

Mechanik Starter Kit

fischertechnik Lernbaukasten
Begleitheft



Inhalt

Übersicht über das vorliegende Heft

Das vorliegende Heft stellt verschiedene Sätze fotokopierbarer Unterrichtsmaterialien für den Einsatz mit dem Lernbaukasten – "Mechanik Starter Kit" zur Verfügung.

Jeder Satz enthält eine strukturierte Abfolge von Lektionen einschließlich Hausaufgaben. Durch das Format der fotokopierbaren Arbeitsblätter und durch die Tatsache, dass jedes Blatt ein spezielles Thema behandelt, ist eine beträchtliche Flexibilität bei der Anwendung gegeben.

Der Lehransatz wendet sich an Schüler, die mit dem Baukasten einfache Modelle bauen und untersuchen und damit technische Konzepte lernen und in die Lage versetzt werden, entsprechende Systeme im Rahmen eigener Aufgaben zu konstruieren, auszuwählen und herzustellen. Hausaufgaben sollen das vertiefen, was die Schüler in den Lektionen gelernt haben und sie sollen den Schülern helfen, dies in neuen Kontexten anzuwenden.

In den Anmerkungen für Lehrer sind Einzelheiten bezüglich der Lehrziele jeder Lektion sowie nützliche Anmerkungen und Lösungsvorschläge für Fragen zu finden, die in den Arbeitsblättern gestellt werden. Sie enthalten ebenfalls eine Einführung in das Konstruktionssystem von fischertechnik.

Das "Mechanik Starter Kit" wird durch die Verwendung des Baukastens "Elektrik Starter Kit" ideal ergänzt.

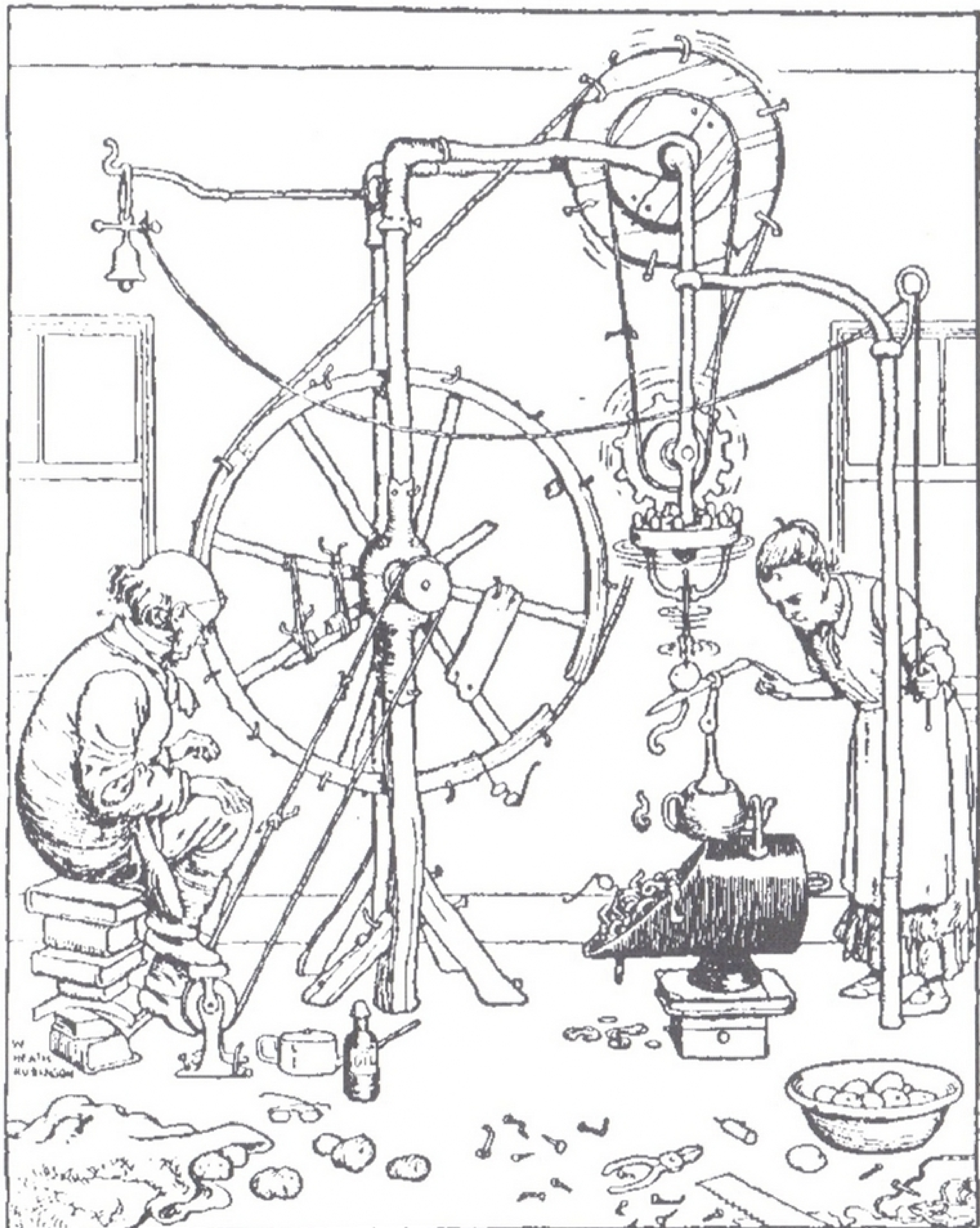
Inhalt

Mechanismen	3
Hausaufgabe zu "Mechanismen"1	13
Gelenke	19
Hausaufgabe zu "Mechanismen"2	21
Hin- und Herbewegungen	23
Hausaufgabe zu "Mechanismen"3	29
Drehbewegung übertragen	31
Getriebe	35
"Konstruktion eines Mechanismus"	
Aufgabe 1	37
"Konstruktion eines Mechanismus"	
Aufgabe 2	38
Hebel	42
Hausaufgabe zu "Hebel"	50
Zahnräder	52
Hausaufgabe zu "Übersetzungs- und Riemenscheibenverhältnis"	58
Drehmoment und Seilwinde	60
Motorisierte Seilwinde	64
Anmerkung für Lehrer	66

Mechanismen

Ein **Mechanismus** ist eine Vorrichtung, die eine **Bewegung überträgt**, so dass die **Ausgangsbewegung** an einer anderen Stelle stattfindet als die **Eingangsbewegung**.

Schaut euch dieses Bild von Heath Robinsons Kartoffelschälmaschine an. Die Frau liefert die Eingabe in einen Mechanismus. Wo ist die Ausgabe? Der Mann liefert die Eingabe zu einer Reihe von Mechanismen. Wo ist die Ausgabe?



© The estate of Mrs J. C. Robinson

Mechanismen können auch die **Richtung** und die **Geschwindigkeit** einer **Bewegung ändern**. Sie können **eine Art von Bewegung in eine andere Art von Bewegung umwandeln**.

