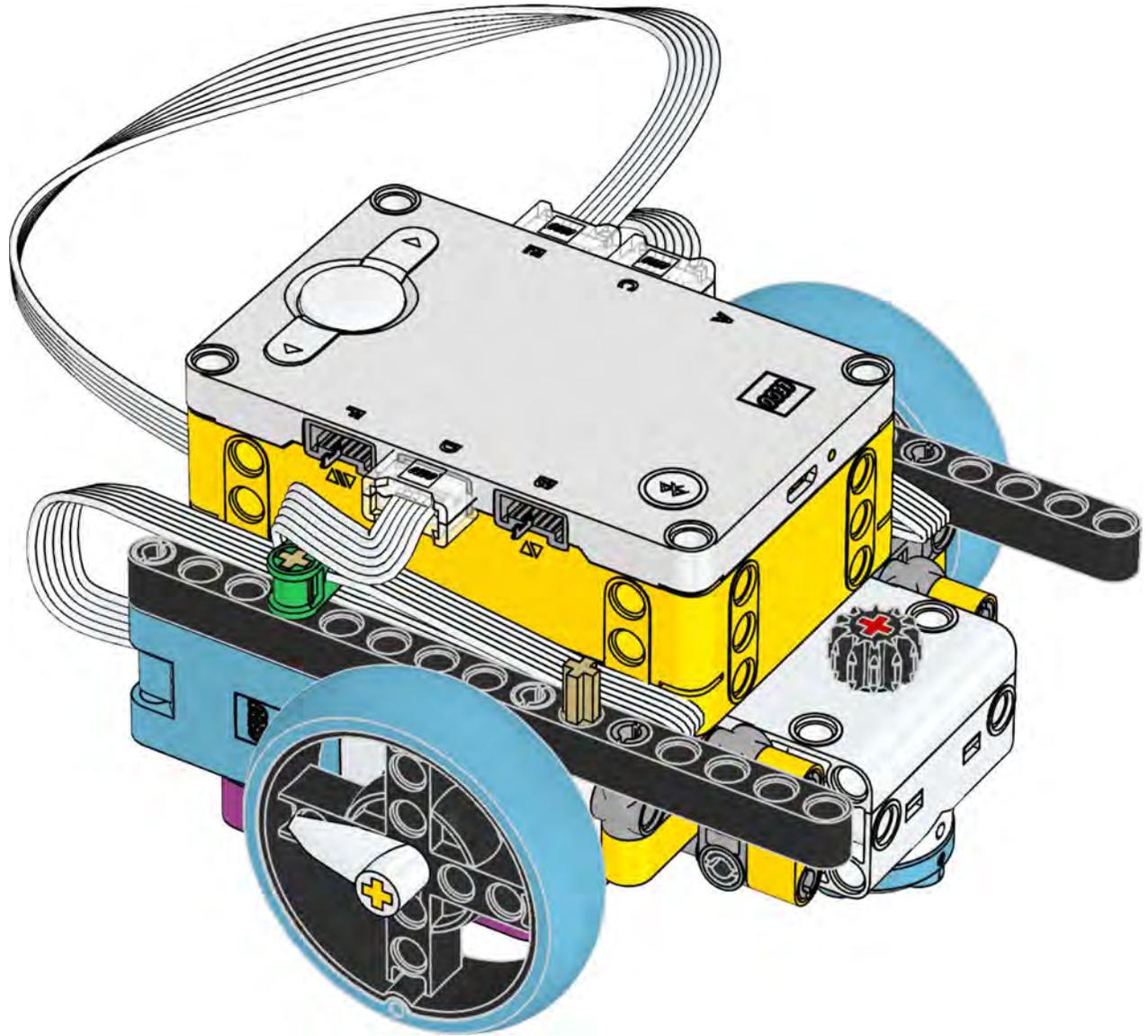
- Informationstechnik (IT-Anwendungen)
- Fertigungstechnik und Maschinenbau (Maschinenbau)
- Fertigungs- und Konstruktionstechnik (Planungsbüros)

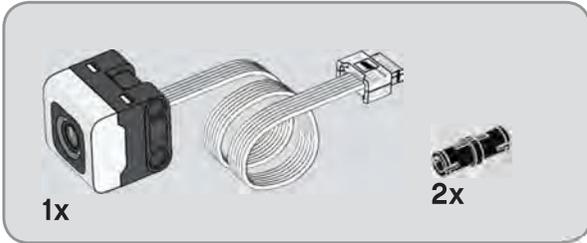
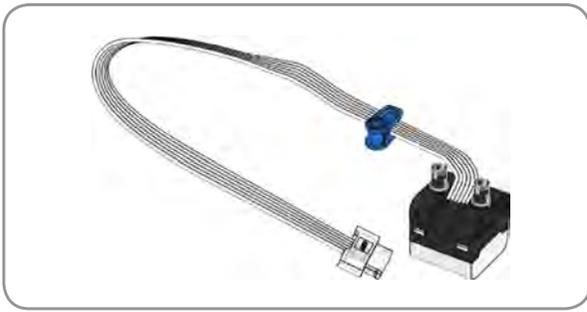
1 x



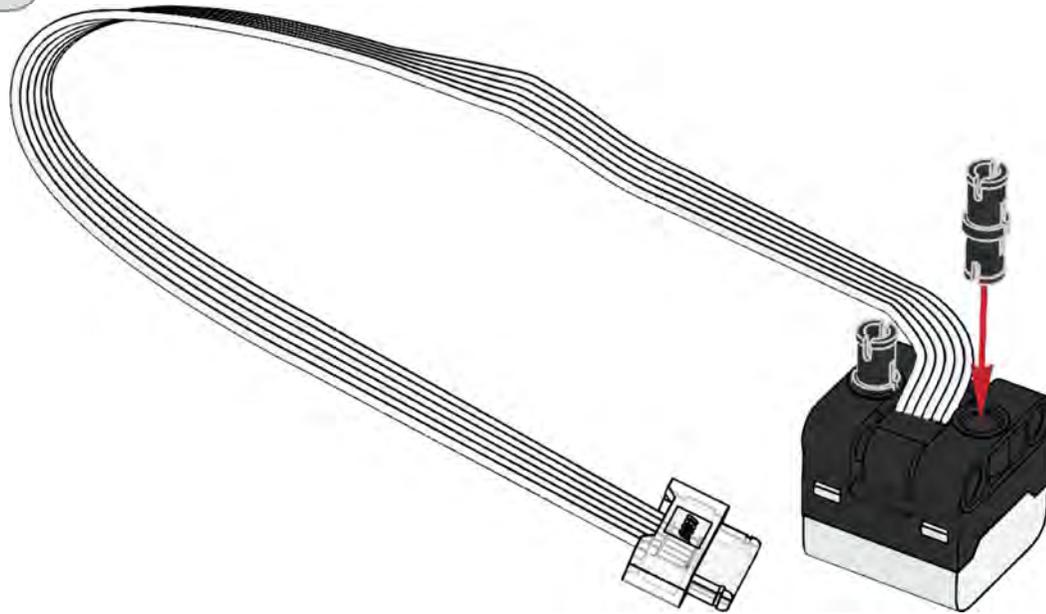


1





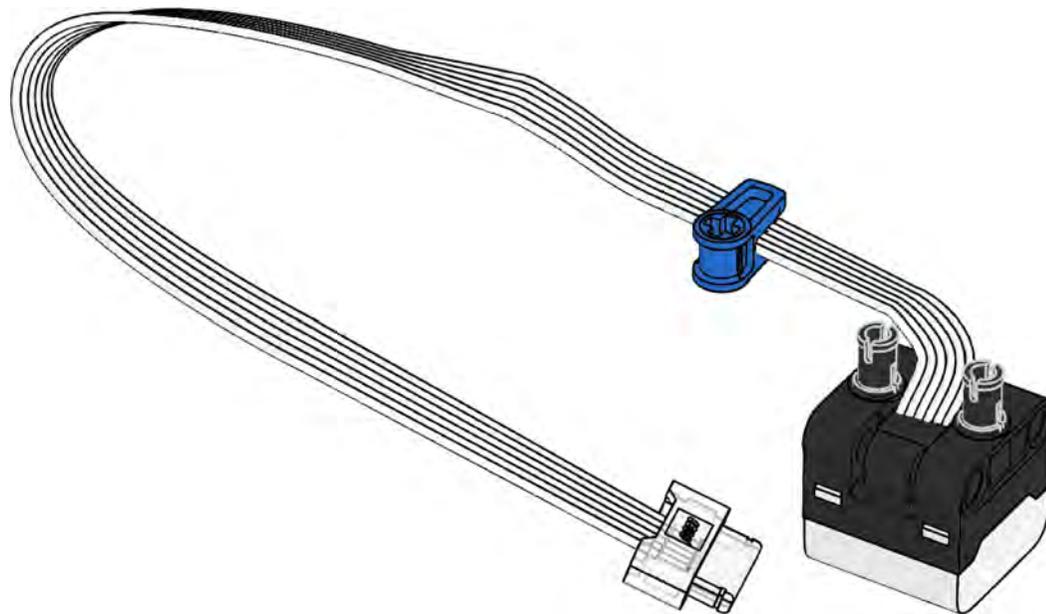
2

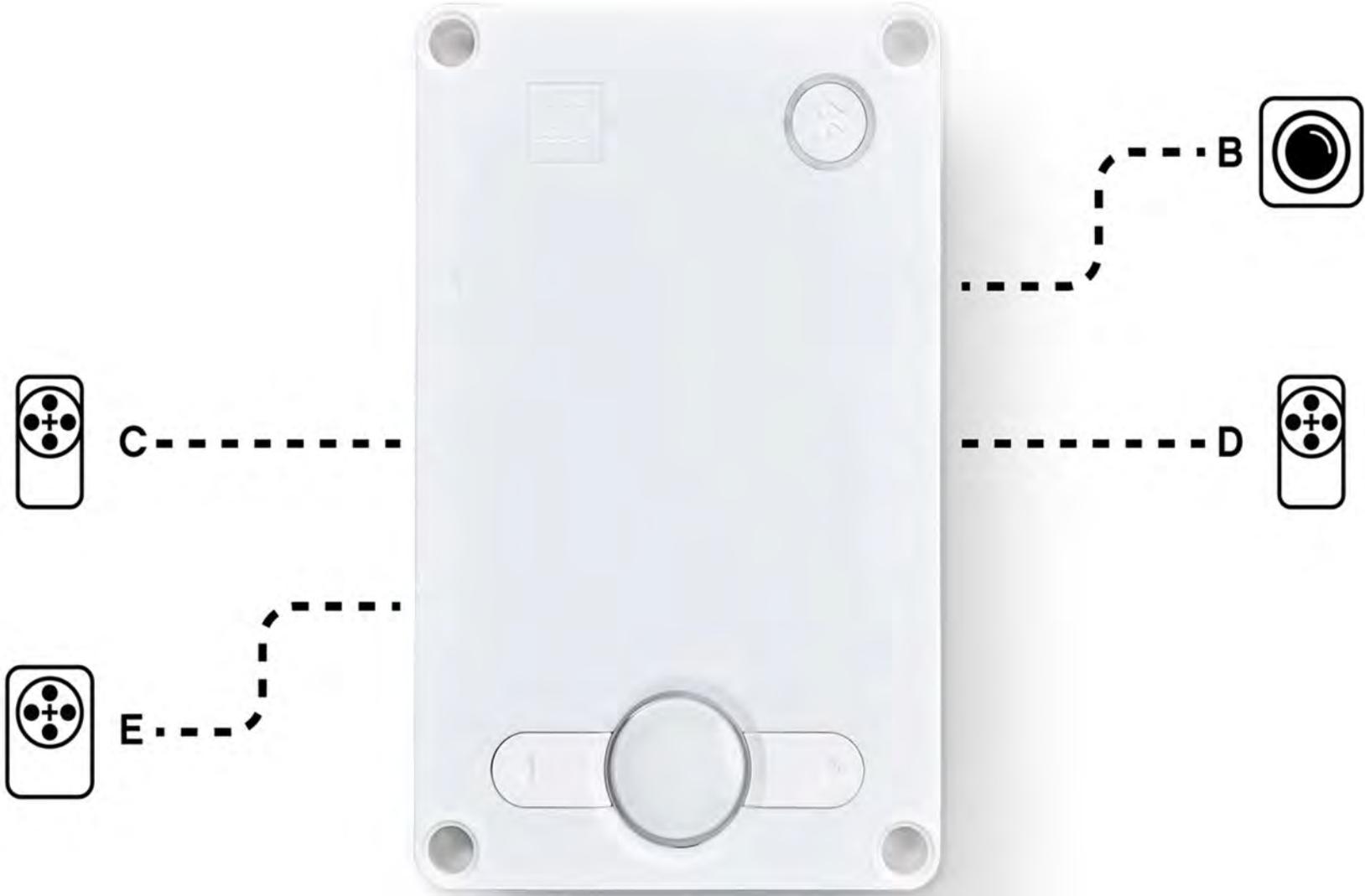




1x

3





Funktionsmodell – Druckluft erfahren

Stefan Falk

Thema

Druckluft mit einer selbstgebauten Pumpe herstellen und ihre Wirkungsweise in einem Pneumatik-Zylinder kennenlernen. Steuerung eines Pneumatik-Zylinders durch ein Ventil.

Lernziel

- Druckluft lässt einen Pneumatik-Zylinder aus- bzw. einfahren.
- Das Blockieren der Abluft verhindert das aber, die muss also auf der anderen Seite des Zylinders herausströmen können.
- Rückschlagventile lassen Druckluft nur in eine Richtung durch und können u. a. für den Bau einer Druckluft-Pumpe genutzt werden.
- Ventile steuern den Zu- und Abfluss von Druckluft und können so Zylinder steuern.

Zeitaufwand

45 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27

Pneumatik

NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Aufgaben Vorversuche

Konstruktionsaufgabe

Baue vom Funktionsmodell zunächst nur die Handpumpe auf. Sie besteht aus einem Pneumatik-Zylinder und einem Rückschlagventil. (Das Rückschlagventil lässt die Luft nur in eine Richtung durch, aber nicht zurück. In weiteren Modellen werden wir dieses Bauteil näher kennenlernen.)

Achtung! Pneumatik-Zylinder dürfen nur auf Druck oder Zug beansprucht werden, nicht aber auf Biegung oder Scherung! Verbiege also bitte den blauen oder roten Kolben des Zylinders nicht! Das könnte den Zylinder undicht und damit unbrauchbar machen.

Thematische Aufgabe

Führe folgende Versuche durch:

1. Stecke einen Schlauch auf den spitzenförmigen Ausgang des Rückschlagventils. Betätige die Pumpe und fühle mit der Hand, wie Luft aus dem Schlauch strömt, wenn der Zylinder niedergedrückt wird.
2. Halte das Schlauchende mit einem Finger zu. Spüre, wie die Pumpbewegung schwergängiger wird. Warum genau ist das so?
3. Wiederhole Versuch 2 mit Abknicken des Schlauches anstatt Zuhalten. Du hast damit ein einfaches Ventil hergestellt! Es lässt Druckluft entweder durch (Schlauch frei) oder sperrt sie ab (Schlauch abgeknickt).

Experimentieraufgabe

Stecke das freie Ende des Schlauchs abwechselnd in einen der beiden Anschlüsse eines „doppeltwirkenden“ Pneumatik-Zylinders (mit blauer Kolbenstange, ohne eingebaute Rückstellfeder). „Doppeltwirkend“ wird der Zylinder genannt, weil er über seine Anschlüsse an beiden Seiten mit Druckluft beaufschlagt werden und dadurch die Kolbenstange sowohl aus- als auch wieder einfahren kann.

Halte den Zylinder an beiden Enden (Boden und Ende der Kolbenstange) frei in der Hand. Führe folgende Experimente durch:

1. Pumpe und lasse den Zylinder ausfahren. Spüre die Größe der so erreichbaren Kraft.
2. Stecke den Schlauch um, pumpe und lasse den Zylinder wieder einfahren.
3. Wiederhole diese Versuche und halte den jeweils offenen Anschluss des Zylinders mit der Hand zu. Was beobachtest Du? Was ist der Grund dafür?