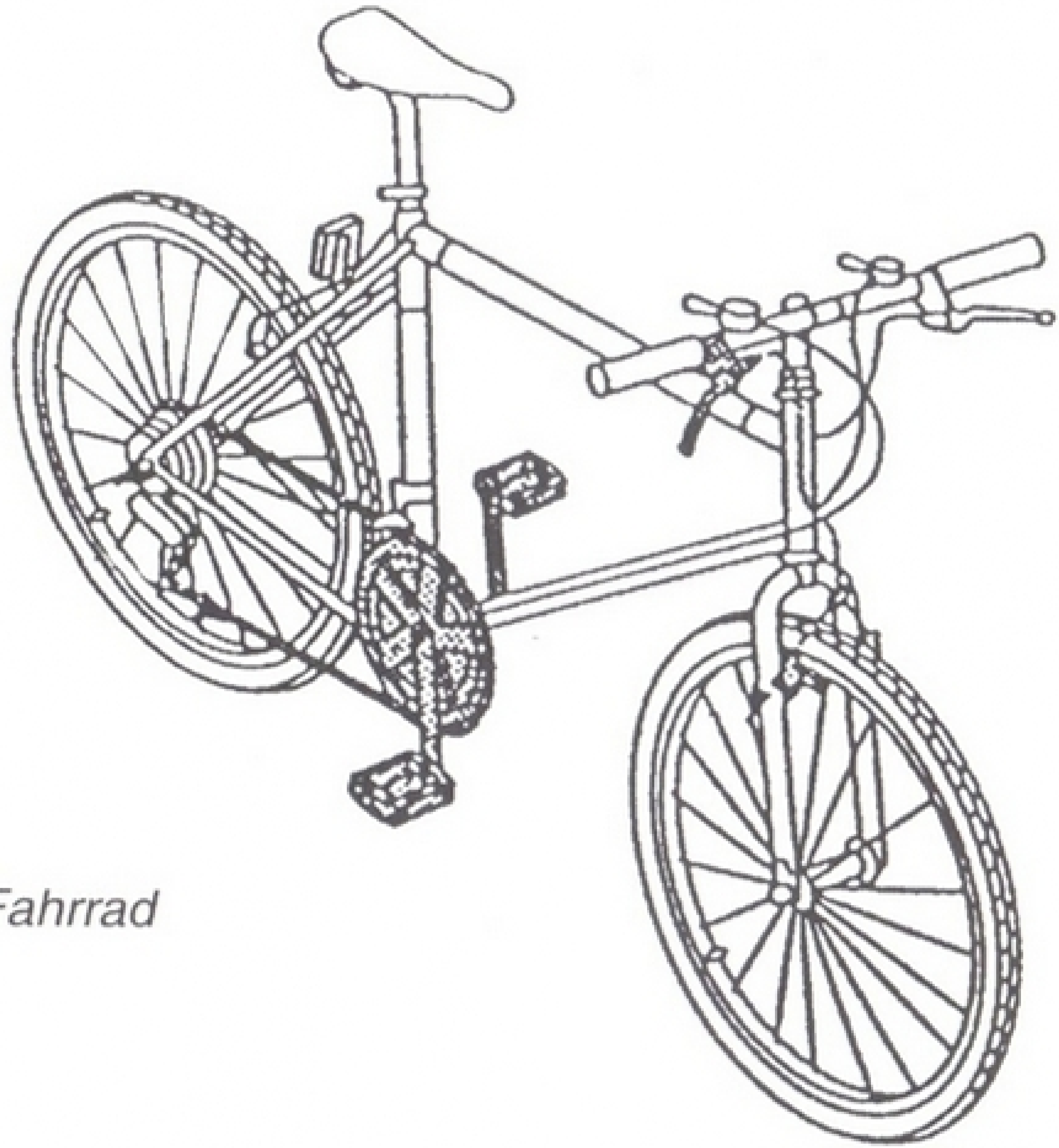
Sie können die **Kraft** und das **Drehmoment ändern**. Eine Kraft wirkt in einer

geraden Linie ein. Bei einem Drehmoment handelt es sich um einen drehenden Effekt.

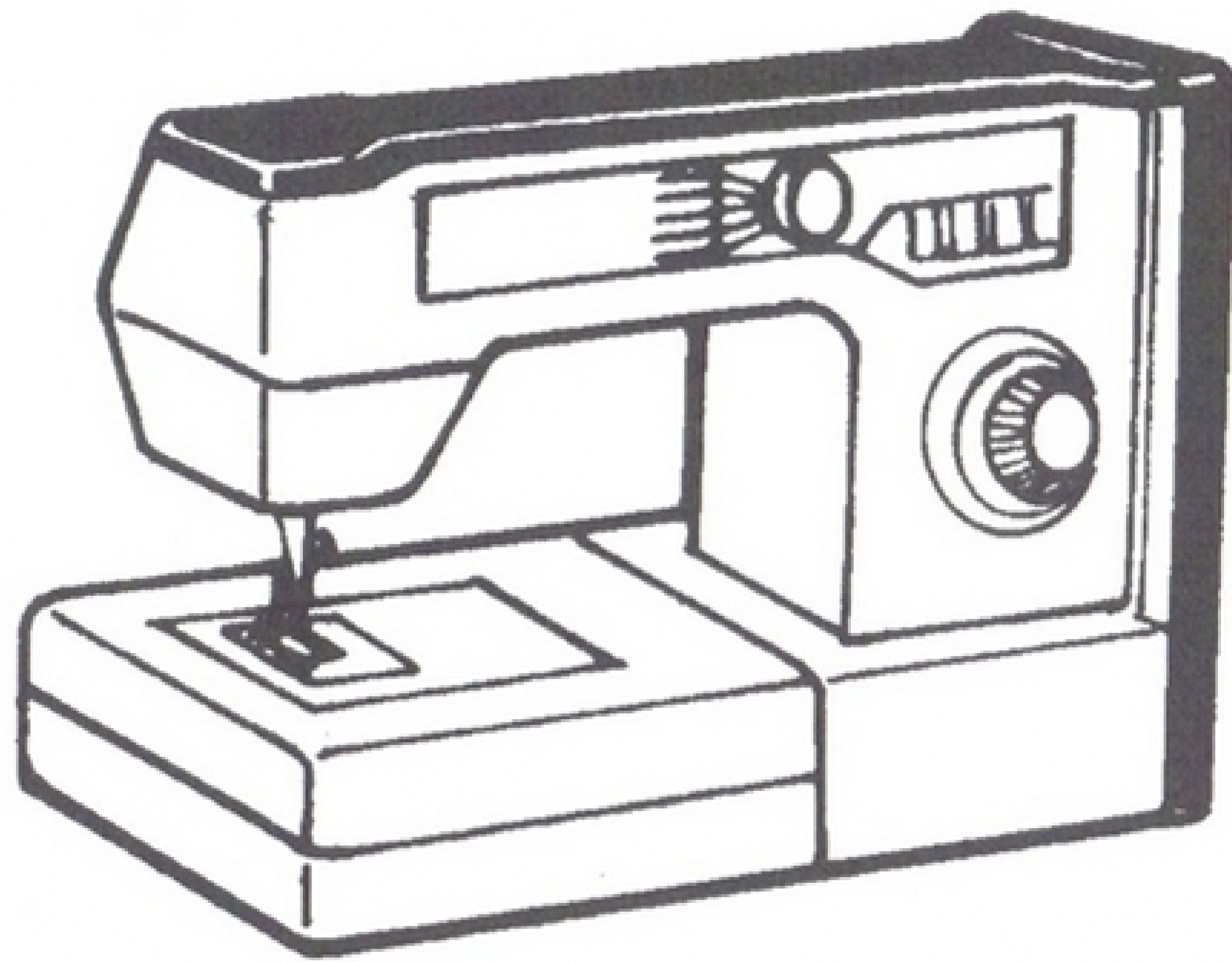
Schaut euch das Bild nochmals an. Wird die Bewegung auf irgendeinem dieser Wege geändert?