Aufgaben

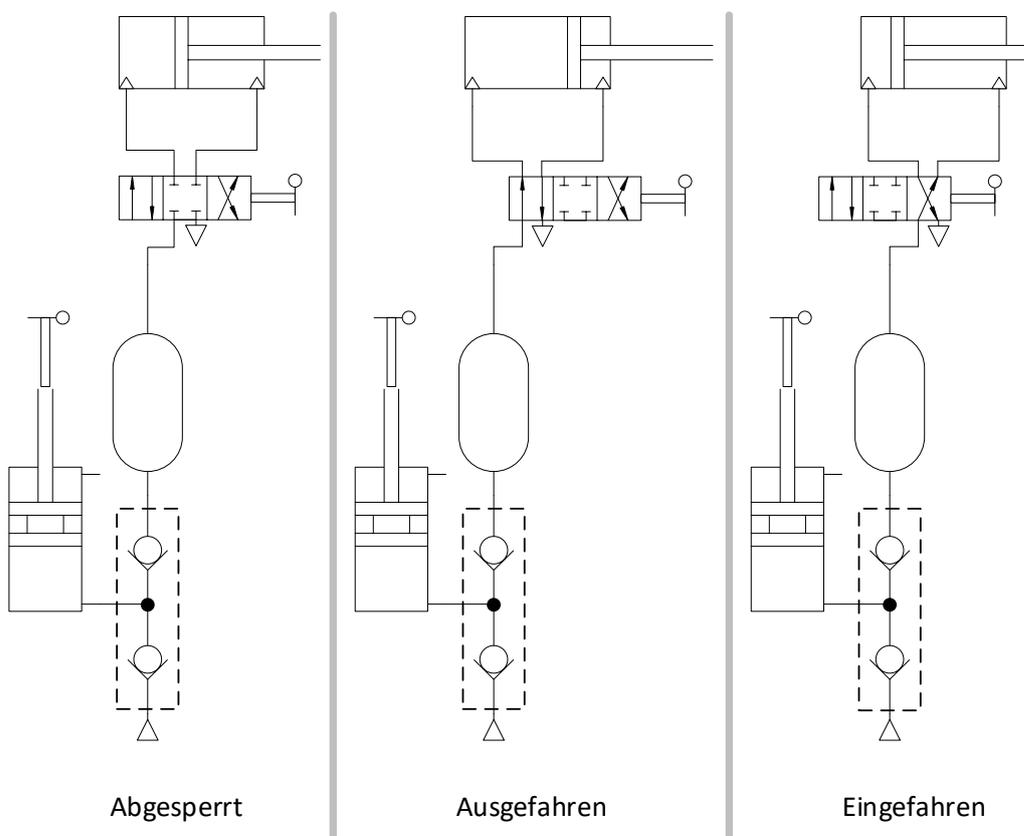
Steuerung eines Zylinders mit einem Ventil

Konstruktionsaufgabe

Baue das Funktionsmodell nun vollständig auf. Die Elemente sind:

1. Die bereits aufgebaute **Handpumpe**.
2. Ein **Tank** für Druckluft. Er bildet einen Speicher für Druckluft (ähnlich wie ein Kondensator oder Akku für elektrischen Strom).
3. Ein **Pneumatik-Handventil**. Die Druckluft kommt an seinem oberen Anschluss an und wird je nach Stellung des blauen Drehschiebers auf den linken oder rechten Ausgang geleitet.
4. Ein **doppeltwirkender Zylinder** (mit blauer Kolbenstange), der mit seinen beiden Anschlüssen über je einen Schlauch mit dem linken und rechten Anschluss des Handventils verbunden wird.

„Verschlauche“ (wie „verkabele“) das Modell laut Bauanleitung. Wie in der Elektrik gibt es auch in der Pneumatik Schaltzeichen für die einzelnen pneumatischen Bauelemente und Schaltbilder für den gesamten Aufbau:



Die drei Schaltbilder entsprechen den Zuständen des Modells je nach Stellung des Handventils. Wir erklären die Schaltzeichen anhand der links dargestellten Zeichnung namens „Abgesperrt“:

- a) Der linke Zylinder ist der der Handpumpe. Die manuelle Betätigung ist durch das Hebel-Symbol oben am Zylinderkolben dargestellt. Der untere Anschluss des Zylinders geht an das fischertechnik-Rückschlagventil.
- b) Das Rückschlagventil ist im gestrichelten Kasten dargestellt. In diesem einen fischertechnik-Bauteil befinden sich tatsächlich zwei wirksame Rückschlagventile: Das untere lässt Luft nur von außen (durch das kleine Loch im Boden) hinein (in den Zylinder nämlich), aber nicht hinaus. Das obere lässt die vom Zylinder komprimierte Luft nur in Richtung der Anlage hinaus, aber nicht zurück. Der Zuluft-Zugang wird durch das kleine Dreieck im Schaltbild dargestellt.

Rückschlagventile sind oft tatsächlich so aufgebaut, wie es das Schaltzeichen andeutet: Eine Kugel wird (durch Federkraft) in eine Aufnahme gedrückt und dichtet diese somit ab. Luft kann nur in der Richtung durch das Ventil strömen, in der die Kugel (gegen die Federkraft) von der Aufnahme weggedrückt wird. In der anderen Richtung wird sie den Durchgang versperren. Missverstehe das Schaltzeichen also nicht als „Pfeil“, in dessen Richtung die Luft strömen kann – sie kann nämlich nur in genau entgegengesetzter Richtung hindurch.

Die Tatsache, dass dieses Ventil mit der Hand betätigt wird, wird durch das Hebel-Symbol dargestellt. (Es gibt auch Ventile mit automatischer Rückstellung mittels einer Feder, mit Betätigung des „Hebels“ durch ein sich bewegendes Bauteil einer Maschine oder mit Betätigung durch Druckluft von anderen Ventilen für den Aufbau größerer Pneumatik-Schaltungen.)

- c) Die Druckluft wird durch den Schlauch zum Drucktank geführt, der sie speichern und puffern kann.
- d) Von dort führt sie zum Pneumatik-Handventil. Dieses Ventil hat tatsächlich drei Stellungen: In der Mittelstellung sind alle Anschlüsse blockiert. Dreht man den blauen Hebel nach links oder rechts, wird die Druckluft (von seinem oben mittig befindlichen Schlauchanschluss) zu einem der beiden (seitlichen) Ausgänge geführt. Wie wir gelernt haben, muss aber auch die „Abluft“ wieder ins Freie zurückkönnen (ähnlich wie elektrischer Strom ja auch über eine zweite Leitung zurückgeführt werden muss). Wichtig ist also: Der jeweils andere Anschluss wird mit dem Abluftausgang verbunden (das ist beim fischertechnik-Handventil der untere, bisher unbeschaltete Ausgang). Das Schaltzeichen des Ventils behandeln wir gleich noch ausführlich.
- e) Die beiden Ausgänge des Ventils sind mit den beiden Anschlüssen des Arbeitszylinders verbunden. Solange wir also Druckluft pumpen, können wir durch Verdrehen des Ventils den Zylinder nach Belieben aus- und einfahren oder ihn auch in einer beliebigen Stellung festsetzen.

Das Schaltbild des Ventils entspricht anschaulich seiner Wirkungsweise. Das Handventil besitzt vier Anschlüsse oder „Wege“ (für die Zuluft, die beiden Ausgänge und – unverzichtbar! – den Abluftausgang). Es kann drei Schaltstellungen einnehmen (links, rechts, und die alle Anschlüsse verschließende Mittelstellung). Es handelt sich deshalb um ein „4/3-Wegeventil“ – vier Anschlüsse, drei Schaltstellungen.

Jede Schaltstellung wird einfach in einem Kästchen dargestellt, in dem Pfeile oder Linien zeigen, welche Anschlüsse in der jeweiligen Schaltstellung verbunden oder (hier in der Mittelstellung) abgeschlossen sind. Die drei Kästchen – eines für jede Schaltstellung – stellen also dar, welche Schaltmöglichkeiten das Ventil bietet. In den drei Schaltplänen „Abgesperrt“, „Eingefahren“ und „Ausgefahren“ sind die jeweilige Schaltstellung und auch die zugehörige Stellung des Arbeitszylinders als die aktiven dargestellt. Man zeichnet die verbundenen Anschlüsse des Ventils also an dasjenige Kästchen des Schaltzeichens, das der Standardstellung (z. B. dem Ruhezustand einer Maschine) entspricht.

Dass der Abluftausgang des Ventils in dieser Schaltung mit der freien Umgebungsluft verbunden ist, wird wieder durch das kleine Dreieck im Schaltbild dargestellt.

Thematische Aufgabe

1. Experimentiere mit dem Modell. Pumpe, verdrehe das Pneumatik-Ventil und beobachte, wie der Zylinder arbeitet.
2. Stelle das Ventil so ein, dass der Zylinder eingefahren wird. Pumpe, ohne das Ventil zu betätigen. Höre dann auf zu pumpen und betätige nur noch das Ventil. Wie viele „Hübe“ des Zylinders kannst Du mit der im Tank gespeicherten Druckluft erreichen, ohne nachzupumpen?
3. Verfolge den Druckluft-Verlauf von der Pumpe durch den Tank, das Ventil und durch den Zylinder, sowie den Weg der „Abluft“ des Zylinders durchs Ventil ins Freie. Vollziehe das für die Schaltbilder in allen drei Schaltstellungen des Ventils nach.
4. Ein simples Stückchen Schlauch kannst Du offenlassen oder durch Abknicken oder Zudrücken versperren. Ein Schlauch ist also schon ein Ventil: Es hat zwei Anschlüsse (die beiden Enden des Schlauchs) und zwei Schaltstellungen (durchgängig und versperrt). Es ist also ein 2/2-Wegeventil. Zeichne das Schaltbild eines solchen Ventils!

Experimentieraufgabe

1. Wie verhält sich das Modell, wenn Du einen Schlauch durch Abknicken undurchlässig machst?
 - a) Den Schlauch zwischen Pumpe und Tank.
 - b) Den Schlauch zwischen Tank und Ventil.
 - c) Einen der beiden Schläuche vom Ventil zum Zylinder, in Kombination mit den Schaltstellungen des Ventils (drei Stellungen des Ventils und zwei Schläuche ergeben also $3 \cdot 2 = 6$ Versuchskombinationen).

Experimentiere ausgiebig damit und notiere systematisch Deine Beobachtungen.

2. Wie verhält sich das Modell, wenn Du die Schläuche stark, aber nicht vollständig abknickst? (Auf dieses Thema, die „Drosselung“ von Druckluft, kommen wir in weiteren Aufgaben und Modellen noch ausführlich zu sprechen.)

Lösungsblatt
Vorversuche

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 2: Das Pumpen wird immer schwerer, weil immer mehr Luft in den Schlauch gepumpt wird. Dabei wird die Luft verdichtet (komprimiert); das Ergebnis ist „Druckluft“. Das Volumen des Schlauchs wirkt als kleiner Druckluft-Speicher (die unter Druck strömende Luft erhöht den Druck im Schlauch auf dieselbe Weise, wie strömende elektrische Ladung die Spannung in einem Kondensator erhöht). Je mehr Druck aufgebaut wird, desto größer wird die Kraft, die den Pumpzylinder zurück nach oben drückt. Denn der Luftdruck und damit die Druckkraft, die von innen auf den Kolben wirkt, bewegt den Kolben so weit, bis der innere Druck dem von außen wirkenden Luftdruck entspricht (oder der Kolben einen mechanischen Anschlag erreicht).

Auswertung Experimentieraufgabe

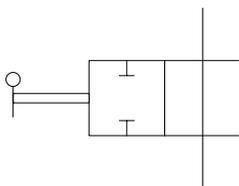
Experimentieraufgabe 3: Wenn Sie die Luft in der nicht „mit Druckluft beaufschlagten“ (bepumpten) Seite des Zylinders daran hindern, aus dem Zylinder zu entweichen, können Sie den Zylinder nicht mehr bis zum Ende verfahren. Die Luft im abgeschlossenen Teil wird mehr und mehr komprimiert und baut so Gegendruck auf. Zwischen dem Druck aus der Pumpe und dem der abgeschlossenen Zylinderhälfte wird die Kolbendichtung des Zylinders in der Position eingespannt, in der sich die resultierenden Kräfte gegenseitig aufheben. **Wichtige Erkenntnis:** Um den Zylinder zu bewegen, muss die „Abluft“ auf der nicht mit Druckluft beaufschlagten Seite aus dem Zylinder herauskönnen. **Es genügt also nicht, nur Luft in einen Zylinder hinein zu pumpen – sie muss auf der Gegenseite auch wieder hinaus!**

Lösungsblatt

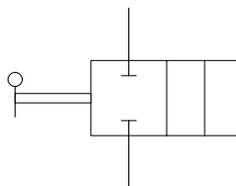
Steuerung eines Zylinders mit einem Ventil

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe, 4.: Ein Stückchen Schlauch als 2/2-Wegeventil hat zwei Schaltstellungen. Wir benötigen für das Schaltzeichen also zwei Kästchen. Jedes Kästchen muss zwei Anschlüsse darstellen. Eine Schaltstellung muss beide Anschlüsse versperren, eine muss sie miteinander verbinden.



Durchgängig



Verschlossen

Auf die Pfeile im Kästchen für die verbundene Schaltstellung wurde verzichtet, weil ohne den Kontext eines ganzen Schaltbildes nicht definiert ist, in welche Richtung die Luft durch das Ventil strömen wird, und weil der Schlauch diesbezüglich auch keine konstruktiven Einschränkungen hat (die Luft kann einfach in beide Richtungen hindurch).

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1: a) und b) führen zum Stillstand der Anlage, weil die Druckluftversorgung verhindert wird. Wenn in c) die Druckluft zum Zylinder versperrt wird, wird er sich nicht bewegen. Wenn in c) die Abluft des Zylinders versperrt wird, kann er sich nur so weit bewegen, bis der aufgebaute Gegendruck gleich stark wie der Druck der Zuluft wird.

Experimentieraufgabe 2: Die „Drosselung“ führt allgemein dazu, dass die Anlage langsamer arbeitet – der Zylinder bewegt sich langsamer als ohne Drosselung. Man kann aber zwei Fälle unterscheiden – in weiteren Aufgaben wird aber das noch ausführlich behandelt:

- a) Drosselt man die *Zuluft* stark, wird sich der Zylinder *ruckweise* bewegen. Das kommt daher, dass der Luftdruck zunächst die Haftreibung des Zylinderkolbens überwinden muss. Ist das erreicht, bewegt sich der Zylinderkolben. Gleichzeitig vergrößert er dadurch aber das zur Verfügung stehende Volumen. Bei gleicher Luftmenge verringert sich also der Druck – soweit, bis der Zylinder weniger Kraft aufbringt als die seiner Gleitreibung. Dadurch bleibt er wieder stehen. Dieses Spiel wiederholt sich, bis der Zylinder an einem seiner Anschläge (Enden) angekommen ist.

- b) Drosselt man hingegen die *Abluft*, wird der Zylinder auf beiden Seiten von Druck „eingespannt“ und bewegt sich viel gleichmäßiger.

Erweitertes Funktionsmodell - Kompressor, Manometer, Abluftdrosselung

Stefan Falk

Thema

Wir erzeugen Druckluft mittels eines elektrisch betriebenen Kompressors, messen den Luftdruck mit einem Manometer und befassen uns ausführlicher mit der Drosselung von Druckluft.

Lernziel

- Kompressoren erzeugen Druckluft im Dauerbetrieb.
- Ein Manometer ist ein Messgerät für den Druck von Luft (oder allgemein Gasen). Es gibt wertvolle Einblicke in die Wirkungsweise pneumatischer Aufbauten.
- Um Zylinder langsam zu verfahren, wird ihre Abluft gedrosselt. Die Drosselung der Zuluft ist unzweckmäßig.

Zeitaufwand

Zwei Aufgabenblätter, jeweils 45 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E1) 1.5 Pneumatik, S.15
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19

NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

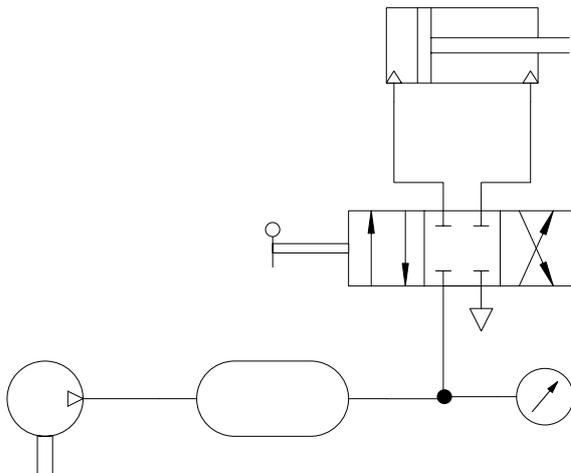
Pneumatik

Aufgaben

Erzeugen von Druckluft und Messen des Drucks

Konstruktionsaufgabe

Baue das Modell Erweitertes Funktionsmodell. Lass die Drossel (das kleine schwarze Teil mit dem blauen Drehknopf) zunächst weg. Lass also den Abluft-Ausgang des Ventils vorläufig noch direkt ins Freie führen. Verschlauche also nach folgendem Schaltbild:



Das linke Element steht für den Kompressor. Seine Stromversorgung ist nicht extra dargestellt. Ebenfalls neu ist das Schaltzeichen für das Manometer rechts neben dem Lufttank.

Pneumatik

Thematische Aufgabe

Der Kompressor erzeugt Druckluft ähnlich wie unsere selbstgebaute Handpumpe. Er verfügt aber über einen elektrischen Antrieb und übertrifft die Handpumpe in mehrerer Hinsicht:

- Er liefert Druckluft konstant, solange er mit der Stromversorgung verbunden ist (es ist beim fischertechnik-Kompressor egal, wie herum gepolt er an die 9-V-Gleichspannung angeschlossen wird).
- Er kann einen Luftdruck bis ca. 0,8 bar aufbauen.
- Er pumpt mehr Luftvolumen pro Zeit als die Handpumpe es könnte. Der „Durchsatz“ eines Kompressors wird meist in Litern Luft pro Minute (L/min) angegeben.

Das Manometer ist ein Messgerät für den Luftdruck; genauer: Für den Druckunterschied zwischen seinem Anschluss und der Umgebungsluft. Die Umgebungsluft hat auf der Erdoberfläche nämlich einen Druck von ca. 1 bar; der Kompressor erzeugt demgegenüber einen um 0,8 bar höheren Druck.

Druck ist das Verhältnis von Kraft zu Fläche. In den standardisierten SI-Einheiten wäre das also die Kraft in *Newton* (N) im Verhältnis zur Fläche in m². Die so gebildete SI-Druckeinheit ist das *Pascal*:

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Bar ist eine andere, ebenfalls gebräuchliche Einheit und hat eine einfache Beziehung zu *Pascal*:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100.000 \text{ Pa} = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 100.000 \frac{\text{N}}{100 \text{ cm} \cdot 100 \text{ cm}} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Da 10 N ungefähr die Kraft ist (genauer sind es 9,81 N), die 1 kg Masse auf der Erdoberfläche wiegt, entspricht ein *Bar* etwa der Gewichtskraft von 1 kg pro cm².

Führe die folgenden Aufgaben durch:

1. Stelle das Pneumatikventil in die Mittelstellung (alle Anschlüsse verschlossen). Schalte den Kompressor ein. Wieviel Druck zeigt das Manometer an?
2. Schalte den Kompressor aus. Wie verläuft danach der gemessene Druck? Warum ist das so?
3. Schalte den Kompressor wieder ein. Fahre den Zylinder durch Betätigen des Handventils aus und ein. Vergleiche die Kraft, die der Zylinder aufbringt, subjektiv (eine präzise Messung ist nicht notwendig) mit der, die mit der Handpumpe erreicht werden konnte.
4. Fahre den Zylinder wiederholt aus und ein. Vergleiche subjektiv, wie schnell der Zylinder durch die Verwendung des Kompressors anstelle der Handpumpe ein- und ausfahren kann. Wie verhält sich der gemessene Luftdruck während des Experiments?
5. Fahre den Zylinder ein und lass den Kompressor pumpen, bis sich der vom Manometer angezeigte Druck nicht mehr erhöht. Schalte den Kompressor dann aus und verfare den Zylinder mehrfach aus und ein. Wie viele Hübe kannst Du so erreichen (vergleiche das Ergebnis mit der entsprechenden Aufgabe bei der Handpumpe)?

Experimentieraufgabe

1. Wir können die Dichtigkeit des Gesamtsystems auch systematisch prüfen. Führe für jede Ventilstellung
 - a) Mittelstellung (abgesperrt),
 - b) Stellung für ausgefahrenen Zylinder (sind Undichtigkeiten der Scheibe im Zylinder relevant?) und
 - c) Stellung für eingefahrenen Zylinder (sind Undichtigkeiten an der Scheibe und am Kolbenausgang relevant?)

die folgende Prozedur durch: Schalte den Kompressor ein und lass ihn pumpen, bis sich der Druck nicht mehr erhöht. Notiere diesen Druck für den Startzeitpunkt = 0 Sekunden. Lies in konstanten Intervallen (z. B. alle zehn Sekunden) nach dem Abschalten des Kompressors den Druck am Manometer ab und halte ihn in einer Tabelle fest.

2. Stelle alle drei Messungen in einem einzigen Druck/Zeit-Diagramm dar (Zeit auf der x-Achse, Druck auf der y-Achse). Wo treten die größten Druckverluste auf, wo die geringsten?

Pneumatik

Lösungsblatt

Erzeugen von Druckluft und Messen des Drucks

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Der Kompressor kann ca. 0,8 – 1,0 bar Druck aufbauen. Sollte es deutlich weniger sein, liegt vermutlich eine Undichtigkeit vor. Prüfen Sie dann:

- Stecken alle Schläuche korrekt?
- Sitzt das T-Stück fest im Manometer-Anschluss?
- Ist das T-Stück fest mit einem P-Stopfen verschlossen?
- Ist evtl. ein Ventil oder ein Zylinder undicht?
- Funktioniert ein anderer Kompressor?

Die Fehlersuche kann erleichtert werden, wenn Sie Teile des Aufbaus vom Druck ausschließen, in dem Sie einfach den betreffenden Schlauch fest abklemmen.

Thematische Aufgabe 4: Der Zylinder muss deutlich häufiger pro Zeiteinheit ein- und ausfahren können als bei der Handpumpe.

Zu beobachten sollte sein, dass der vom Manometer gemessene Druck immer kurz abfällt, wenn eine Zylinderbewegung erfolgt, weil bei hinreichendem Druck die Luft schneller in den Zylinder strömt, als der Kompressor sie nachliefern kann. Sobald der Zylinder in seiner Endlage angekommen ist, wird der normale Druck wieder aufgebaut.

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1 und 2: Durch produktionsbedingte Streuungen der Dichtigkeit der Pneumatik-Komponenten können hier unterschiedliche Ergebnisse herauskommen. Typischerweise hält der Druck bei verschlossenem Ventil (Mittelstellung) am längsten, beim ausfahrenden Zylinder nicht so lange und beim einfahrenden Zylinder durch die zusätzliche Leckage am Kolbenausgang am kürzesten. Verschiedene Zylinder können verschieden dicht sein.

Pneumatik

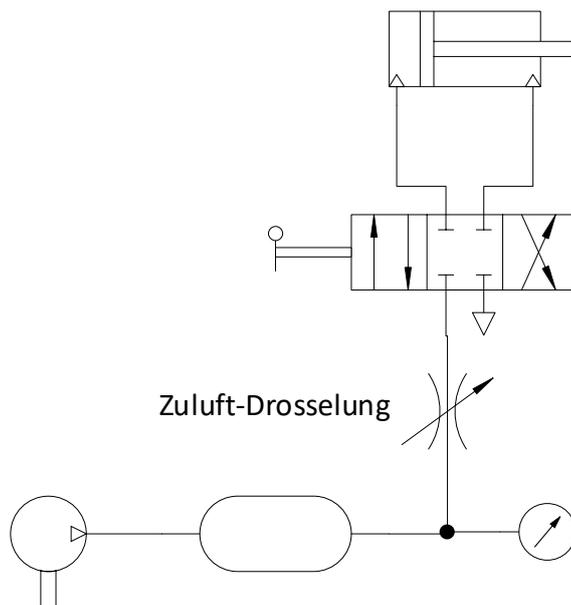
Aufgaben

Zylinder langsam verfahren lassen

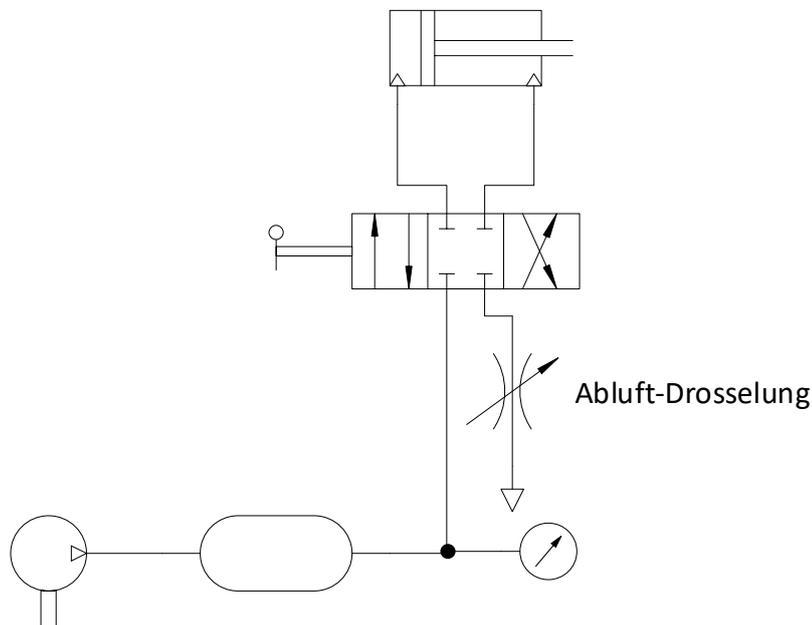
Konstruktionsaufgabe

Industriell eingesetzte Pneumatik wird meistens mit Drucken zwischen 6 und 8 bar betrieben. Damit können Pneumatikzylinder bei Bedarf sehr kräftig ausfahren – und sehr schnell. Oft wird zwar eine kräftige, aber langsame und kontrollierte Bewegung benötigt. Eine zu schnelle Bewegung könnte Maschinenteile, zu handhabende Werkstücke oder auch Menschen gefährden. Das erreichen wir durch *Drosselung* der Druckluft – wir lassen weniger Luft pro Zeit durch einen Schlauch oder eine Leitung strömen, indem wir einfach den Querschnitt der Leitung verengen. Nun gibt es zwei Stellen, an denen wir die Druckluft bei einem Zylinder drosseln können:

- a) Nahliegend erscheint vielleicht, die *Zuluft* zu drosseln: Wir lassen Druckluft langsamer in den Zylinder hineinströmen (das Schaltzeichen für die variabel einstellbare Drossel entspricht wieder sehr anschaulich der Art und Weise, wie Drosseln tatsächlich konstruiert sind, wenngleich in der industriellen Pneumatik dafür keine gequetschten Schläuche verwendet werden):



- b) Wir können aber auch die *Abluft* drosseln: Wir lassen die Zuluft ungedrosselt in den Zylinder, hindern aber die Abluft auf der anderen Zylinderseite per Drosselung daran, schnell aus dem Zylinder heraus zu strömen.



Probieren wir es aus! Ergänze das erweiterte Funktionsmodell um die Drossel. Sie ist einfach zu benutzen: Stecke einen Schlauch durch sie hindurch, dann kannst Du durch Verdrehen des blauen Griffs eine Schraube eindrehen. Die drückt auf den Schlauch, und so kannst Du den „übrigbleibenden“ Querschnitt des zusammengedrückten Schlauches sehr fein einstellen. Wir werden damit sowohl die Zuluft- als auch die Abluft-Drosselung testen.

Thematische Aufgabe

1. **Zuluft-Drosselung:** Baue die Drossel in den Schlauch vom Tank zum Ventil ein, also in den Zuluft-Eingang des Ventils (die Drossel kann auch ohne weitere Befestigung einfach so auf den Schlauch aufgeschoben werden). Drosselle, um den Effekt gut zu sehen, sehr stark. Lass den Zylinder ein- oder ausfahren und schau genau hin! Was beobachtest Du? Was ändert sich, wenn Du etwas Schweres vor den eingefahrenen Zylinder auf die Bauplatte stellst und es bei starker Drosselung durch den ausfahrenden Zylinder wegschieben lässt?
2. **Abluft-Drosselung:** Entferne die Drossel vom Zuluft-Schlauch. Schließe stattdessen einen Schlauch an den bisher unbenutzten vierten Anschluss des Handventils an (den Abluft-Ausgang) und führe diesen durch die Drossel. Drosselle zur Maximierung des Effekts wieder stark. Wie verhält sich der Zylinder jetzt? Wiederhole damit auch den Versuch mit der schweren zu schiebenden Last.
3. Was ist die **Erkenntnis** aus den beiden Versuchsvarianten?

Experimentieraufgabe

1. Wie langsam kannst Du den Zylinder verfahren lassen, ohne dass er stehen bleibt?
2. Was lässt sich beobachten, wenn man die Abluft extrem stark drosselt?

Pneumatik

Lösungsblatt

Zylinder langsam verfahren lassen

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Die Drosselung der Zuluft führt dazu, dass der Zylinder in kleinen Schritten stoßweise verfährt. Das kommt daher, dass der Luftdruck zunächst die Haftreibung des Zylinderkolbens überwinden muss. Ist das erreicht, bewegt sich der Zylinderkolben. Gleichzeitig vergrößert er dadurch aber das zur Verfügung stehende Volumen. Bei gleicher Luftmenge verringert sich also der Druck – so weit, bis der Zylinder weniger Kraft aufbringt als die seiner Gleitreibung. Dadurch bleibt er wieder stehen. Dieses Spiel wiederholt sich, bis der Zylinder an einem seiner Anschläge (Enden) angekommen ist. Dieser Effekt verschlimmert sich noch, wenn größere Kräfte aufzubringen sind. **Die Zuluft-Drosselung ist deshalb meist ungeeignet.**

Thematische Aufgabe 2: Bei Drosselung der Abluft bleibt die entlüftende Zylinderhälfte unter Druck. Das bewirkt ein „Einspannen“ der Zylinderscheibe zwischen zwei unter Druck stehenden Volumen. Das führt zu einer viel feineren und weniger ruckartigen Bewegung. Sie wird auch durch äußere Kräfte weniger gestört, weil der Zylinderkolben mit relativ großer Kraft festgehalten wird. **Die Abluft-Drosselung führt zu einer gleichmäßigeren Zylinderbewegung.**

Thematische Aufgabe 3: Die Erkenntnis ist: **Richtiges Drosseln ist Abluft-Drosseln!**

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1: Der Zylinder kann durch Abluft-Drosselung so langsam verfahren werden, dass er mehrere 10 Sekunden für einen kompletten Hub benötigt. Mit Feingefühl kann man sogar in den Minutenbereich kommen.

Experimentieraufgabe 2: Bei Drosselung nahe der Undurchlässigkeit wird der Effekt sichtbar, dass es eine Weile dauert, bis hinreichend viel Abluft entweichen kann und so der Gegendruck hinreichend klein wird, dass der Zylinder seine Haftreibung überwinden kann. Der Zylinder bleibt nach Umschalten des Ventils noch einen Moment stehen, bevor er beginnt, sich zu bewegen.

Schranke mit einfachwirkendem Zylinder - Einfachwirkender Zylinder, Magnetventil

Stefan Falk

Das Modell der Schranke dieses Aufgabenblattes wird auch in späteren Aufgabenblättern noch verwendet. Es empfiehlt sich, es nach Möglichkeit aufgebaut zu lassen.

Thema

Wir setzen Pneumatik in einem echten Modell ein – einer selbstgebauten Schranke. Dabei lernen wir den „einfachwirkenden“ Zylinder und das elektromagnetische Ventil kennen. In weiteren Aufgaben werden wir die Schranke noch verändern – das Modell sollte also idealerweise aufgebaut bleiben.

Lernziel

- Wirkungsweise und Einsatzgebiete eines einfachwirkenden Zylinders kennenlernen
- Die Verbindung von Elektrik und Pneumatik über Taster und Magnetventil herstellen

Zeitaufwand

45 min, je nach Aufbaugeschwindigkeit und Experimentierfreude auch mehr.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E2) 2.2 Elektropneumatik, S.15
HH	SEK1, SEK2	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22;

		BGY-T 3.2.12 Anforderungen und Inhalte Maschinenbautechnik 3, S.22
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1, SEK2	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15; BGY-T 13 Lernbereich 1A: Steuerungstechnik, S.44
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

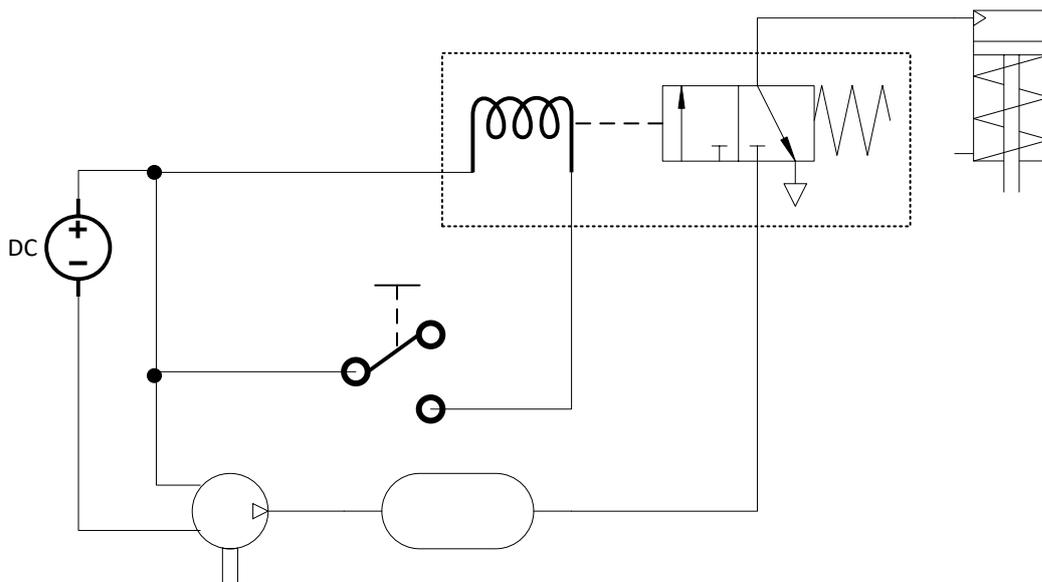
Aufgaben

Elektropneumatische Schranke mit einfachwirkendem Zylinder

Konstruktionsaufgabe

Baue die Schranke nach der Bauanleitung auf. Verwende als Zylinder den „einfachwirkenden“ Zylinder (mit rotem Kolben und eingebauter Rückstellfeder). Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Die Schranke muss leichtgängig funktionieren. Baue die beiden Achslager, die die Drehachse der Schranke tragen, nicht zu eng (stramm sitzend), sondern lass hinreichend Spiel, sodass die Schranke sich leichtgängig bewegen kann. Die Achse muss „fluchten“ – die drei Lagerbausteine, durch die sie durchgeht, müssen sauber in einer Linie liegen.
- Achte beim Einbau des Zylinders darauf, dass Du ihn möglichst nicht in Querrichtung belastest und verbiegst. Achte darauf, in welche Richtung die Nut des unteren Gelenksteins zeigt. Stecke den Zylinder gleichzeitig auf die obere Achse und den Gelenkstein, oder stecke ihn erst in den Gelenkstein und führe dann die Achse durch den Zylinder und das obere Achslager.
- Damit der fischertechnik-Taster den Kontakt herstellt, wenn man ihn drückt, musst Du seine beiden oberen Anschlüsse verwenden.
- Der obere Anschluss des Magnetventils ist der für die Druckluftzufuhr, der seitliche ist der Ausgang, der je nach Schaltstellung des Ventils entweder mit der Druckluft oder mit der Abluft verbunden ist.
- Die Polung der elektrischen Anschlüsse des Magnetventils ist unerheblich; es funktioniert wie der fischertechnik-Kompressor in beiden Stromrichtungen gleich.