Mechanismen beobachten

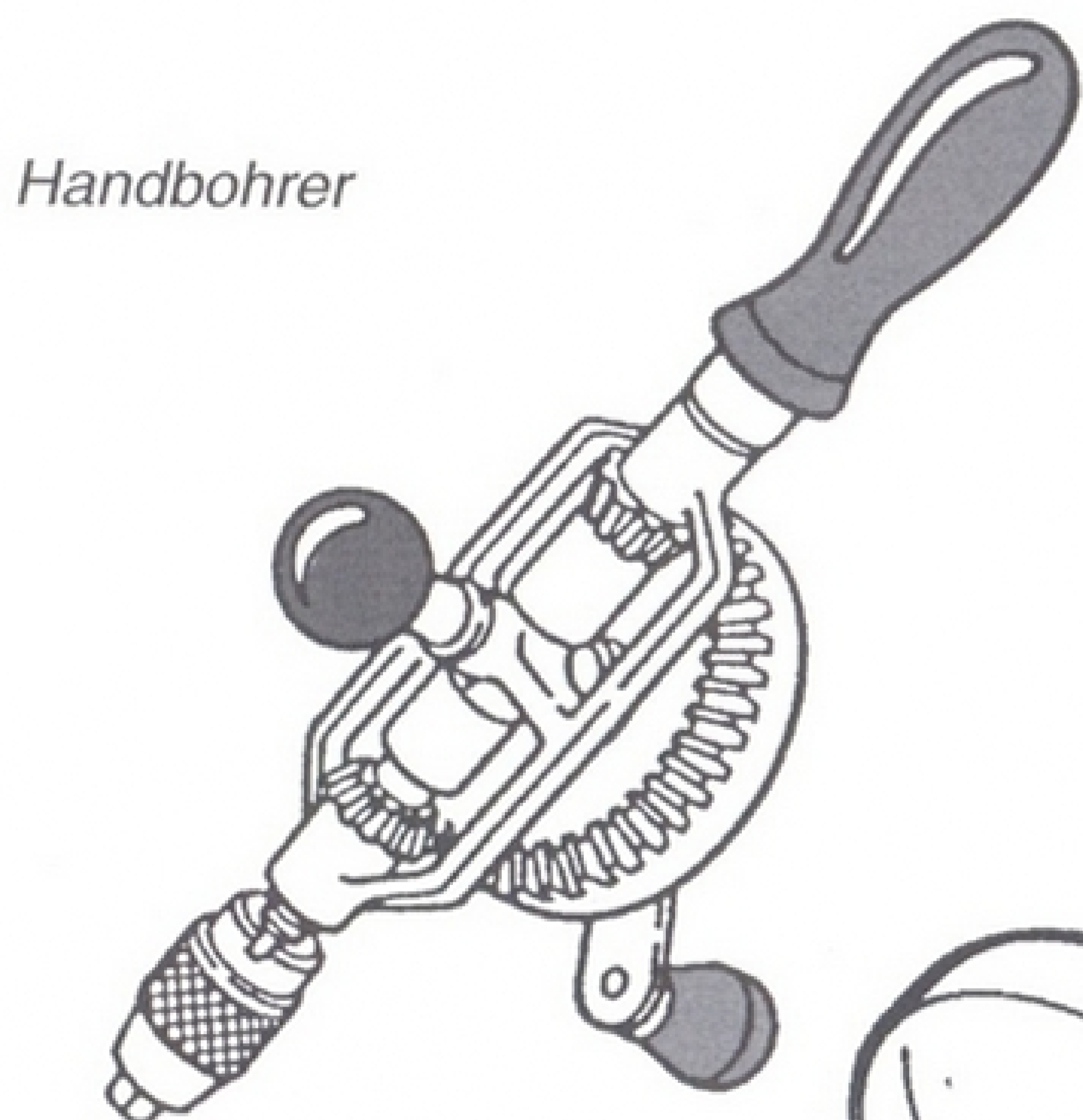
Wie sieht die Eingabe und wie die Ausgabe bei den auf diesen Bildern gezeigten Mechanismen aus? Wie wird die Bewegung geändert?