Pneumatik

Die Stromversorgung (ganz links im Schaltbild) ist hier mit eingezeichnet, denn sie wird für die Verbindungen zum Taster und zum Magnetventil benötigt.

Das Magnetventil (im Schaltbild im gepunkteten Rahmen) ist ein 3/2-Wegeventil: 3 Wege (Zuluft, Ausgang und Abluft) mit zwei Schaltstellungen. Es wird aber von einem Elektromagneten betätigt. Sobald der Magnet Strom bekommt, „zieht das Ventil an“ und schaltet auf Durchgang zwischen Ein- und Ausgang. Ist es stromlos, sperrt es die Zuluft ab und verbindet den Ausgang stattdessen mit der Abluft (diese automatische Rückstellung wird durch die Feder im Schaltbild symbolisiert). Die Abluft hat bei unserem Magnetventil keinen eigenen Anschluss, aber natürlich ist der Abluftausgang vorhanden – ohne ihn würde es nicht funktionieren.

Der einfachwirkende Zylinder braucht nur einen Drucklufteingang, um zu funktionieren. Er kann mit Druckluft ausgefahren werden, fährt aber bei Entlüftung durch die eingebaute Rückstellfeder selbsttätig in die Ausgangsposition zurück (allerdings nur mit der Kraft der Feder). Man kann ihn überall verwenden, wo nur in Ausfahr-Richtung größere Kraft benötigt wird, und braucht dazu nur einen Drucklufteingang zu steuern.

Das ist bei Verwendung des Magnetventils vorteilhaft, denn das ist nur ein einzelnes 3/2-Wegeventil. Um einen doppelwirkenden Zylinder mit diesen Magnetventilen anzusteuern, bräuchte man zwei – pro Zylindereingang eines.

Thematische Aufgabe

1. Erprobe das Modell ausgiebig. Was funktioniert gut? Was gefällt Dir nicht?
2. Beschreibe, warum der Zylinder in diesem Modell an beiden Enden gelenkig angebracht sein muss.

Experimentieraufgabe

1. Baue eine Drossel in den Schlauch zwischen dem Magnetventil und dem Zylinder ein. Was kannst Du damit einstellen?
2. Baue die Drossel stattdessen in den Schlauch zwischen Tank und Magnetventil ein. Was kannst Du nun damit einstellen?
3. Verschließe den zweiten Ausgang des Zylinders (auf der Seite mit der Feder) mit einem P-Stopfen. Was ändert sich?
4. Verwende anstatt der beiden oberen die beiden unteren Anschlüsse des Tasters. Was ändert sich?

Pneumatik

Lösungsblatt

Einfachwirkender Zylinder, Magnetventil

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Die Schranke öffnet und schließt sich zuverlässig, sofern alles korrekt und leichtgängig gebaut wurde. Bei unbetätigtem Taster ist sie geschlossen, auf Tastendruck kann man sie öffnen. Sobald man den Taster loslässt, schließt sich die Schranke wieder.

Unschön ist aber, dass die Schrankenbewegung unnatürlich schnell und „schlagend“ erfolgt.

Thematische Aufgabe 2: Der Mittelpunkt des Gelenks am unteren Ende des Zylinders beschreibt beim Bewegen der Schranke eine Kreisbewegung um die Drehachse der Schranke. Der Zylinderkolben wird also nicht nur in Längsrichtung des Zylinders bewegt, sondern auch quer dazu ausgelenkt. Damit er sich nicht verbiegt und das Modell funktioniert, sind die Gelenke an beiden Enden notwendig (unten der Gelenkbaustein, oben die Lagerung des Zylinders in einer Achse).

Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1: Damit drosseln wir sowohl die Zuluft als auch die Abluft des Zylinders. Die Schranke bewegt sich langsamer. Die Drosselwirkung kann in beiden Bewegungsrichtungen unterschiedlich ausfallen, weil das Rückstellen nur mit der Kraft der Feder erfolgt.

Experimentieraufgabe 2: Nun wirkt die Drossel nur, wenn der Zylinder mit der (gedrosselten) Zuluft verbunden ist. Die Abluft hingegen kann ungehindert aus dem Zylinder durch das Ventil ins Freie strömen. Nur die Aufwärtsbewegung der Schranke wird also langsamer, das Schließen erfolgt unverändert schnell gegenüber der Variante ohne Drossel.

Experimentieraufgabe 3: Der Stopfen zeigt keine oder fast keine Wirkung. Erkenntnis: Der Kolbenausgang des einfachwirkenden Zylinders ist absichtlich nicht ganz dicht.

Dadurch wird eine höhere Leichtgängigkeit des Zylinders erreicht, damit die Kraft der Rückstellfeder ausreicht, um den Zylinder zurückzufahren. An diesem Anschluss des Zylinders ist aber keine Abluftdämpfung möglich. Der vordere Schlauchanschluss des einfachwirkenden Zylinders ist nicht sinnvoll nutzbar, sondern nur produktionsbedingt.

Experimentieraufgabe 4: Dadurch kehren wir das Signal des Tasters um – wir „invertieren“ es. Das Magnetventil bekommt nun genau dann Strom, wenn der Taster *nicht* gedrückt ist. In diesem Fall ist die Schranke also normalerweise offen, und nur wenn und solange der Taster gedrückt ist, wird sie sich (durch die Rückstellfeder) schließen.

Schranke mit doppelwirkendem Zylinder - Drosselung eines doppelwirkenden Zylinders in nur einer Richtung

Stefan Falk

Für diese Aufgabe wird das Modell „Schranke“ nochmal verwendet, das für die vorherige Aufgabe bereits gebaut wurde.

Thema

Wir stellen dar, wie man die Bewegung eines doppelwirkenden Zylinders nur in eine Richtung drosseln kann, oder in beiden Richtungen unterschiedlich stark.

Lernziel

- Durch Parallelschalten einer Drossel und eines Rückschlagventils kann erreicht werden, dass die Drossel nur in einer Richtung relevant ist und in der anderen durch das Rückschlagventil einfach umgangen wird.
- Dadurch lässt sich Druckluft in nur einer Flussrichtung drosseln, während sie in der anderen praktisch frei strömt.
- Auf diese Weise können wir die Abluft einer Zylinderseite drosseln, deren Zuluft aber ungedrosselt in den Zylinder lassen. Wir erhalten eine richtungsabhängige Drosselung.

Zeitaufwand

45 min, wenn die Schranke der vorherigen Aufgabe noch aufgebaut war.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E1) 1.5 Pneumatik, S.15
HH	SEK1, SEK2	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22; BGY-T 3.2.12 Anforderungen und Inhalte Maschinenbautechnik 3, S.22

HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1, SEK2	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15; BGY-T 13 Lernbereich 1A: Steuerungstechnik, S.44
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

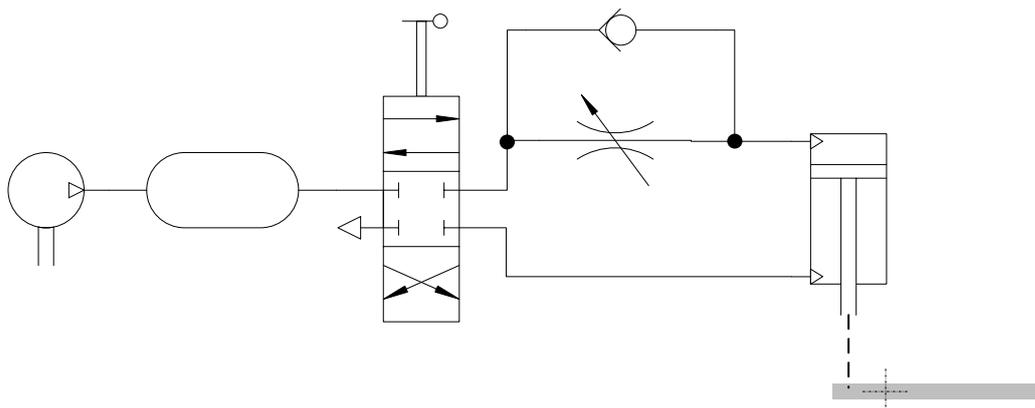
Aufgaben

Drosselung eines doppelwirkenden Zylinders in nur einer Richtung

Konstruktionsaufgabe

Verwende als Grundmodell die bereits in der vorherigen Aufgabe gebaute Schranke, oder baue sie nach Bauanleitung neu auf. Verwende diesmal aber einen doppelwirkenden Zylinder (mit blauem Kolben, ohne Rückstellfeder) und das Handventil anstelle des Magnetventils. Wir müssen beide Seiten des Zylinders ansteuern, und ein einziges Magnetventil würde nur für eine genügen.

Wir wollen in dieser Aufgabe erreichen, dass sich die Schranke langsam schließt (damit niemand, der darunter steht, erschlagen wird), aber schnell öffnet. Wie wir schon gelernt haben, ist die Drosselung der Abluft der richtige Weg. Verschlauche wie folgt:



Wir verwenden also eine Drossel im Schlauch zwischen Ventil und dem oberen Ende des Schranken-Zylinders. Beim Schließen der Schranke fährt der Zylinder ein, und die Abluft an seinem oberen Anschluss im Schrankenmodell muss gedrosselt werden.

Das Problem: Die Zuluft soll ungedrosselt in den Zylinder strömen können, damit sich die Schranke schnell heben kann. Das lösen wir durch das schon von der Handpumpe bekannte Rückschlagventil. Es lässt Druckluft in einer Richtung (ungedrosselt) durch und versperrt den Weg in der anderen Richtung ganz – gerade wie eine Diode den elektrischen Strom nur in eine Richtung durchlässt.

Das Rückschlagventil schalten wir parallel zur Drossel. Nochmal der Hinweis, dass das kleine Dreieck im Schaltbild nicht als Pfeil missverstanden werden darf, der die Durchflussrichtung anzeigt. Das Gegenteil ist der Fall: Im Schaltbild kann die Luft vom Ventil zum Zylinder durch das Rückschlagventil strömen, aber in Gegenrichtung – wenn die Abluft beim Einfahren aus dem Zylinder strömt – wird der Weg versperrt. Die Abluft muss also langsam durch die Drossel hindurch, während die Zuluft schnell zum Zylinder gelangt.

Pneumatik

Thematische Aufgabe

1. Experimentiere mit dem Modell. Stelle verschiedene Drosselstärken ein und beobachte, wie dennoch immer nur die Abwärtsbewegung der Schranke verlangsamt wird, nicht aber das Öffnen der Schranke.
2. Was passiert, wenn man das Rückschlagventil verkehrt herum (aber immer noch parallel zur Drossel) einbaut?

Experimentieraufgabe

1. Was müsste man ergänzen, wenn man mit einer zweiten Drossel und einem zweiten Rückschlagventil auch das Öffnen der Schranke drosseln möchte, aber unabhängig von der Drosselstärke der Schließbewegung?
2. Wenn wir zwar keine zwei Rückschlagventile besitzen, aber wenigstens zwei Drosseln, können wir die zweite Drossel auch wie schon gelernt an den Abluftausgang des Handventils anschließen (alternativ kann das durch Zusammenknicken des Schlauches simuliert werden). Ergänze das Schaltbild dementsprechend und beschreibe, wie die beiden Drosseln nun wirken.

Lösungsblatt

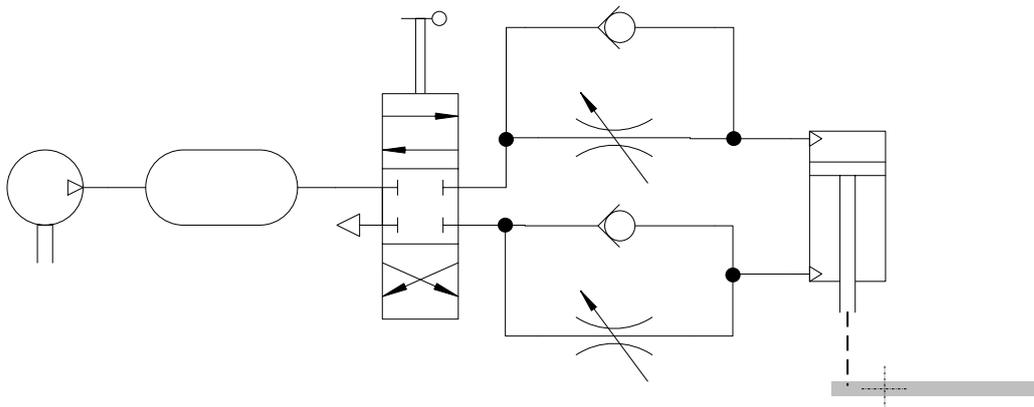
Schranke mit doppelwirkendem Zylinder - Drosselung eines doppelwirkenden Zylinders in nur einer Richtung

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 2: Dadurch würde die Zuluft beim Öffnen der Schranke gedrosselt, aber die Abluft nicht mehr. Der Effekt wäre, dass die Schranke sich zwar langsam, aber ruckelnd öffnet (weil die Zu- und nicht die Abluft gedrosselt wird). Sie würde sich aber schnell schließen. Wie schon gelernt ist die Abluft-Drosselung die zweckmäßige Variante.

Auswertung Experimentieraufgabe

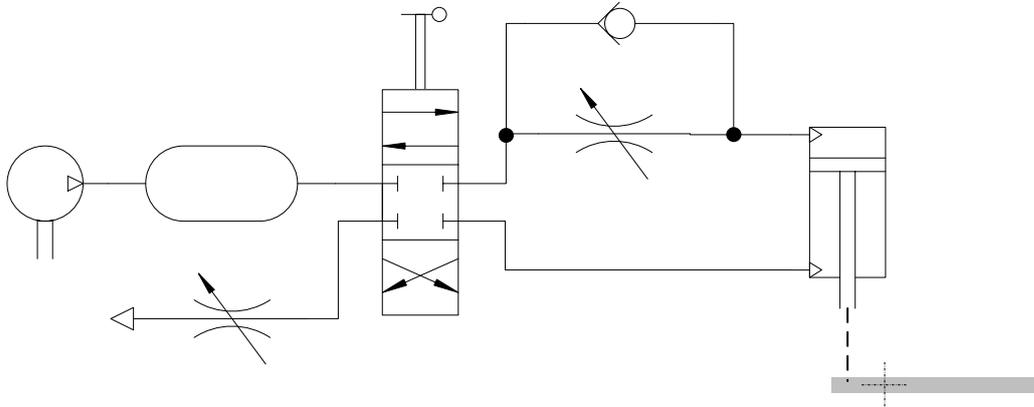
Experimentieraufgabe 1: Man müsste auch an den anderen Zylinderanschluss eine Parallelschaltung von Drossel und Rückschlagventil wie folgt einbauen:



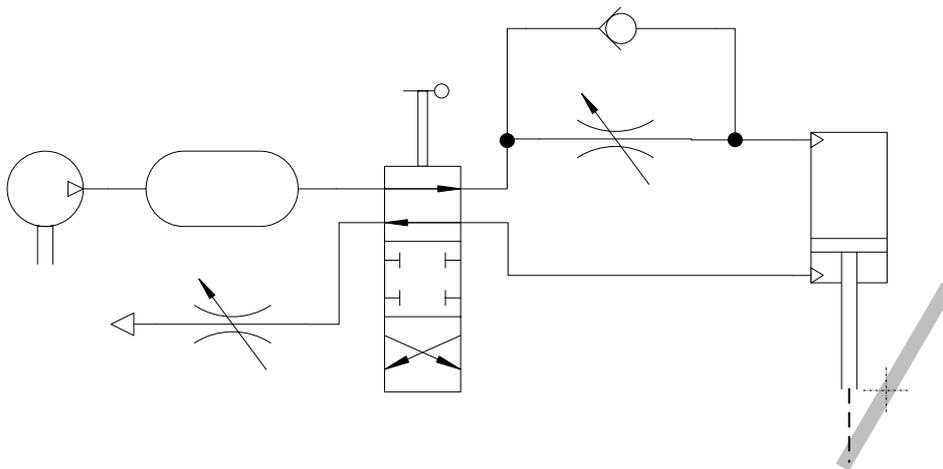
Die Rückschlagventile müssen beide so eingebaut werden, dass sie die jeweilige Abluft, nicht aber die Zuluft drosseln.

Experimentieraufgabe 2: Die zweite Drossel wäre so eingebaut:

Pneumatik

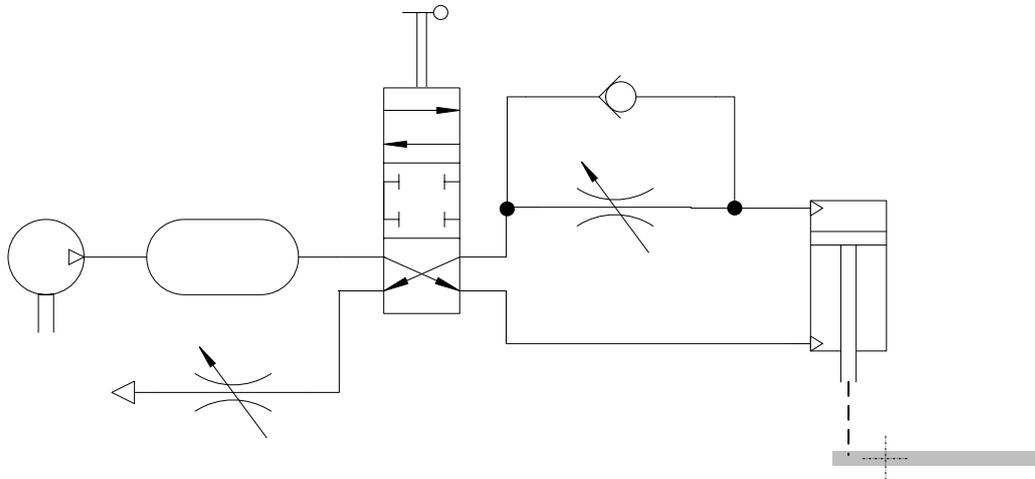


Bei Öffnen der Schranke, also dem Ausfahren des Zylinders nach unten, wäre die Zuluft am Zylinder wegen des Rückschlagventils nicht gedrosselt, sehr wohl aber die Abluft am unteren Anschluss – siehe die folgende Ventilstellung:



Beim Schließen der Schranke wirken beide Drosseln in Reihe geschaltet:

Pneumatik



Im Wesentlichen wirkt hierbei aber nur die Drossel, die stärker drosselt. Man kann mit dieser Schaltung das Schließen der Schranke also stärker drosseln als das Öffnen, nicht aber umgekehrt. Wünscht man das, müsste die Drossel/Rückschlagventil-Kombination an den anderen Zylinderanschluss angeschlossen sein.

Unterdruckgreifer - Erzeugen und Arbeiten mit Unterdruck

Stefan Falk

Bei Zeitmangel kann in diesem Modell anstelle von Taster und Magnetventil auch einfach das Pneumatik-Handventil verwendet werden.

Thema

Wir erzeugen Luftdruck, der *kleiner* ist als der der Umgebungsluft, und wenden das in einem Saug-Greifer an.

Lernziel

- Ein wie bei der selbstgebauten Handpumpe mechanisch betätigter Zylinder kann nicht nur Über- sondern am anderen Anschluss auch Unterdruck erzeugen.
- Damit und mit einem geeigneten flexiblen Saugnapf lassen sich leichte Teile mit glatter Oberfläche festhalten, anheben und bewegen.

Diese Technik wird industriell z. B. beim Verpacken von Kleinteilen angewendet: Teile werden, z. B. aus einem Magazin stammend oder auf einem Förderband ankommend, mit einem Sauggreifer aufgenommen und in einer Packung abgelegt. Das kann mit hoher Taktzahl realisiert werden, sodass viele Teile pro Zeit gehandhabt werden können.

Zeitaufwand

45 min. für Konstruktion und thematische Aufgaben. Weitere 45 min, je nach Aufwand der gewünschten Konstruktionen auch mehr, für die optionalen konstruktiven Experimentieraufgaben.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17
BY	SEK1	Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33

Pneumatik

HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E1) 1.5 Pneumatik , S.15
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22;
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19
NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15;
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

Lösungsblatt

Erzeugen und Arbeiten mit Unterdruck

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1: Einige Sekunden sollten erreicht werden können, sofern das anzuhebende Teil nicht zu schwer ist und keine raue Oberfläche hat.

Thematische Aufgabe 2: Mindestens die mitgelieferten Holzscheiben, aber auch z. B. ein fischertechnik-Bauteil mit glatter Oberfläche sind greifbar.

Auswertung Experimentieraufgabe

Für die Einführung der Bewegung des Saugnapfes gibt es unüberschaubar viele Möglichkeiten. Die Kreativität der Schüler kann zu unterschiedlichen, grundsätzlich funktionierenden Lösungen führen.

Elektropneumatischer Druckluftmotor

Stefan Falk

Thema

Wir konstruieren einen Druckluftmotor, der ähnlich wie eine Dampfmaschine funktioniert.

Lernziel

- Im Funktionsmodell des Druckluftmotors führt die Kombination mehrerer Disziplinen zum Erfolg: Pneumatik, Elektrik und Mechanik/Kinematik.
- Erst das korrekte Zusammenspiel aller Teilgebiete führt zur Lösung.

Zeitaufwand

45 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17; GYM 9/10 PH-3.3.3 Wärmelehre, S. 21; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung (2), S.18
BY	SEK1	GYM 7NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50; SEK1 BGYM 11 Rahmenplan Technik-2.2 (E2) 2.2 Elektropneumatik , S.15
HH	SEK1	Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22;
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19; SEK1 IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.2 Wärmelehre, S.23

NI	SEK1	IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106 SEK1 RS 7-10 PHYSIK-2.2 (10) Bewegungen und ihre Ursachen S.37
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	SEK1 GYM 5/6 TC-LB2 Konstruieren technischer Objekte, S.6; OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15;
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

Aufgaben

Elektropneumatischer Druckluftmotor

Konstruktionsaufgabe

Konstruiere das Modell Druckluftmotor nach Bauanleitung. Hinweise dazu:

- Wie beim Modell der Schranke muss der Zylinder auch in diesem Modell an beiden Enden gelenkig gelagert werden. Oben erfüllt die kleine Achse diese Funktion. Unten ist der Gelenkbaustein wichtig. Montiere den Zylinder nicht ohne Gelenk fest auf die Bauplatte.
- Für eine gute Funktion müssen die schwingenden Teile recht steif aufgebaut werden. Vergiss die Strebe auf dem Schwingbalken nicht, und führe den senkrecht stehenden Pleuel aus zwei miteinander verbundenen fischertechnik-Streben aus.
- Die Achse der drehenden Teile muss leichtgängig gelagert sein. Dazu ist es notwendig, dass die drei Achslager (die roten Bausteine 15 mit Bohrung) „fluchten“, also genau in einer Linie und nicht verkantet angeordnet werden. Dazu hilft es, die Nuten der darunterliegenden Bausteine in Achsrichtung zu haben, weil dann der Achslager-Baustein quer zur Achse garantiert präzise sitzt.
- Wichtige zu justierende Elemente sind die Position der Schaltscheibe und des Tasters. Der Taster muss von der Schaltscheibe beim Drehen zuverlässig betätigt werden, und die Scheibe muss auch in Drehrichtung richtig angebracht werden, damit der Zylinder im richtigen Moment mit Druckluft beaufschlagt bzw. entlüftet wird.

Thematische Aufgabe

1. Experimentiere mit unterschiedlichen Drehwinkeln, in denen die Schaltscheibe sitzen kann. Finde die Position, in der der Motor am besten läuft.
2. Zähle, wie viele Umdrehungen der Motor im Leerlauf pro Minute absolviert.
3. Warum wird das Schwungrad benötigt?
4. Bremse den Motor bei der Rastkupplung am Ende der Abtriebsachse mit den Fingern so weit ab, so dass der Motor gerade noch funktioniert. Mit wie vielen Umdrehungen pro Minute läuft er jetzt noch?

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 3: Ohne die Schwungscheibe kann es passieren, dass der Motor nicht über die „Totpunkte“ der Bewegung des Exzenters gelangt. Das sind die Punkte, in der sich die Kurbel ganz oben oder ganz unten befindet. In diesen Lagen können der Zylinder und die Mechanik kein Drehmoment abgeben, weil die dazu notwendige Kraft quer zum Pleuel verlaufen müsste. Das Schwungrad sorgt dafür, dass der Motor diese Totpunkte überwindet, bis wieder Kraft und Drehmoment übertragen werden können. Das Schwungrad ist also ein „mechanischer Energiespeicher“, der beim Anlaufen des Motors Bewegungsenergie (Rotationsenergie) absorbiert und im „Totpunkt“ wieder einspeist. Dabei kommt es vor allem auf das Gewicht am äußersten Rand des Schwungrads an: Je höher das Gewicht, desto größer die „Speicherkapazität“ des Energiespeichers.

Scherenhubtisch - Pneumatische Hebebühne

Stefan Falk

Dieses Modell ist konstruktiv relativ aufwändig. Planen Sie je nach vorhandener fischertechnik-Erfahrung hinreichend Zeit ein. Zusätzlich werden geeignete Gegenstände als Gewicht sowie ein Lineal oder Metermaß benötigt, um alle Aufgaben ausführen zu können.

Thema

Wir konstruieren eine Hebebühne – einen sogenannten „Scherenhub“ – und lassen sie pneumatisch antreiben. Zwei Weiterentwicklungen bieten mit wenig Umbauaufwand entweder mehr Hebekraft oder eine größere Hub-Höhe.

Lernziele

- Die Mechanik des Scherenhubs und die notwendige Sorgfalt bei der präzisen Konstruktion,
- die Vergrößerung der erreichbaren Kraft durch parallele Paarung zweier Pneumatikzylinder,
- die Vergrößerung des erreichbaren Schiebewegs durch Aneinanderreihung zweier Pneumatikzylinder,
- das Verständnis der mechanischen Zusammenhänge bei einem ungleichförmig übersetzenden Getriebe.

Zeitaufwand

90 min.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	SEK1	GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (3), S.15; GYM 7/8 PH-3.2.3 Energie, S.14; SEK1 GYM 7/8 PH-3.2.7 Mechanik: Dynamik, S.17; GYM 9/10 PH-3.3.3 Wärmelehre, S. 21; SEK1 GS 8/9 NWT-3.2.2.2 Bewegung und Fortbewegung (2), S.18; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung (2), S.18; SEK1 7/8/9 T-3.2.3.4 Mobilität (1), S.30
BY	SEK1	GYM 7NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; Ph8 (3) Mechanik (3.2) Kräfte und Ihre Wirkungen, S. 5; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen, S.821
BE	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33; ISS1-7/8 WAT-Entwicklung, Planung, Fertigung und Bewertung mehrteiliger Produkte, S. 37

BB	SEK1	7/8 Physik-3.1 Thermisches Verhalten von Körpern, S.28; SEK1 7/8 Physik-3.3 Mechanische Energie und Arbeit, S. 33
HB	SEK1	GYM 7/8 Physik-Kräfte und Bewegung S.50
HH	SEK1	SEK1 Stadtteil 7/8 NWT-3.2.2 Das Fahrrad S. 36; SEK1 Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Bewegung und Kraft S. 22; SEK1 GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Bewegung und Kraft, S.20
HE	SEK1	GYMG8 8 PHYSIK-8G.1 Mechanik 1, S. 13; GYMG8 8 PHYSIK-8G.3 Von Druck und Auftrieb, S.15; GYMG8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18
MV	SEK1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S.19; SEK1 IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.2 Wärmelehre, S.23
NI	SEK1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Mechanik, S.28; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 1 - Energieumwandlungen und Energieflüsse in unserer Umwelt, S.27; RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18
NW	SEK1	GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S.106 SEK1 RS 7-10 PHYSIK-2.2 (10) Bewegungen und ihre Ursachen S.37
RP	SEK1	IGS 7 NaWi-PHYSIK 5.4.1 Dynamische Phänomene, S.192; IGS 8 TF 8: Wärmetransporte und ihre Beeinflussung, S.114
SL	SEK1	GYM 8PHYSIK (8) -Druck S.39; SEK1 GS 9 Physik (9) -1 Mechanik, S.17
SN	SEK1	SEK1 GYM 5/6 TC-LB2 Konstruieren technischer Objekte, S.6; SEK1 OS RS/7 PHYSIK-WB2 Einfache Maschinen, S.28; OS RS/8 PHYSIK-LB2 Druck und seine Wirkungen, S.30; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; SEK1 GYM 8 PHYSIK-LB1 Mechanik der Flüssigkeiten und Gase S.19; SEK1 GYM 7 PHYSIK-LB1 Kräfte, S.15;
ST	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 12; GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42
SH	SEK1	GYM 8PHYSIK- Thema 2: Dichte, Druckdifferenz als Antrieb, S. 88; SEK1 5-10 FA PHYSIK- Mechanik, S. 30
TH	SEK1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13

Pneumatik

Aufgaben

Pneumatische Hebebühne

Konstruktionsaufgabe

Baue das Modell Scherenhubtisch laut Bauanleitung auf. Achte darauf, dass die gesamte Mechanik stabil, aber leichtgängig gebaut wird. Alle Achsen sollen sauber „fluchten“; nichts soll verkantet sein.

Verwende zunächst nur einen einzigen Pneumatikzylinder. In den Experimenten werden wir einen zweiten Zylinder auf verschiedene Weisen ergänzen.

Thematische Aufgabe

1. Was ist das größte Gewicht, das die Hebebühne mit nur einem Zylinder noch anheben kann? Verwende der Einfachheit halber verschiedene gerade verfügbare Gegenstände und lege sie auf die Hebebühne.
2. Wie groß ist dabei der „Hub“, also die Differenz der Höhen zwischen der untersten und obersten Position? Verwende ein Lineal oder Metermaß zur Messung.
3. Baue zur Erhöhung der Kraft zwei Zylinder nebeneinander ein, sodass sie beide parallel Kraft ausüben.
 - a) Um welchen Faktor hat sich damit die Kraft erhöht, mit der die Hebebühne angetrieben wird?
 - b) Was ist nun das größte noch anzuhebende Gewicht?
 - c) Wie wirkt sich diese Konstruktionsänderung auf die Höhe des Hubs aus?
4. Baue zur Erhöhung der Verfahrestrecke und damit des Hubs zwei Zylinder hintereinander ein.
 - a) Wie wirkt sich das auf die verfügbare Kraft aus?
 - b) Wie groß ist nun der Hub?
 - c) Warum ist der Hub nicht doppelt so groß wie mit einem Zylinder?
5. Warum kann bei einer solchen Hebebühne die Abluftdrosselung wichtig sein?

Experimentieraufgabe

Versetze das waagerechte Schiebeelement mit der Hand in definierten Schritten (z. B. immer um 5 mm weiter) und miss den damit erreichbaren Hub (mit Nullpunkt in der untersten Position der Hebebühne). Erstelle daraus ein Diagramm mit dem Verfahrweg auf der x-Achse und dem Hub auf der y-Achse.

Pneumatische Hebebühne

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 3. a): Die Kräfte der beiden Zylinder addieren sich, die Gesamtkraft ist genau doppelt so groß wie bei einem Zylinder. Der Druck definiert sich als Kraft pro Fläche:

$$p = \frac{F}{A}$$

Dabei ist F die Kraft und A die wirksame Fläche der Zylinderscheibe. Die Kraft ist also das Produkt aus Druck und Fläche:

$$F = p \cdot A$$

Wenn wir also beim selben Druck die Fläche durch das Parallelschalten der zwei Zylinder verdoppeln, verdoppelt sich auch die Kraft:

$$p \cdot 2A = 2 \cdot F$$

b) Der Hub bleibt dabei unverändert, da die Verfahrlänge der Zylinder dieselbe ist wie mit einem Zylinder.

Thematische Aufgabe 4. a): Die Kraft ist nun unverändert, da sich die wirksame Fläche der Zylinder nicht geändert hat. Die Anordnung hat diesbezüglich dieselbe Wirkung wie die Verwendung eines längeren Zylinders.

b) Der Verfahrenweg ist doppelt so groß. Der Hub ist zwar größer geworden, aber weniger als verdoppelt.

c) In der unteren Position der Hebebühne bewirkt ein kleines Stück Verfahrenweg noch eine große Hubänderung. In der oberen Position bewirkt ein gleich großer Verfahrenweg aber nur noch eine geringe Hubänderung (dafür aber eine größere Hubkraft).