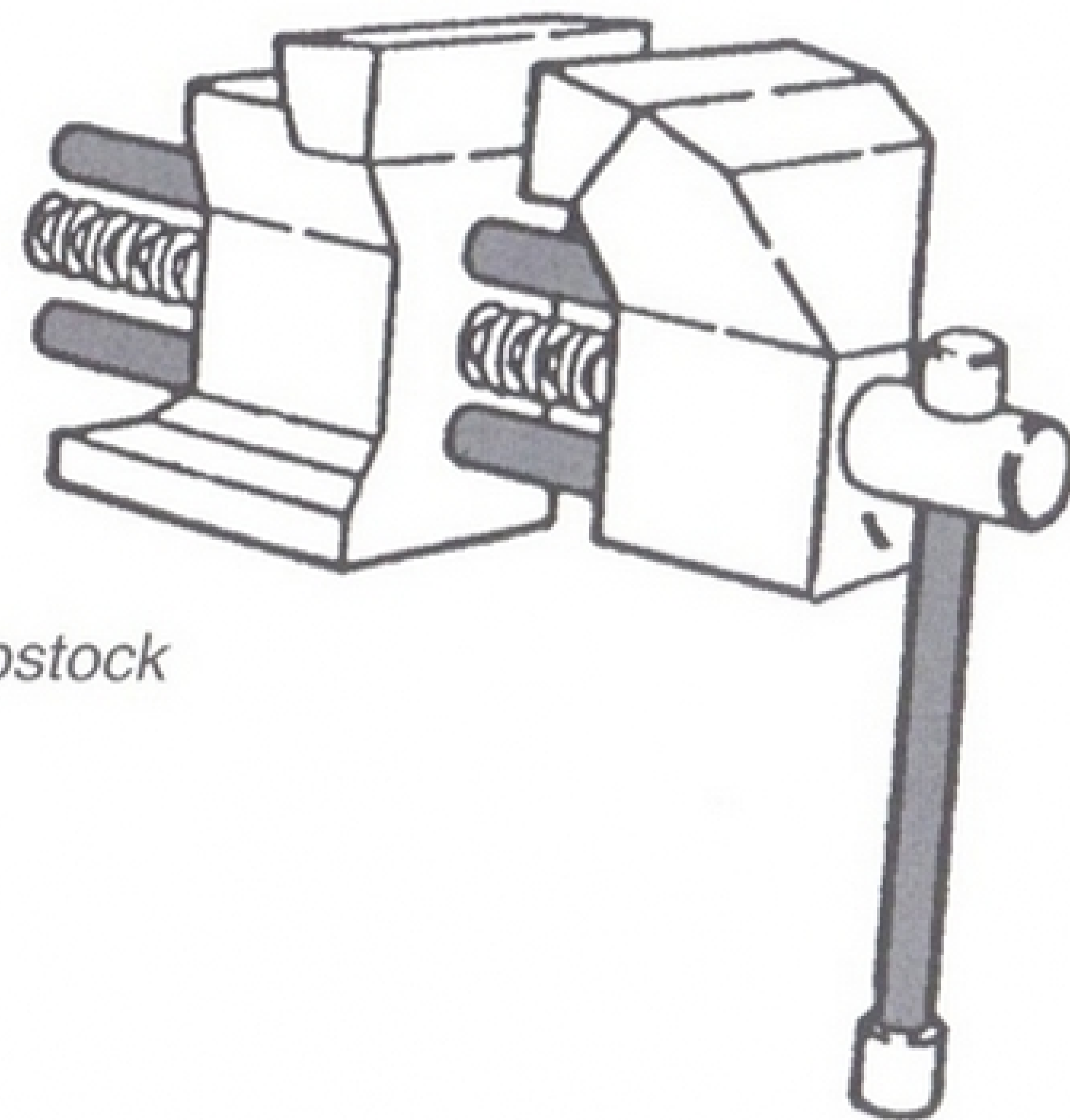
Fahrrad



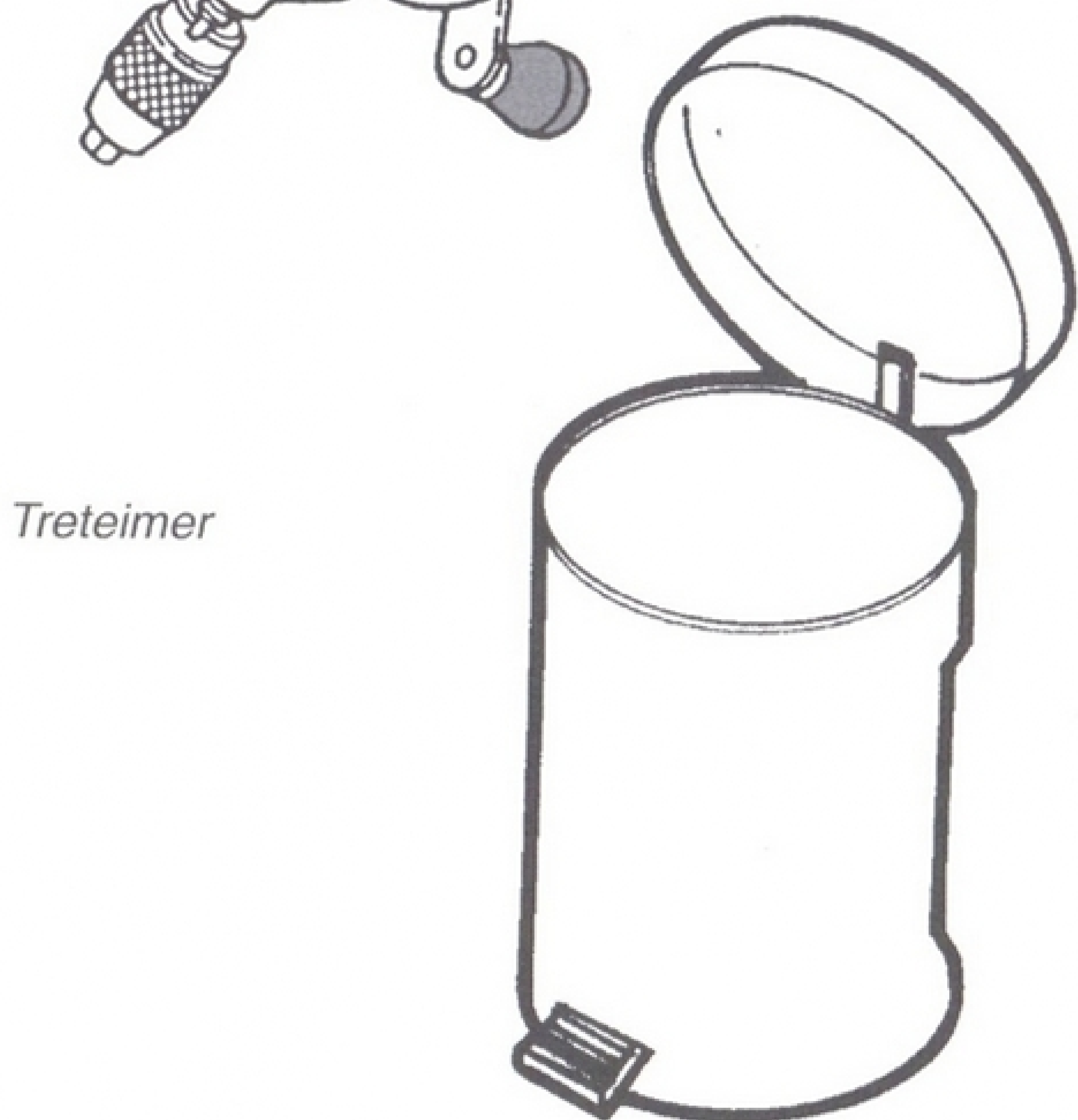
Elektrische Nähmaschine



Handbohrer



Schraubstock



Treteimer



Schneebeesen

Eine Drehbewegung übertragen: 1

Situation

Eine seltene griechische Vase wird in einem Schaukasten aufbewahrt, der auf der Vorderseite mit einer Glasscheibe versehen und aus Sicherheitsgründen in die Wand eingelassen ist. Künstler und Schüler kommen aus der ganzen Welt um sich die Vase anzusehen, aber das Problem besteht darin, dass man nur die Vorderseite der Vase sehen kann.

Eine Lösung wäre, die Vase auf eine Drehscheibe zu stellen, die die Besucher mit einem Griff außerhalb des Schaukastens drehen können.



Problemstellung

Die Techniker des Museums müssen ein mechanisches System konstruieren und herstellen, um die **Drehbewegung** vom Griff (Eingabe) zur Drehscheibe (Ausgabe) zu übertragen.

Drehbewegung

Das Symbol für eine Drehbewegung sieht folgendermaßen aus:



Der Mechanismus, den die Techniker verwenden, muss die Richtung der Bewegung ändern, wie in Abb. 1 zu sehen ist.

Wenn sie mögliche Mechanismen untersuchen, müssen sie die folgenden Punkte berücksichtigen:

- Die Vase muss sich auf eine sehr langsame, kontrollierte Weise drehen, so dass sie nicht wackelt oder umfällt.
- Die Vase ist schwer. Es ist eine beträchtliche Kraftanstrengung erforderlich um sie zu drehen.
- Der Griff muss sich in einer bequem erreichbaren Position befinden, damit die Besucher die Vase anschauen können, während sie sie drehen.