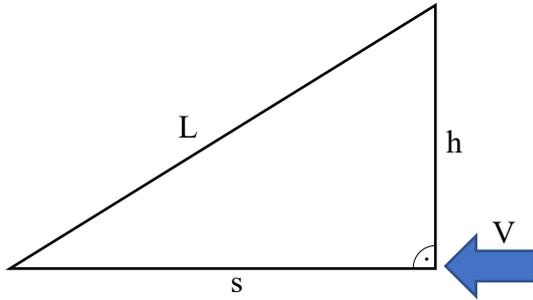
Thematische Aufgabe 5: Die Hebebühne, so wie wir sie gebaut haben, bleibt abrupt stehen, wenn die Zylinder ihren Anschlag erreicht haben. Wenn auf der Hebebühne Material oder Menschen stehen, könnten die verrutschen oder herabfallen (deshalb würde auch ein geeignetes Gelände o. ä. auf der Hebefläche sinnvoll sein). Die Drosselung resultiert in kleinerer Geschwindigkeit bei Beibehalten der Kraft, die die Hebebühne aufbringen kann.

Eine Weiterentwicklung wäre die *Endlagendämpfung*. Das ist eine Dämpfung, die erst kurz vor Erreichen des Anschlags wirksam wird. Damit kann man hohe Geschwindigkeit mit sanfterem Bewegungsende kombinieren. Siehe dazu die Verweise auf weiterführende Informationen [2].

Pneumatik

Auswertung Experimentieraufgabe

Der Zusammenhang zwischen Verfahrweg und Hub kann so berechnet werden:



L ist die Länge des Balkens, der dessen unteres Ende von den Zylindern entfernt ist. s ist die Länge der Projektion von L auf die Ebene. h ist der Hub (hier gemessen von der Ebene aus). L, s und h bilden ein rechtwinkliges Dreieck.

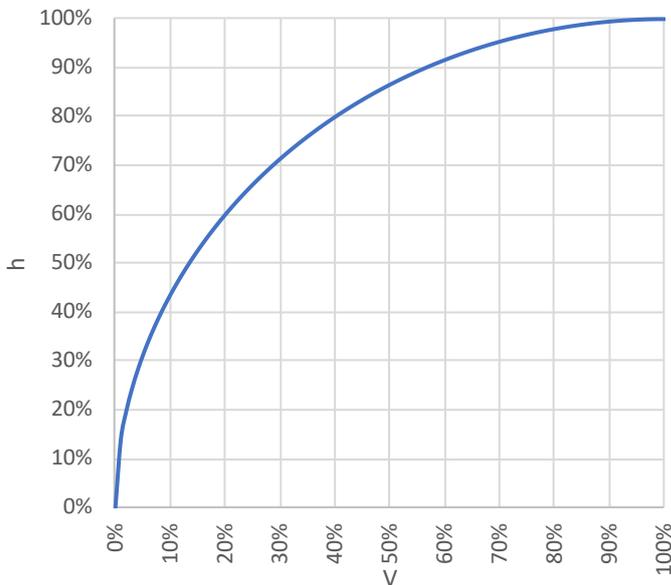
V ist der Verschiebeweg der Zylinder, als Nullpunkt ausgehend von einer (durch mechanische Beschränkungen aber nicht wirklich erreichbaren) Position, in der der Balken flach auf der Ebene liegt. Damit haben wir:

$$s = L - V$$

$$L^2 = s^2 + h^2$$

$$h = \sqrt{L^2 - s^2} = \sqrt{L^2 - (L - V)^2} = \sqrt{L^2 - (L^2 - 2LV + V^2)} = \sqrt{2LV - V^2}$$

Das ergibt qualitativ folgenden Verlauf:



Projektmodell - Unterdruck-Ablegespiel

Stefan Falk

Dieses Modell ist konstruktiv relativ aufwändig. Planen Sie je nach vorhandener fischertechnik-Erfahrung hinreichend Zeit ein.

Thema

Dieses Modell stellt die Pneumatik im Rahmen eines etwas komplexeren Modells dar – einer pneumatischen Positioniereinheit, die auch als Spiel verwendet werden kann.

Lernziel

- Konstruktionstechniken aus dem Maschinenbau
- Umsetzung einer linearen in eine Drehbewegung
- Geeignete Zuführung von Druckluft auf ein drehbares Maschinenteil

Zeitaufwand

Dieses Modell ist konstruktiv aufwändig und wird mehrere Einheiten von z. B. 45 min benötigen.

Bezug Curriculum

Kein direkter Bezug, zusätzliche Projektaufgabe.

Pneumatik

Aufgaben

Unterdruck-Ablegespiel

Konstruktionsaufgabe

Baue das Projektmodell laut Bauanleitung auf. Achte darauf, dass die gesamte Mechanik stabil, aber leichtgängig gebaut wird. Beachte insbesondere folgende konstruktiven Details:

1. Der zum Drehen verwendete Pneumatik-Zylinder ist an beiden (!) Enden gelenkig gelagert. Wäre er an einem Ende starr befestigt, würde er sich verkanten. Die Kolbenstange wäre starken Biegekräften unterworfen und könnte sich verbiegen oder brechen. Die Dichtungen des Zylinders könnten beschädigt werden. Die Maschine würde nicht funktionieren. Merke: *Pneumatik-Zylinder sollen nur auf Zug und Druck, niemals aber auf „Scherung“, also auf eine Kraft quer zum Verfahrweg, belastet werden!*
2. Es ist schlau, die Schläuche zum Hebezyylinder in der *Mitte* des Drehkranzes hindurch zu führen. So werden sie zwar etwas verdreht, aber bei einer Zuführung „von außen“ müsste viel mehr Schlauch und Platz reserviert werden, damit die Schläuche der Bewegung folgen können. Allerdings: Ohne spezielle Elemente kann man so das zu verdrehende Teil nicht beliebig lang in eine Richtung drehen. Für die Maschine hier findet die Drehbewegung aber nur um einen mäßig großen Winkel statt, sodass kein Problem auftritt.
3. Damit der Hebe-Zylinder leichtgängig arbeiten kann, darf er zwischen den beiden seitlichen Trägern nicht zu eng „eingespannt“ werden. Das kann man durch feines Verschieben der Träger in der Nut der Drehscheibe gut justieren.

Thematische Aufgabe

1. Lass die Anlage zunächst nur zwischen den beiden Endlagen des Pneumatikzylinders pendeln.
 - a) Wie würde man die Aufgabe, ein Maschinenteil präzise zu zwei Endlagen zu bewegen, mit einem Elektromotor-Antrieb umsetzen?
 - b) Worauf kann man demgegenüber beim Antrieb über einen Pneumatikzylinder verzichten, und was ist hier also ein Vorteil der pneumatischen Steuerung?
2. Betrachte nun auch die Mittelstellung, in der der Greifer über der mittleren Ablagefläche steht.
 - a) Was ist hierbei das Problem bei der Verwendung eines Pneumatikzylinders?
 - b) Mit welchem konstruktiven Mittel, das wir in vorhergehenden Aufgaben schon kennengelernt hatten, könnte man die Mittelstellung präzise erreichen?

Experimentieraufgabe

1. Versuche, die Mittelstellung möglichst präzise zu erreichen.
 - a) Was kannst Du verstellen, um das zu erleichtern?
 - b) Womit „erkaufst“ Du diese Verbesserung?
2. Spiele „Die Türme von Hanoi“ mit der Maschine. Dabei liegen auf der ersten Ablage drei Scheiben übereinander, und zwar immer die nächstkleinere auf der

Pneumatik

nächstgrößeren (die größte also unten, die kleinste oben). Die Aufgabe ist, nur durch Versetzen einer Scheibe nach der anderen den kompletten Scheibenstapel auf die dritte Ablage zu bringen, und zwar so, dass während der ganzen Operation niemals eine größere Scheibe auf einer kleineren zu liegen kommt. Die mittlere Ablage kann als Zwischenlager verwendet werden. Im Bauteilbestand finden sich zwar keine drei verschieden große Scheiben, aber drei verschiedenfarbige „Werkstücke“. Die haben – anders als z. B. Münzen – eine glatte Oberfläche und sind deshalb für unseren Unterdruck-Greifer geeignet. Definiert also eine „korrekte“ Reihenfolge, z. B. so, dass nie ein dunkleres Werkstück auf einem helleren liegen darf, oder indem Du die Werkstücke einfach mit „1“, „2“ und „3“ beschriftest.

- a) In welcher Reihenfolge müssen Werkstücke von und nach wo transportiert werden, um die Aufgabe zu lösen?
- b) Könnte das auch mit einem der Größe nach sortierten Stapel mit 4, 5, ... Werkstücken gelingen?

Pneumatik

Lösungsblatt

Unterdruck-Ablegespiel

Lösungsbeispiel Konstruktionsaufgabe

Hier wird eine beispielhafte Konstruktion zur Lösung der Aufgabe vorgestellt. Diese Lösung sollte mit möglichst wenig und ausschließlich aktuellen fischertechnik-Bauteilen auskommen. Bitte Fotos ergänzen. Zum Lösungsvorschlag wird abschließend eine Designer-Datei erstellt und beigefügt (ggf. abschließend durch den Koordinator) und daraus eine Bauteilliste erzeugt (Anlage).

Lösungsbeispiel Thematische Aufgabe

Thematische Aufgabe 1:

- a) Bei einem elektrischen Antrieb müsste eine Endlagen-Abschaltung eingebaut werden (z. B. mit je einem Taster an jeder Endlage).
- b) Die Endlagen-Abschaltung ist beim Pneumatik-Zylinder nicht notwendig; sie ist sozusagen „eingebaut“: Der Zylinder hat ja natürliche Anschläge in beiden Endlagen. Auf den erhöhten Schaltungsaufwand und die Unterbringung von Endlagentastern kann also verzichtet werden. Der Vorteil ist die einfachere Konstruktion und der geringere Materialaufwand (sofern der Kompressor schon vorhanden ist).

Thematische Aufgabe 2:

- a) Ein Pneumatikzylinder kann ohne weitere Maßnahmen eine Mittelstellung nur ungefähr ansteuern.
- b) Eine Möglichkeit wären *Mehrstellungszylinder*, wie wir sie beim Modell „Scherenhubtisch“ kennenlernten. Man könnte also zwei Pneumatikzylinder hintereinander anbringen, sodass eine Mittelstellung reproduzierbar genau erreicht wird, wenn nur einer davon ausgefahren wird.

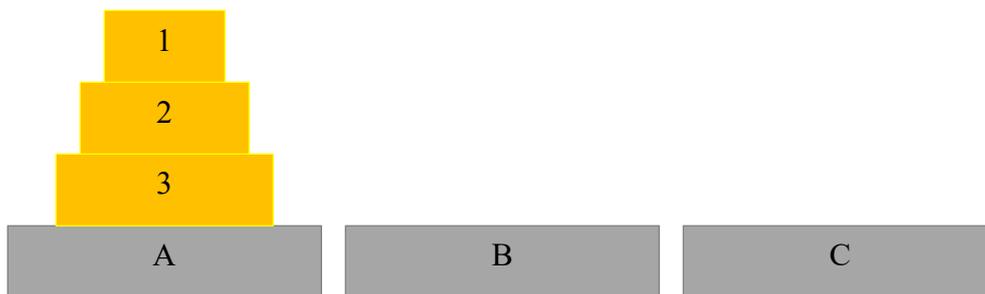
Auswertung Experimentieraufgabe

Experimentieraufgabe 1:

- a) Du kannst die Abluft des Zylinders für die Drehbewegung stärker drosseln. Dadurch verfährt er langsamer, und Du kannst die gewünschte Position genauer erreichen.
- b) Der Nachteil ist, dass die Bewegung dann insgesamt langsamer vor sich geht. Das kann in Produktionsmaschinen zu einem geringeren Durchsatz (etwa „bearbeitete Teile pro Zeit“) führen.

Experimentieraufgabe 2:

- a) Benennen wir die Ablageplätze mit A, B und C sowie die Werkstücke der Helligkeit nach sortiert mit 1, 2 und 3 (Du kannst die Werkstücke der Einfachheit halber auch mit einer Ziffer beschriften). Die Ausgangsposition sieht damit so aus:



Dann müssen die Scheiben wie folgt verlegt werden: 1 → C, 2 → B, 1 → B, 3 → C, 1 → A, 2 → C, 1 → C.

b) Tatsächlich geht das für *beliebig viele* Scheiben mit nur drei Ablageplätzen! Der Algorithmus zur Lösung kann so beschrieben werden:

1. Verlege den ganzen Stapel von Scheiben bis auf die unterste ins Zwischenlager.
2. Verlege die so frei gewordene „größte“ Scheibe ins Ziel.
3. Verlege den ganzen Stapel von Scheiben des Zwischenlagers ins Ziel (auf die dort liegende Scheibe drauf).

Solange der „ganze Stapel von Scheiben“ mehr als eine Scheibe umfasst, wende genau denselben Weg („rekursiv“) auf diesen an und verwende das im vorherigen Schritt geräumte Lager als Zwischenlager.

Für eine beliebige Anzahl n von Scheiben auf dem Stapel benötigt man insgesamt

$$2^n - 1$$

Schritte zur vollständigen Lösung der Aufgabe. Bei drei Scheiben benötigen wir also

$$2^3 - 1 = 8 - 1 = 7$$

sieben Schritte.

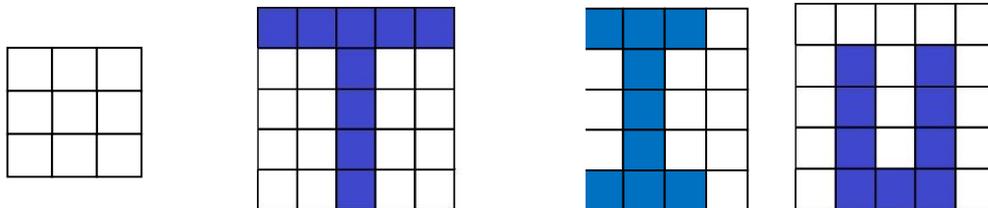
Das technische Experiment als Basis für Optimierungs- und Gestaltungsprozesse am Beispiel von Profilen für Tragkonstruktionen

Für ein Bauvorhaben (Tragkonstruktionen wie Brücke, Turm, Mast, Schwebebahn etc.) sind geeignete Profile zu entwickeln. Damit bei Belastungstests eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt ist, werden die Länge und der Querschnitt – und damit das Materialvolumen - vorgegeben.

Bei der Konstruktion der Profilform wird die Fläche des Profils z.B. über 9 Quadrate mit der Größe 5 x 5 mm definiert (225mm²) und die Länge der Profile mit 200mm festgelegt.

Anzahl der Quadrate:

Beispiele:



Zunächst sollen möglichst viele Profilformen (auf Papier!) entworfen werden, aus denen die nach Einschätzung der Schüler geeignetsten für Testreihen ausgewählt werden. Weitere Vorgaben (Höhe, Breite oder Montageaspekte) können die Auswahl einschränken.

Die Profile werden aus extrudiertem Polystyrolschaum gefertigt. Das Eigengewicht der Profile bei den o.g. Abmessungen liegt je nach Dichte des verwendeten Schaums (ca. 30 bis 45 kg/m³) zwischen 1,5 und 2 Gramm! Die Materialart und das geringe Gewicht lassen die Schüler schon grundsätzlich an der Tragfähigkeit zweifeln.

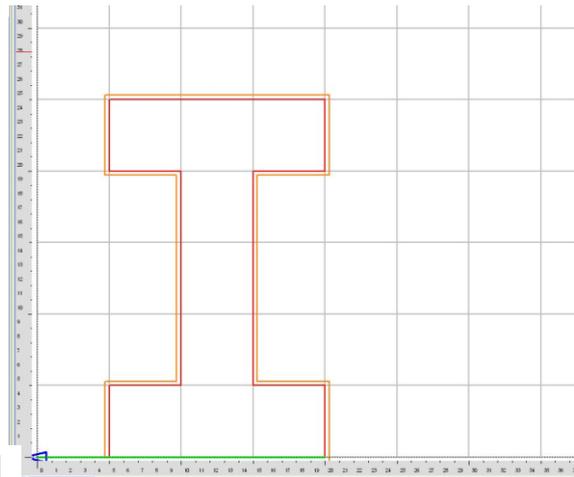


Bedienelemente der FiloCUT3

Die ausgewählten Profilformen können direkt mit der Schneidemaschine FiloCUT3 per Handsteuerung gefertigt werden. Dazu werden Verfahrenswegstrecken an der Maschine in x- und y-Richtung auf 5mm eingestellt und anschließend anhand der auf Papier vorliegenden Skizze per Richtungstasten

gefertigt. (Für diese Methode ist kein Computer erforderlich)

Bei Einbeziehung eines Computers lassen sich die Profile mit dem Programm FiloCAM mit Raster- und Fangeinstellung 5mm sehr schnell zeichnen. Damit die Profile mit der FiloCUT3-Maschine tatsächlich maßgetreu geschnitten werden, kann dazu auch das Bahnkorrekturverfahren eingesetzt werden. Das präzise Schneiden eines Profils mit der Maschine dauert weniger als eine Minute.