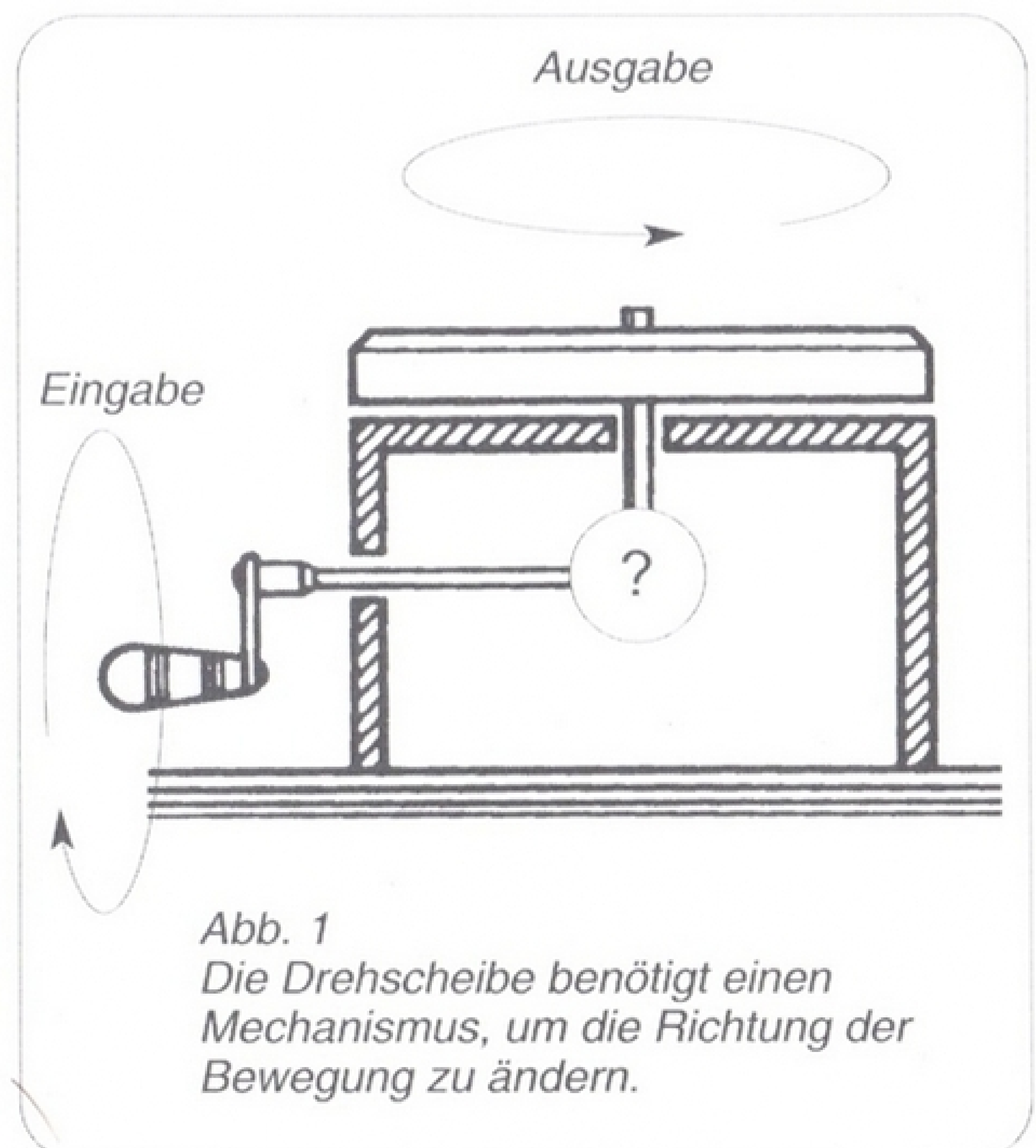


Abb. 1
Die Drehscheibe benötigt einen Mechanismus, um die Richtung der Bewegung zu ändern.



Vorschlag für die Konstruktion einer Drehscheibe

Eine Drehbewegung übertragen: 2

1) Baut das **Schneckenradgetriebe** sowie die **Zahnkranz-** und **Ritzel-**Modelle auf einer Grundplatte auf. Baut die **Kardangelenk-** und **Kegelradgetriebe-**Modelle auf der anderen Grundplatte. Die Eingabe jedes dieser Mechanismen ist der Griff. Dreht jeweils am Griff jedes der Modelle und schaut, wo die Ausgabe geschieht.

Jeder Mechanismus überträgt eine Drehbewegung um eine Ecke. Die Ecke kann in jeder Richtung liegen. Probiert die Mechanismen aus, wenn die Grundplatte auf die Kante und auf die Kopfseite gelegt ist.

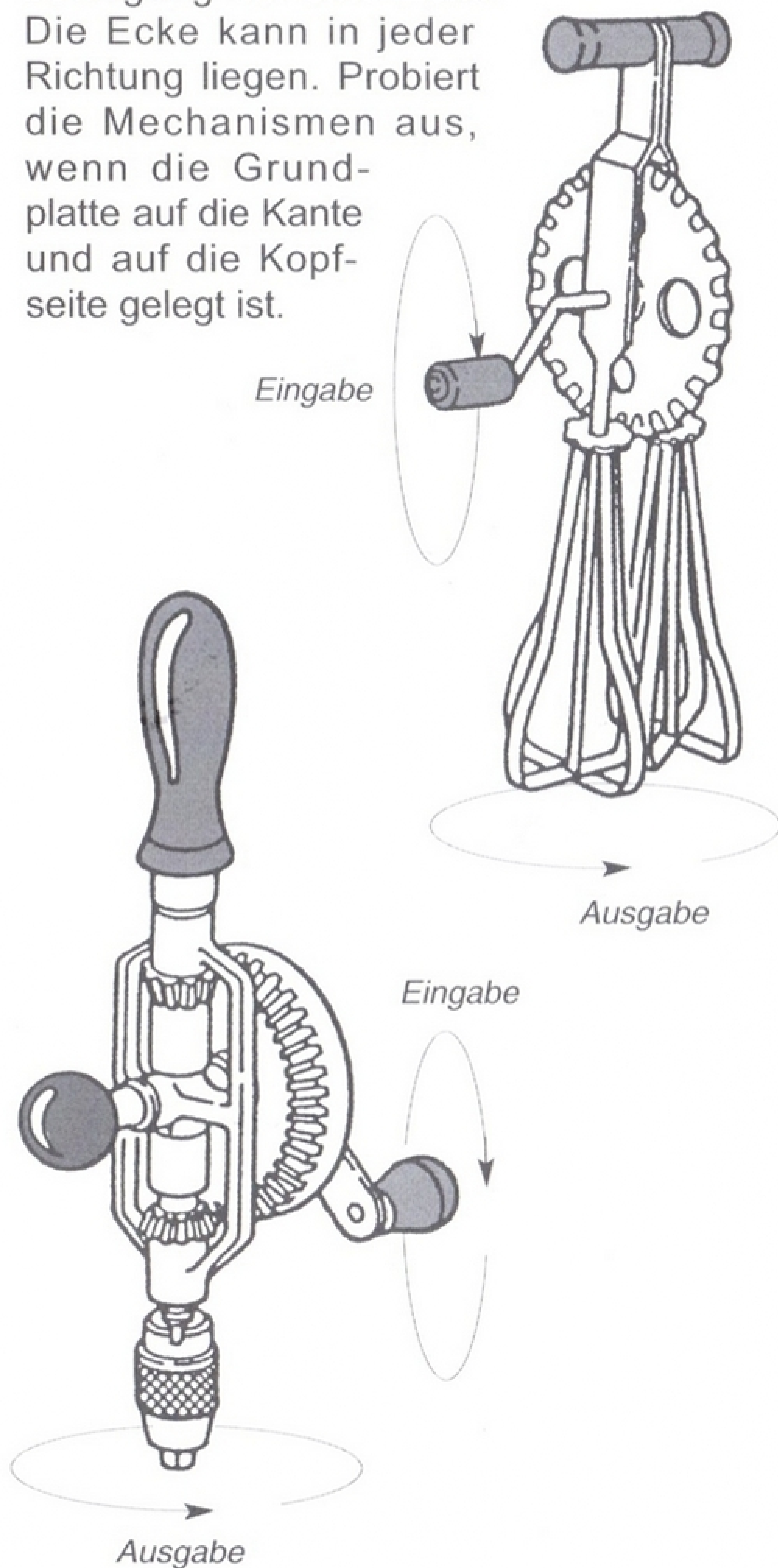


Abb. 1

Sowohl der Handbohrer als auch der Schneebesen enthalten Mechanismen, um eine Drehbewegung um eine Ecke zu übertragen.

2) Bei drei der Mechanismen liegt die Ausgabe in einem Winkel von 90° zur Eingabe (siehe Abb. 2). Beim vierten Mechanismus ist dies nicht der Fall.