Profilbeispiele mit Auflageblöcken

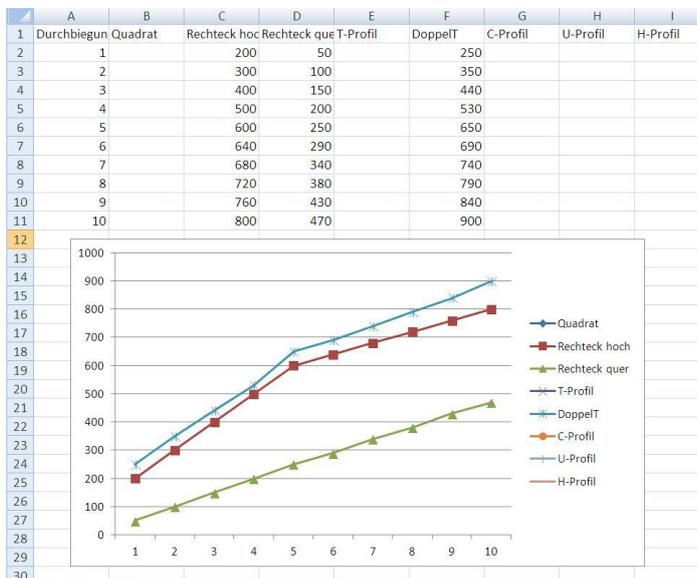
sondern nur als Auflagehilfe.

Da einige Profile aufgrund ihrer Form keine stabile Auflage haben, sollten „Auflageblöcke“ eine bessere Vergleichbarkeit ermöglichen. Diese enthalten die passgenaue Negativform der Profile, dienen aber hier nicht zum festen Einspannen der Profile,

Für die Testreihen können sehr unterschiedliche, ausstattungsabhängige Vorgehensweisen gewählt werden. In jedem Fall sollte das Prüfverfahren die Durchbiegung in mm und den zugeordneten Kraftaufwand Newton erfassen. Ein Druck-/Zug-Prüfgerät zur Ermittlung der Kräfte in Verbindung mit einer Meßuhr zur Anzeige der Durchbiegung ermöglicht die einfachste und präziseste Form der Meßwerterfassung. Notfalls kann auch der Umweg über variable Zuggewichte für die Ermittlung der Kräfte und ein Maßstab zum Ablesen der Durchbiegung genutzt werden.



Natürlich sind auch Prüfungen von fest eingespannten Profilen und Messungen von Stauchung und Streckung zur Erklärung des Materialverhaltens möglich.



Die Dokumentation kann einerseits herkömmlich in Tabellenform auf Papier erfolgen oder aber in Tabellenkalkulationsprogrammen wie Excel die Tabelleneinträge direkt grafisch dargestellt werden. In der abgebildeten Tabelle mit automatisch generierter grafischer Darstellung ist aus den 3 eingetragenen Profilauswertungen erkennbar, dass die unterschiedliche formabhängige Tragfähigkeit deutlich erkennbar wird.

Dass die „optimalen“ Profile dabei das 500-fache Ihres Eigengewichts tragen können erstaunt alle Beobachter. (Das Doppel-T-Profil trägt z.B. 1 kg!)

Da das Herstellungs- und Testverfahren mit geeigneten Mitteln sehr schnell erfolgen kann, können sich an die ersten Erkenntnisse zur Tragfähigkeit Optimierungs- und Gestaltungsversuche anschließen, um z.B. wettbewerbsmäßig ein Profil mit möglichst hoher Tragfähigkeit zu entwickeln oder über Änderung von Proportionen und Rundungen z.B. das Design zu optimieren. Insbesondere diese technischen Gestaltungsmöglichkeiten machen den besonderen pädagogischen Wert der dargestellten Vorgehensweise aus. Schüler erkunden in Experimenten nicht nur technischen Standard, sondern können eigene Lösungen entwickeln und überprüfen.

Erweiterungsmöglichkeiten:

Gießformen für Profile mit FiloCUT herstellen und mit Gips oder Feinbeton mit oder ohne Faserzusätze gießen und testen.

Anmerkung:

Versuche mit käuflichen Profilen (z.B. aus Aluminium) erfordern Prüfapparaturen nach Industriestandard, die in allgemeinbildenden Schulen nicht vorhanden sind und bieten zudem keine technischen Gestaltungsmöglichkeiten. Die weit verbreitete Arbeit mit Papierprofilen (Brückenwettbewerbe) sind als interessante Bastelarbeiten einzustufen, die aber keine fundierten Erkenntnisse zur Tragfähigkeit zulassen, da sie im Wesentlichen vom Geschick der Erbauer, dem verwendeten Papier und Klebstoff abhängig sind. Eine aussagefähige Messreihe kann damit jedenfalls nicht erstellt werden.

Von der Handarbeit zur vernetzten Produktion

Die folgende Projektskizze zeigt auf, in welchen Etappen und Einzelschritten Schülerinnen und Schüler den grundlegenden Wandel der Produktionstechniken handelnd (nicht nur handlungsorientiert) erfahren können. Die hiermit verbundenen Lernziele sind in fast allen Lehrplänen (Technik, AL, AWT, etc.) auffindbar und so bedeutsam, dass sich eine weitergehende Ableitung erübrigt.

Das Grundgerüst bilden vier Etappen:

1. **Handwerkliche Fertigung**
2. **Mehrfachfertigung**
3. **CNC Steuerung**
4. **CUT/CAM,**

die sich jeweils in drei Phasen gliedern:

- **ermitteln der Arbeitsweise und Arbeitsabläufe.**
- **planen und erproben der Arbeitsschritte.**
- **qualitative und quantitative Auswertungen.**

Als Einstieg eignet sich eine Rückblende auf historische Produktionsweisen mit Abbildungen, Beschreibungen etc., die ein Analysieren und Bewerten der Arbeitsverfahren ermöglichen. Daran lässt sich über das Sammeln, Auflisten und Zuordnen von Tätigkeiten die erste Etappe anschließen:

1. Handwerkliche Fertigung

Die Gliederung der Tätigkeiten in die Schritte:

- o entwerfen, planen und skizzieren bzw. zeichnen
- o übertragen von Maßen (Anrisslinien oder auch Umrissen) auf das Material
- o bearbeiten des Materials

bildet auch die Grundlage für die anschließenden Schülerarbeiten.

Als Ausgangsmaterial steht expandiertes Polystyrol (z.B. Styropor) oder extrudierter Polystyrolschaum zur Verfügung. Den Schülern sind diese Materialien i.d.R. als Dämmstoffe bereits bekannt. Die leichte „Verletzbarkeit“ des Materials ist nicht nur als Nachteil zu sehen, sondern führt i.d.R. zu sorgfältigem Umgang! Die Kenntnis der wesentlichen Materialeigenschaften und Herstellungs- und Bearbeitungsverfahren sind eine Voraussetzung für die folgenden Arbeiten.

Hier noch ein paar kurze Hinweise zum Material:

Expandiertes Polystyrol (EPS) ist für Versuche und einfache Modelle gut geeignet und zudem die preisgünstigste Lösung. Die Schneideigenschaften sind weniger zufriedenstellend. Es ist zwar eine hohe Schnittgeschwindigkeit erzielbar, die aber aufgrund der unregelmäßigen und groben Binnenstruktur nicht zu gleichmäßigen Schneidkanten führt.

Extrudiertes Polystyrol (XPS) Hartschaum-Dämmplatten (20 bis 120 mm Dicke) eignen sich aufgrund ihrer Feinporigkeit und hohen Dichte (bis 45 kg/m^3), sehr gut zur Herstellung präziser Modelle (auch 3D). Die Schneideigenschaften sind trotz flammhemmender Mittel als gut zu bezeichnen. Voraussetzung für Schnittbreiten von 0,2mm sind allerdings optimale Einstellungen.

Extrudiertes Polystyrol „Dämmtapeten“ (3 bis 8mm Dicke) eignen sich aufgrund der **relativ** hohen Bruchfestigkeit besonders gut für Steck- und Flugmodelle. Die Schneideigenschaften sind allerdings etwas eingeschränkt, da selbst bei optimalen Einstellungen keine Schnittbreite unter 0,5 mm erzielbar ist.

Natürlich müssen die folgenden Arbeitsaufträge aufgrund der Vorkenntnisse und Leistungsfähigkeit der Lerngruppe ausgewählt, vorgegeben oder erarbeitet werden. Z.B. Buchstaben, Ziffern, Logos, Würfelpuzzle, Bausteine, Steckmodelle etc. Vorüberlegungen zu Gestaltungsmöglichkeiten Materialstärke, zeichnerischen Darstellungsmöglichkeiten und Abmessungen sollten nicht zu kurz kommen.

Bei Buchstaben und Ziffern sind einerseits Absprachen zur Größe und Strichstärke erforderlich, andererseits bietet sich die Möglichkeit einer Aufteilung in der Lerngruppe nach Leistungsfähigkeit. Analog den o.g. Schritten der handwerklichen Fertigung zeichnen die Schüler die gewählten Gegenstände mit Bemaßung und übertragen die Umrisse auf das Material, wobei auf Material- und arbeitssparende Anordnung geachtet werden muss. Das Ausschneiden der Konturen mit der „Heißdrahtlaubsäge“ ist schnell erledigt. (evtl. Zeitnehmer mit Stoppuhr einsetzen.)



„Heißdrahtlaubsäge“ in Aktion

Es folgt die Dokumentation der Arbeitsschritte und des Zeitumfangs.

Bei der Auswertung der handwerklichen Fertigung werden die Arbeitsergebnisse und Arbeitsverfahrens überprüft (Kriterien z.B.: Maßhaltigkeit, saubere Schnitte, Arbeitsaufwand, Zeit) und die Ergebnisse festgehalten: z.B.: Maße sind nicht eingehalten und Schnitte nicht sauber. Trotz exakter Zeichnungsübertragung - verbunden mit entsprechend langer Arbeitszeit - sind die Ergebnisse unbefriedigend.

Es ergibt sich wie selbstverständlich die Frage nach den Ursachen: Selbst bei exakter Übertragung der Zeichnung ist das gleichmäßige Nachfahren der Linien von Hand nicht möglich. Hartschaum schmilzt ungleichmäßig. Insbesondere Richtungswechsel sind sehr schwierig. Auch geringere Schnittgeschwindigkeit durch reduzierten Heizstrom bringt nur geringe Verbesserungen.

Optimierungsvorschläge werden gesammelt: "Von Hand vielleicht nach sehr viel Übung zu verbessern, aber wahrscheinlich niemals perfekt herstellbar." "Mit Materialzugabe ausschneiden, um nachschleifen zu können." "Mit scharfem Messer ausschneiden." „Auf einem Tisch an Kanten entlang führen.“ „Buchstabenschablonen, die auf dem Hartschaum befestigt werden, um als Führung für den Schneiddraht zu dienen.“

Gemeinsam wird die durchschnittliche Dauer der einzelnen Arbeitsschritte ermittelt und in der Tabelle festgehalten:

Herstellungsverfahren	Arbeitsschritte	Herstellungsdauer für 1 Werkstück
Handwerkliche Fertigung	1. Entwurf und Zeichnung 2. Übertragen auf Material 3. Schneiden von Hand	5 Min 4 Min 3 Min ----- 12 Min

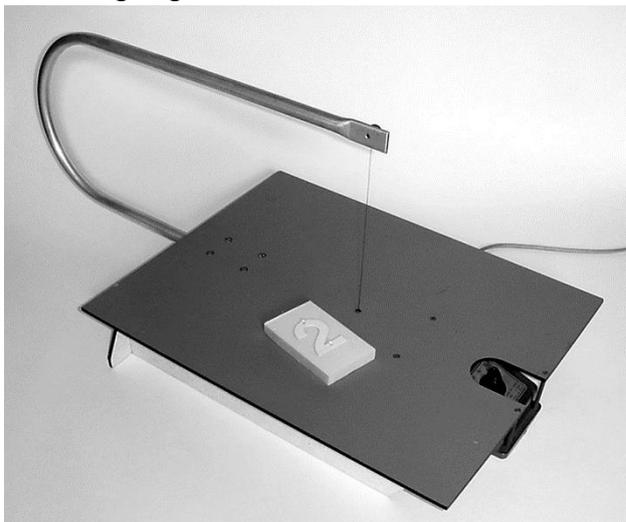
(Diese und alle weiteren Tabellen enthalten die gerundeten Ergebnisse einer Lerngruppe aus einem 8. Jahrgang. Abweichungen bei anderen Lerngruppen waren nach den bisherigen Erfahrungen immer in den für die Auswertung wichtigen Differenzen nutzbar.)

2. Mehrfachfertigung mit Schablonen

Die Vorschläge der Schüler werden zum Anlass genommen, eine Ablaufplanung für die Fertigung mit Schablonen zu erstellen:

- o entwerfen, planen, skizzieren bzw. zeichnen (wie bisher)
- o übertragen der Zeichnung auf das Schablonenmaterial.
- o herstellen der Schablone. (Ausschneiden)
- o befestigen der Schablone auf dem Material. (mit Nadeln)
- o ausschneiden der Formen mit Hitzedrahttisch.

Die Fertigung mit Hilfe von Schablonen wird in der vorstehenden Reihenfolge (ohne den ersten Arbeitsschritt) praktisch erprobt.



Bei der Auswertung des Herstellungsverfahrens mit Schablonen wird die Qualität der Arbeitsergebnisse überprüft. Wenn die Schablone exakt gearbeitet ist, sind die Ergebnisse bei langsamem und gleichmäßigem Vorschub wesentlich besser.

Es wird wiederum die durchschnittliche Dauer der einzelnen Arbeitsschritte ermittelt. Zeitunterschiede bei unterschiedlichen Werkstücken bieten den Anlass auch die Umrisslängen und die Schnittgeschwindigkeit zu berechnen. Überlegungen zur Mehrfachfertigung führen zur Ergänzung der Tabellen um die Berechnung der Fertigungsdauer für 100 Werkstücke.

Herstellungsverfahren	Arbeitsschritte	Fertigungsdauer für 1 Werkstück	Fertigungsdauer für 100 Werkstücke
Handwerkliche Fertigung	1. Entwurf und Zeichnung 2. Übertragen auf Material 3. Schneiden von Hand	5 Min	(1x) 5 Min
		4 Min	(100x) 400 Min
		3 Min	(100x) 300 Min
		-----	-----
		12 Min	705 Min
Industrielle Serienfertigung	1. Entwurf und Zeichnung 2. Übertragen auf Pappe 3. Herstellen der Schablone 4. Schneiden mit Schablone	5 Min	(1x) 5 Min
		4 Min	(1x) 4 Min
		4 Min	(1x) 4 Min
		2 Min	(100x) 200 Min
		-----	-----
15 Min	213 Min		

Gegenüber der 1. Fertigungsphase ist eine Mehrfachfertigung wesentlich schneller zu bewerkstelligen, da die Übertragung, Zeichnung auf das Material, nur einmal für die Schablone anfällt. Mit der Herstellung der Schablone ist ein neuer Arbeitsschritt hinzugekommen. Die Schablonen können nur für die vorher festgelegten Maße benutzt werden. Veränderungen der Schablone sind kaum möglich.

Die Schablone kann als fester Speicher der Werkstückform definiert werden.

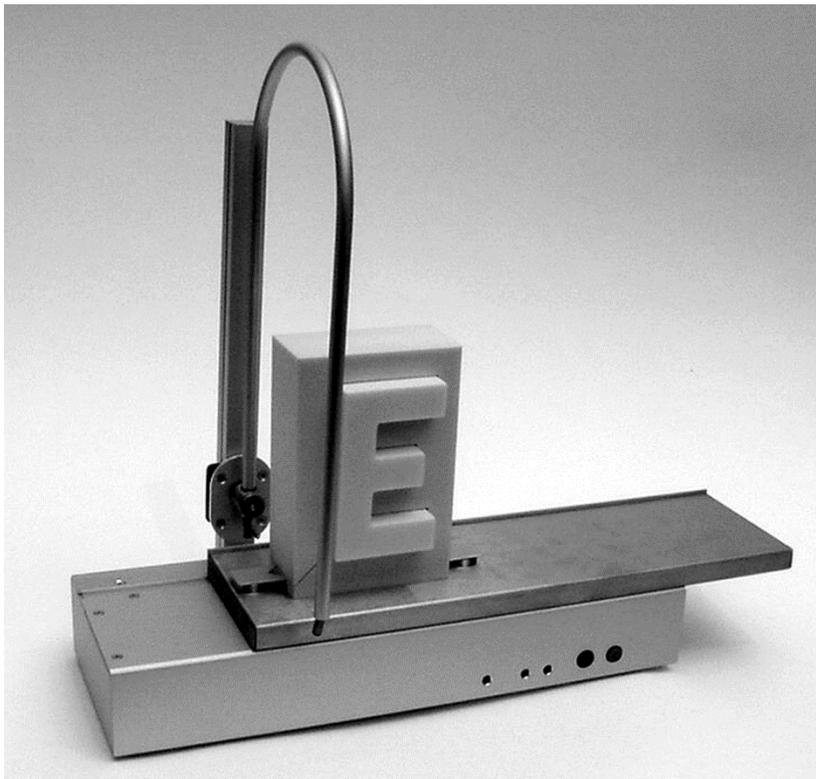
Nach Optimierungsvorschlägen, wie mehrere Materialsichten gleichzeitig zu schneiden, machen verschiedene Transferbeispiele die Parallelen zur industriellen Serienfertigung deutlich: z.B. Textilbahnenzuschnitt, Blechstanzen, Formpressen (Kostenaufwand nur bei sehr hohen Stückzahlen rentabel.) Arbeitsweisen von Kopierfräsen, -drehbänken, -drechselbänken etc. und Spritzgussformen.