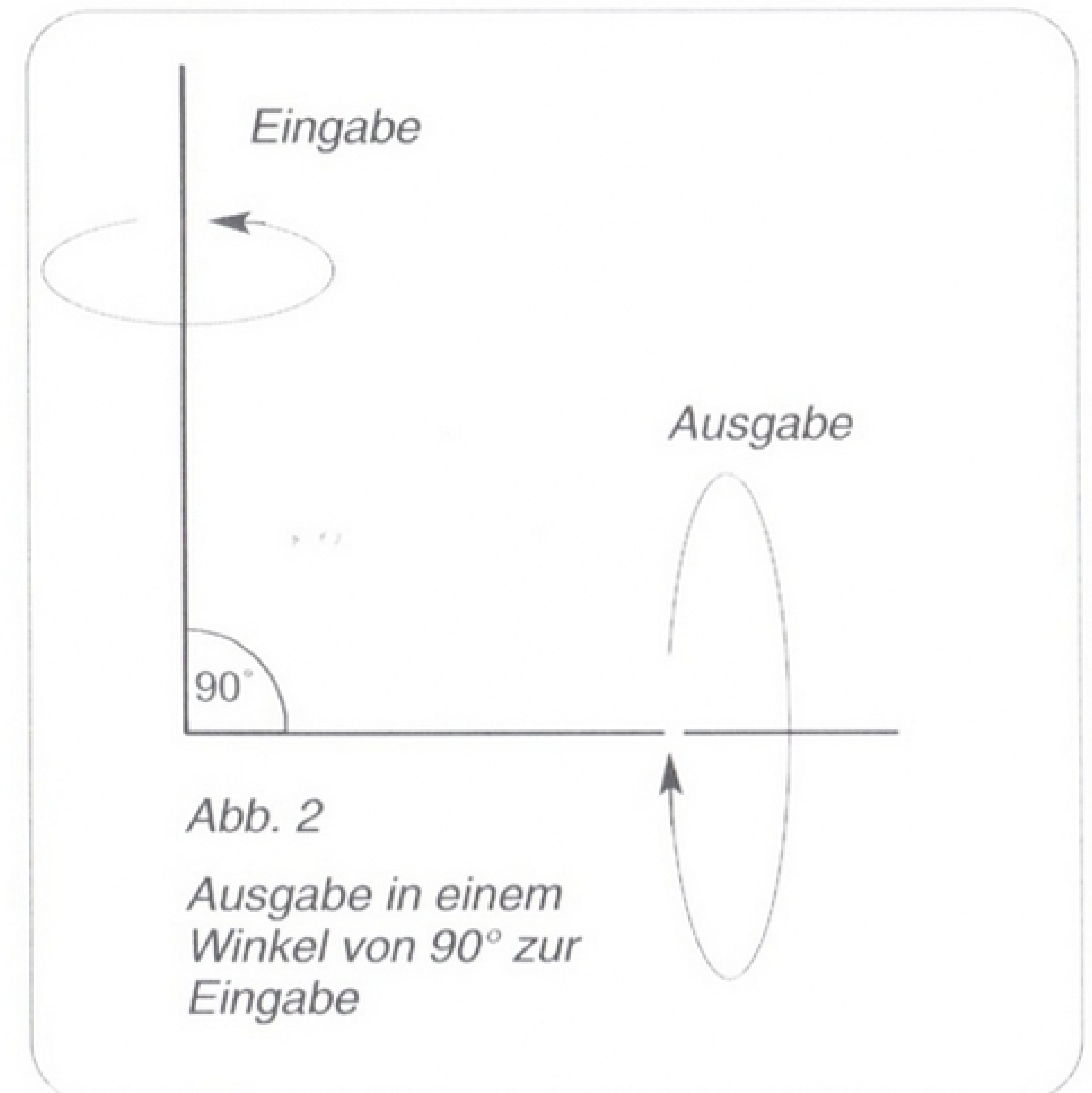
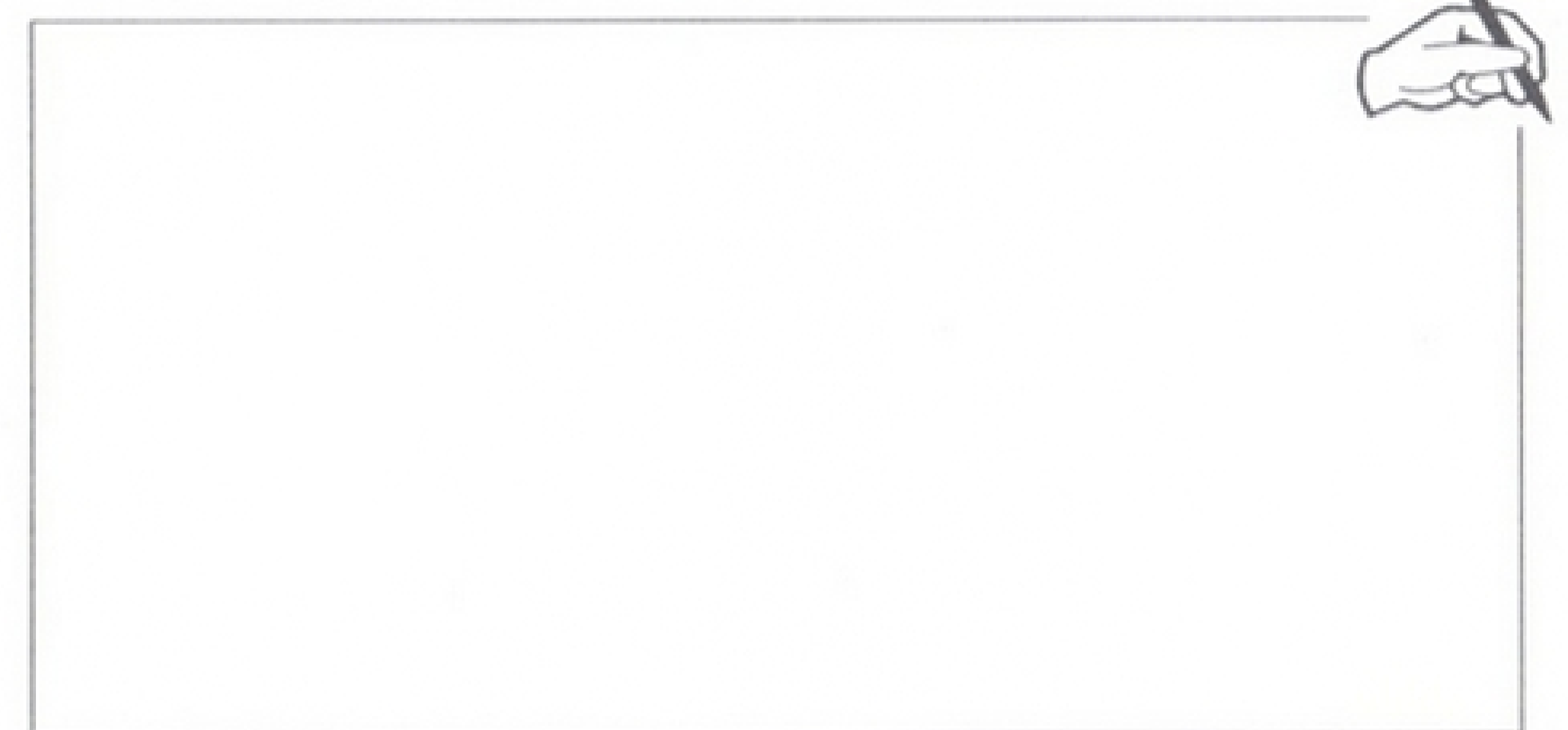


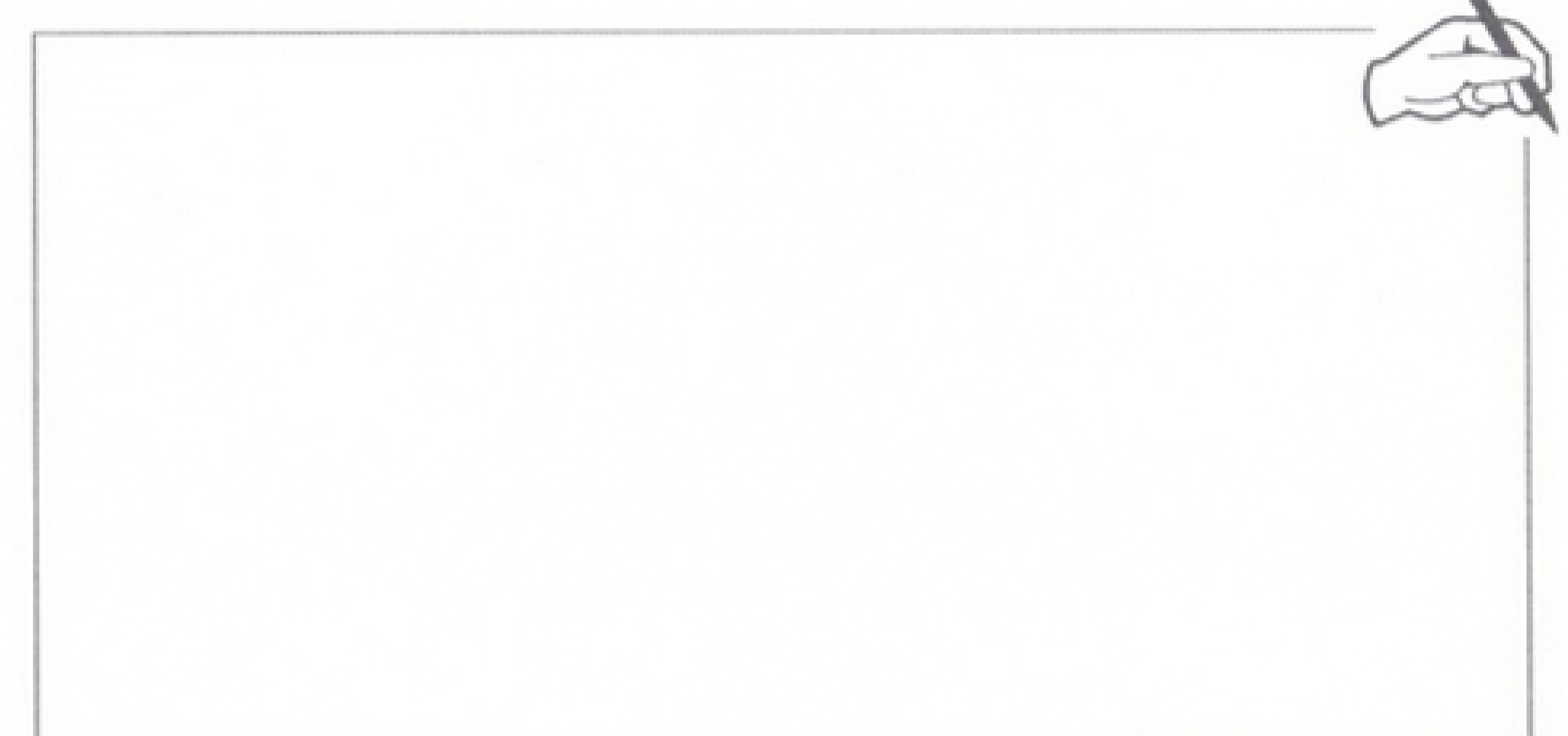
Abb. 2

Ausgabe in einem Winkel von 90° zur Eingabe

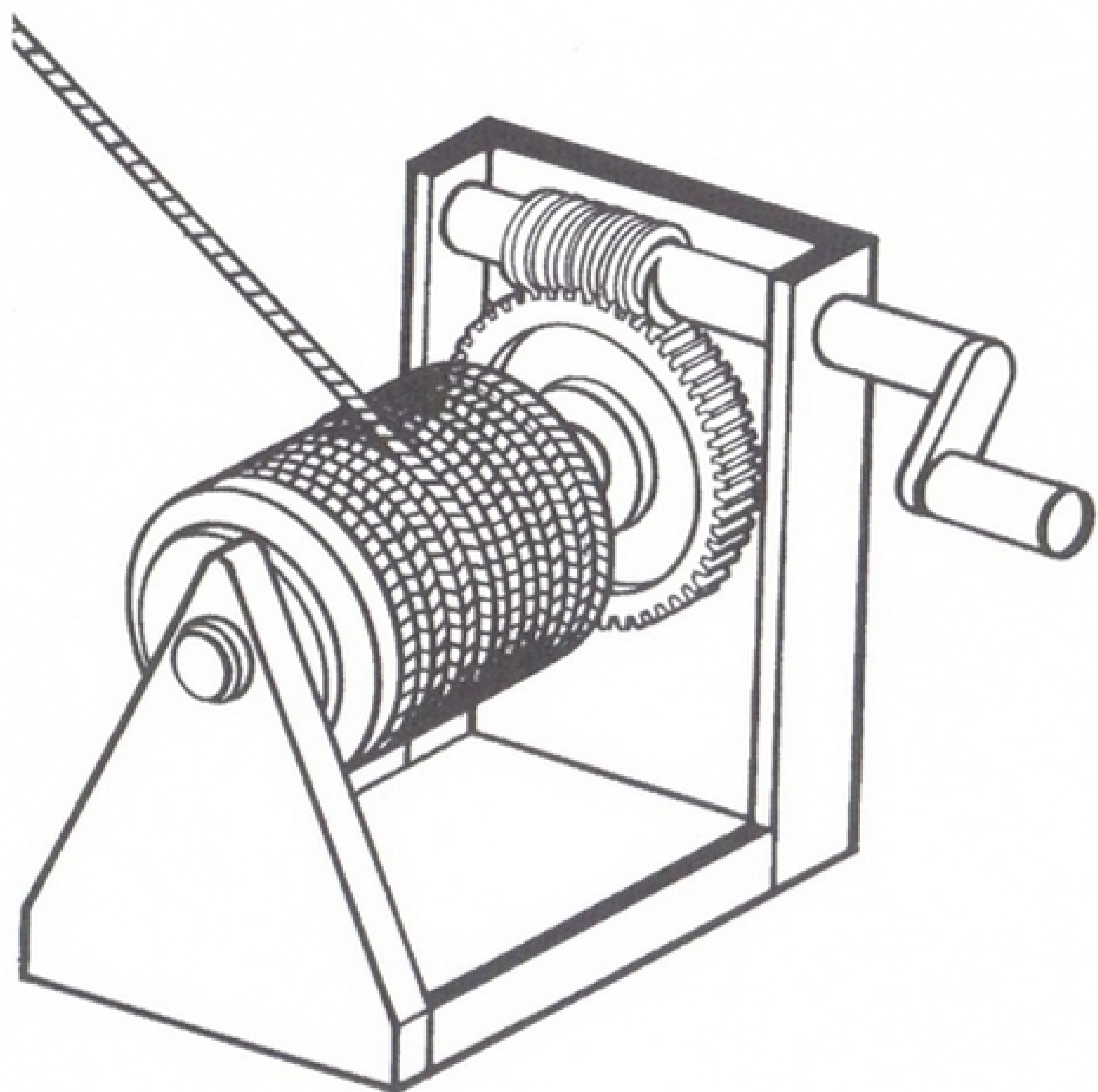
Welcher Mechanismus gehört nicht dazu?



Funktioniert dieser Mechanismus bei 90° ? Versucht herauszufinden, warum bzw. warum nicht!



3) Nur drei der Mechanismen sind umkehrbar. Dies bedeutet, dass die Ausgabe die Eingabe dreht. Versucht, die Ausgabeachse jedes Mechanismus zu drehen und schaut, ob sich der Griff dreht. Welcher Mechanismus gehört nicht dazu?



Bei dieser von Hand gedrehten Winde wird ein Schneckenradmechanismus verwendet, da dieser Mechanismus nicht umkehrbar ist. Dies bedeutet, dass er als Bremse fungiert um zu verhindern, dass sich das Seil loswickelt, wenn der Griff losgelassen wird.

4) Bei zwei der Mechanismen wird die Geschwindigkeit der Bewegung geändert, daher ist die Ausgabe langsamer als die Eingabe. Welches sind die beiden?

Bei welchem der Mechanismen wird die Bewegung am stärksten verlangsamt?

Welcher Mechanismus könnte auch verwendet werden, um die Bewegung zu beschleunigen? Wie würdet ihr dies tun?