Gegenüber der handwerklichen Fertigung haben sich umfangreiche Veränderungen der Tätigkeitsbereiche und Anforderungen ergeben. Eine Betriebserkundung unter technik- und berufskundlichem Aspekt ist einem Film oder Video vorzuziehen und bietet auch möglicherweise einen Übergang zur folgenden CNC-Fertigung.

3. CNC Steuerung

Die Erarbeitung der Schritte zur computergesteuerten Fertigung mit CNC – Maschinen geht von der Fragestellung aus, wie numerisch gesteuerte Fräsen oder Drehbänke arbeiten. Die daraufhin erstellte Liste der Arbeitsschritte ist umfangreicher als in den vorhergehenden Etappen:

- **entwerfen, planen, skizzieren**
- **zeichnen herkömmlich**
- **Ausgangsmaterial und Werkzeug festlegen**
- **Steuerungsablauf erstellen**
- **Steuerungsdaten eingeben**
- **Programmablauf überprüfen (simulieren)**
- **Maschineneinstellungen überprüfen**
- **Material und Werkzeug einrichten**
- **Fertigungsablauf überwachen**

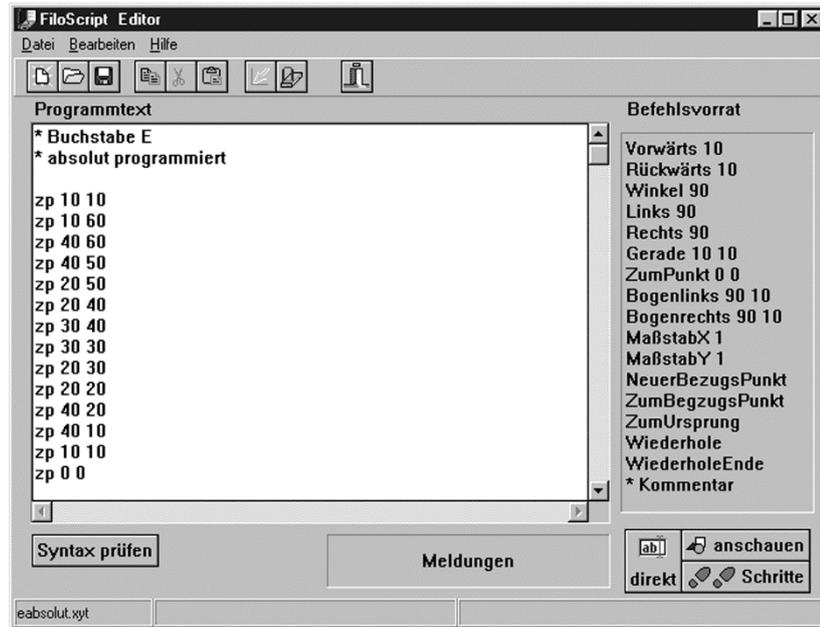


Die Vorstellung der Schneidemaschine FiloCUT als CNC-Maschine, die das gewählte Material bearbeiten kann, beschränkt sich auf die grundlegenden Bewegungs- und Positionierungsmöglichkeiten für Werkzeug (Draht) und Material. Wichtig ist dabei die Erkenntnis, dass jeder Punkt im Arbeitsbereich der Maschine wie in einem Koordinatensystem eindeutig bestimmbar sein muss.

Die Seitenzeichnungen des Gegenstandes werden - z.B. mit Hilfe der Schablonen - in ein Koordinatensystem übertragen. Bei mehreren Teilen wird die Lage durch Experimentelles Anordnen der Schablonen materialsparend optimiert.

Die Schnittfolge wird möglichst wegsparend im Uhrzeigersinn (damit das Material möglichst lange eingespannt bleibt) festgelegt und die Koordinatenwerte in dieser Reihenfolge aufgelistet. (Tipp: Zeichnen nach Zahlen)

Mit Eingabe der Koordinatenwerte im Programm FiloScript wird eine Steuerungsdatei erstellt (je nach Vorbereitung absolut (ZP) oder relativ (GE) und der Programmablauf am Bildschirm überprüft und ggf. korrigiert.



Nach Überprüfung der Einstellungen und Anpassungen von Computer(-Programm) und Schneidemaschine (Maßstab, Geschwindigkeit usw.) kann das Material auf dem Arbeitstisch positioniert und die Fertigung gestartet werden.

Die Faszination dieser ersten automatischen Fertigung eines selbst programmierten Gegenstandes erfordert üblicherweise eine Erinnerung an die Protokollierung der Herstellungszeit.

Die **Auswertung der „CNC-Fertigung“** weist in jedem Fall einen Qualitätssprung auf. Bei korrekter Anpassung erreichen die ausgeschnittenen Werkstücke eine Präzision, die keinesfalls von Hand - auch mit Schablonen - nicht erzielbar ist.

Herstellungsverfahren	Arbeitsschritte	Fertigungsdauer für 1 Werkstück	Fertigungsdauer für 100 Werkstücke
Computer unterstützte Fertigung (CNC)	1. Entwurf und Zeichnung	5 Min	(1x) 5 Min
	2. Übertragen in Koordinatensystem	5 Min	(1x) 5 Min
	3. Eingabe in Computer	5 Min	(1x) 5 Min
	4. Computergesteuertes Schneiden	1 Min	(100x) 100 Min
		----- 16 Min	----- 115 Min

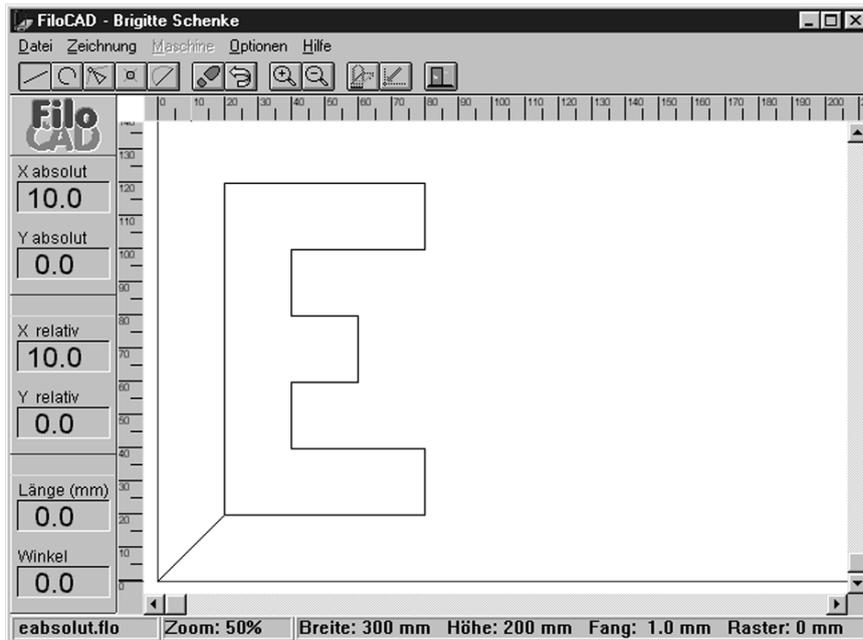
Die Mehrfachfertigung ist nochmals schneller und zudem materialsparender geworden. Gegenüber der Fertigung mit Schablonen ist also eine weitere Produktivitätssteigerung erreicht worden. Die eingegebenen Werte lassen sich korrigieren und Werkstücke leicht verändern.

Im Steuerungsprogramm ist die Werkstückform flexibel gespeichert, d.h. sie ist leicht veränderbar.

4. CAD/CAM

Bei der **CAD/CAM Fertigung** ist die Zahl der Arbeitsschritte wieder geringer:

- o entwerfen, planen, skizzieren
- o zeichnen am Bildschirm mit Eingabe der Materialdaten (Steuerprogramm wird automatisch erstellt)
- o Programmablauf überprüfen (simulieren) und an Maschine ausgeben.



Im Programm FiloCAM können die bisher von den Schülern als „CNC-Steuerungsdatei“ entwickelten Werkstücke importiert werden und dann auch als Zeichnung weiter bearbeitet werden.

Wenn keine neuen Werkstücke gezeichnet werden sollen, bietet sich mit diesem Verfahren die Optimierung der bisherigen Werkstückformen am Bildschirm an.

Nach dem Einrichten des Materials wird die Fertigung „auf Knopfdruck“ gestartet und überwacht. Die Auswertung der CUT/CAM Fertigung ergibt bezüglich der Qualität keine weitere Verbesserung. Entscheidend ist der Unterschied in den Tätigkeitsbereichen und Qualifikationsanforderungen durch den Wegfall der CNC-Programmierung. Die Dauer der Arbeitsschritte wird wieder in der Tabelle festgehalten:

Herstellungsverfahren	Arbeitsschritte	Fertigungsdauer für 1 Werkstück	Fertigungsdauer für 100 Werkstücke
Computer unterstützte Fertigung (CUT/CAM)	1. Zeichnung im Computer 2. Computergesteuertes Schneiden	5 Min	(1x) 5 Min
		1 Min	(100x) 100 Min
		----- 6 Min	----- 105 Min

Diese Auswertung ergibt sowohl für die Einzelfertigung als auch für die Mehrfachfertigung den geringsten Zeitaufwand.

5. Vernetzte Produktion

Die rasante Entwicklung der Kommunikationstechnologien hat im Produktionsbereich Wirkungen, die im Unterricht kaum vermittelt werden können. Ausgehend von der jeweiligen Ausstattungssituation sollte auch der Informationsaustausch praktiziert und reflektiert werden:

Bei **Einzelplatzrechnern** werden Dateien an den „Entwicklungsstationen“ auf Disketten kopiert und zu den „Produktionsstationen“ gebracht.

- a) Teilung des Betriebes in Entwicklungs- und Produktionsabteilungen herkömmlicher Art.
- b) Kunden liefern bereits „produktionsfertige Daten“ ihrer Aufträge (z.B. seit langem üblich bei Platinenherstellung)

Bei *Interner Vernetzung* können die Dateien über das Netz von den „Entwicklungsstationen“ direkt an die „Produktionsstationen“ zur Ausführung weitergeleitet oder allen Stationen zur Weiterentwicklung, bzw. Überarbeitung zur Verfügung gestellt werden. (Arbeitsteilige Entwicklungsarbeiten werden erleichtert und beschleunigt)

Die *Externe Vernetzung* bietet die Möglichkeit zur Verbindung von CUT/CAM-Projekten verschiedener Schulen. Hierzu bietet sich insbesondere das Programm FiloCAM aufgrund der Konvertierungsmöglichkeiten und der Ansteuerung verschiedener Schneidemaschinen an. Weltweiter Online-Austausch von Informationen und damit auch Produktionsdaten ermöglicht die direkte Zusammenarbeit von Entwicklungsgruppen in den „Industrieländern“ mit den Produktionsbereichen in den „Märkten“.

6. Zusammengefasste Auswertung

Die **Weiterentwicklung der Produktionsverfahren** ist verbunden mit

- Aufteilung der Arbeit in verschiedene (neue) Arbeitsschritte (von Handfertigung zur Mehrfachfertigung mit Schablonen)
- Grundlegende Änderung der Arbeitsinhalte (von der Mehrfachfertigung mit Schablonen zur CNC-Fertigung)
- Zusammenführung von Arbeitsteilung (von der CNC-Fertigung zu CAD/CAM)
- Qualitätszuwachs der Produkte

Ihren eigenen **Produktivitätszuwachs** mit Hilfe der neuen Technologien können die Schüler anhand der Zeitdokumentation in der folgenden tabellarischen Übersicht erkennen. Damit unmittelbar verbunden ist die Erkenntnis über den Rationalisierungseffekt und die quantitativen Veränderungen im Arbeitsmarkt (Produktionsbereich).

Herstellungsverfahren	Arbeitsschritte	Fertigungsdauer für 1 Werkstück	Fertigungsdauer für 100 Werkstücke
Handwerkliche Fertigung	1. Entwurf und Zeichnung 2. Übertragen auf Material 3. Schneiden von Hand	5 Min 4 Min 3 Min ----- 12 Min	(1x) 5 Min (100x) 400 Min (100x) 300 Min ----- 705 Min
Industrielle Serienfertigung	1. Entwurf und Zeichnung 2. Übertragen auf Pappe 3. Herstellen der Schablone 4. Schneiden mit Schablone	5 Min 4 Min 4 Min 2 Min ----- 15 Min	(1x) 5 Min (1x) 4 Min (1x) 4 Min (100x) 200 Min ----- 213 Min
Computer unterstützte Fertigung (CNC)	1. Entwurf und Zeichnung 2. Übertragen in Koordinatensystem 3. Eingabe in Computer 4. Computergesteuertes Schneiden	5 Min 5 Min 5 Min 1 Min ----- 16 Min	(1x) 5 Min (1x) 5 Min (1x) 5 Min (100x) 100 Min ----- 115 Min
Computer unterstützte Fertigung (CUT/CAM)	1. Entwurf / Zeichnung im Computer 2. Computergesteuertes Schneiden	5 Min 1 Min ----- 6 Min	(1x) 5 Min (100x) 100 Min ----- 105 Min

Die Auflistung der verschiedenen Tätigkeitsbereiche, gekoppelt mit Berufsbereichen macht einerseits den Wegfall ganzer Berufsgruppen, erhebliche Qualifikationsveränderungen in anderen Berufsgruppen sowie die Entstehung neuer Berufe deutlich. (Video: "Fabrik ohne Menschen")

Die **Produktorientierung** erlaubt darüber hinaus auch Erweiterungs- und Auswertungsmöglichkeiten in Richtung betriebswirtschaftlicher Aspekte: Investitionsaspekt, Kalkulation, Vertrieb etc.

Der weltweite Austausch von Dateien z.B. über das Internet macht die neue Flexibilität der Produktion und die Konsequenzen für den Faktor Arbeit deutlich.

Der Wechsel zwischen Spaß (an der Arbeit) und Nachdenklichkeit (bezüglich der Perspektiven) in einem für Schüler überschaubarem Zeitraum (10 bis 12 Wochen á 2 Stunden) zeigt auch die zeitökonomischen Vorteile der Arbeit mit EPS und XPS, die in den Schulen noch viel zu wenig praktiziert wird. Deshalb noch einige weitere Anregungen:

7. Erweiterungsmöglichkeiten

Technische Experimente:

- Unterschiedliche **Profile** können mit gleichbleibender Qualität hergestellt, verändert und in Belastungsversuchen verglichen werden.
- Unterschiedliche **Tragflächenquerschnitte** sind schnell hergestellt und können im Windkanal auf Strömungsverhalten untersucht werden.

Technisches Zeichnen:

- Aus Theorie wird Praxis: Seitenansichten werden in wenigen Minuten zu einem realen Gegenstand. (z.B. einfache Bauwerke)

Weitere Anregungen:

Technische Steck(bare)-Systeme entwickeln, Wohnlandschafts- Modelle, Verpackung, Modellguss, Kühl- und Warmhalte- Behältnisse.

Die **Programme** FiloCAM und FiloScript bieten vielfältige Möglichkeiten der Anpassung an die unterrichtlichen Anforderungen.

Eine Sammlung von Steuerprogrammen kann als Bibliothek genutzt werden, aus der jedes vorhandene Werkstück aufgerufen und verändert werden kann. Darüber hinaus können Steuerprogramme als Teilprogramme beliebig zusammengeführt werden. (Anwendungsbeispiel: Buchstabenbibliothek)

Steuerprogramme können auch mit Tabellenkalkulationen errechnet werden.

Bilddateien (BMP) können bei FiloCAM eingeladen und nachgezeichnet werden. (Tipp: vorher schwarz in grün oder grau umwandeln, damit die „Nachzeichnung“ immer sichtbar bleibt.)

Die mittlerweile auch im professionellen Bereich eingesetzte **Schneidemaschine** FiloCUT ist eine kompakte, schnelle und präzise Produktionsmaschine, die durch einfache Bedienung und vielfältige Schneidemöglichkeiten technische Kreativität herausfordert.

Durch Schwenken der Vertikaleinheit (y-Achse) können ohne Veränderung des Steuerprogramms geometrische Figuren transponiert werden. (Anwendungsbeispiel: aus Standardschrift wird Kursivschrift.)

Durch Voreinstellung der Schnittachse (Z-Achse) in beliebige Winkel gegenüber x- und y-Achse lassen sich vielfältige räumliche Effekte erzielen.

Mit einem Drehtischzusatz lassen sich leichter Schnitte an 3-D-Teilen in vorgewählten Winkeln realisieren.

Mit einem Kegelschnittzusatz (mehr für den professionellen Bereich) lassen sich nicht nur Kegelschnitte sondern auch gleichmäßig verjüngende Profile beliebiger Art erstellen.