5) Bei zwei der Mechanismen wird das Drehmoment erhöht.

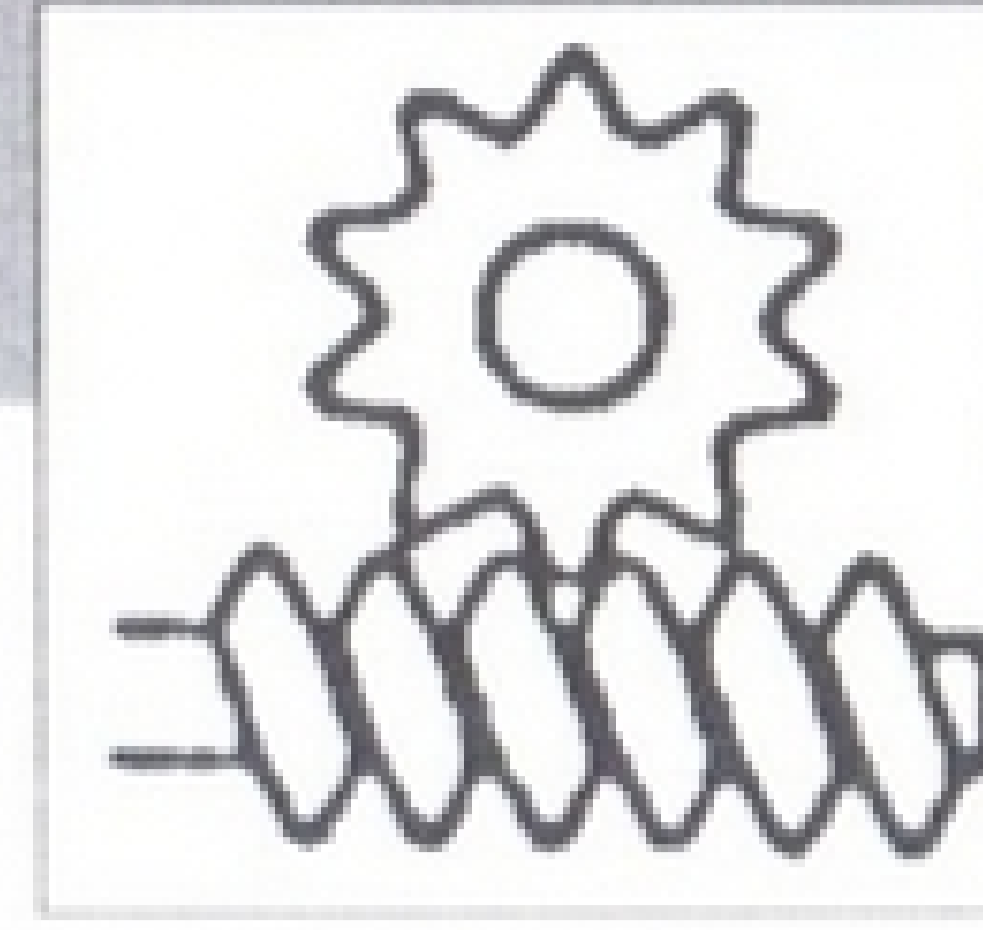
Führt das folgende Experiment mit jedem der Mechanismen durch.

Haltet die Ausgangsachse fest und versucht sie anzuhalten, während ihr an der Eingabe dreht. Wenn es schwierig ist sie anzuhalten, dann bedeutet dies, dass das Drehmoment durch den Mechanismus erhöht wird.

Bei welchen beiden Mechanismen wird das Drehmoment erhöht?

6) Schaut euch nochmals die Problemstellung für die Drehscheibe an und wählt den Mechanismus oder die Kombination von Mechanismen aus, die die Techniker des Museums eurer Meinung nach verwenden sollten. Skizziert eure Konstruktion in das Kästchen mit der Überschrift „Vorschlag für die Konstruktion einer Drehscheibe“.

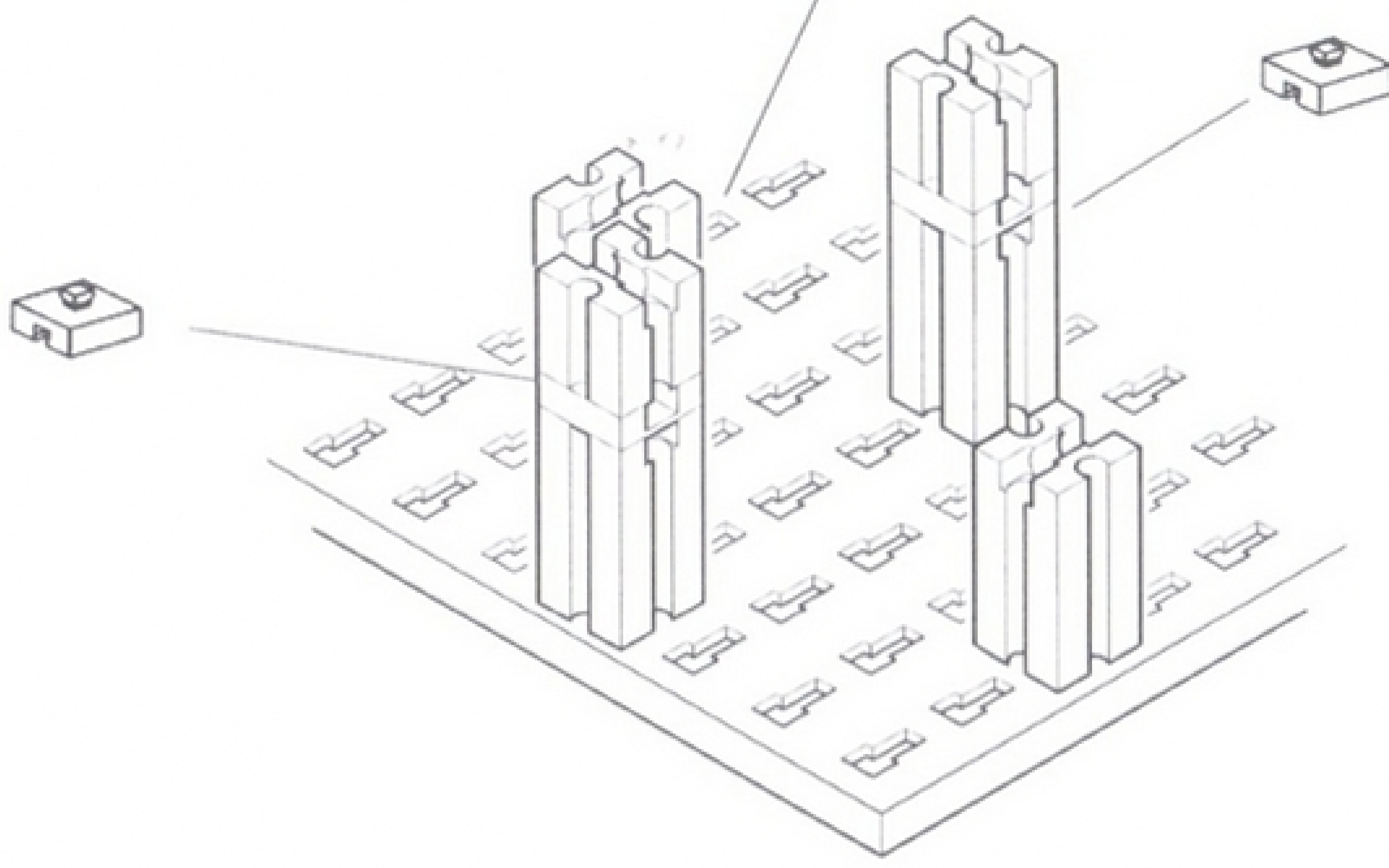
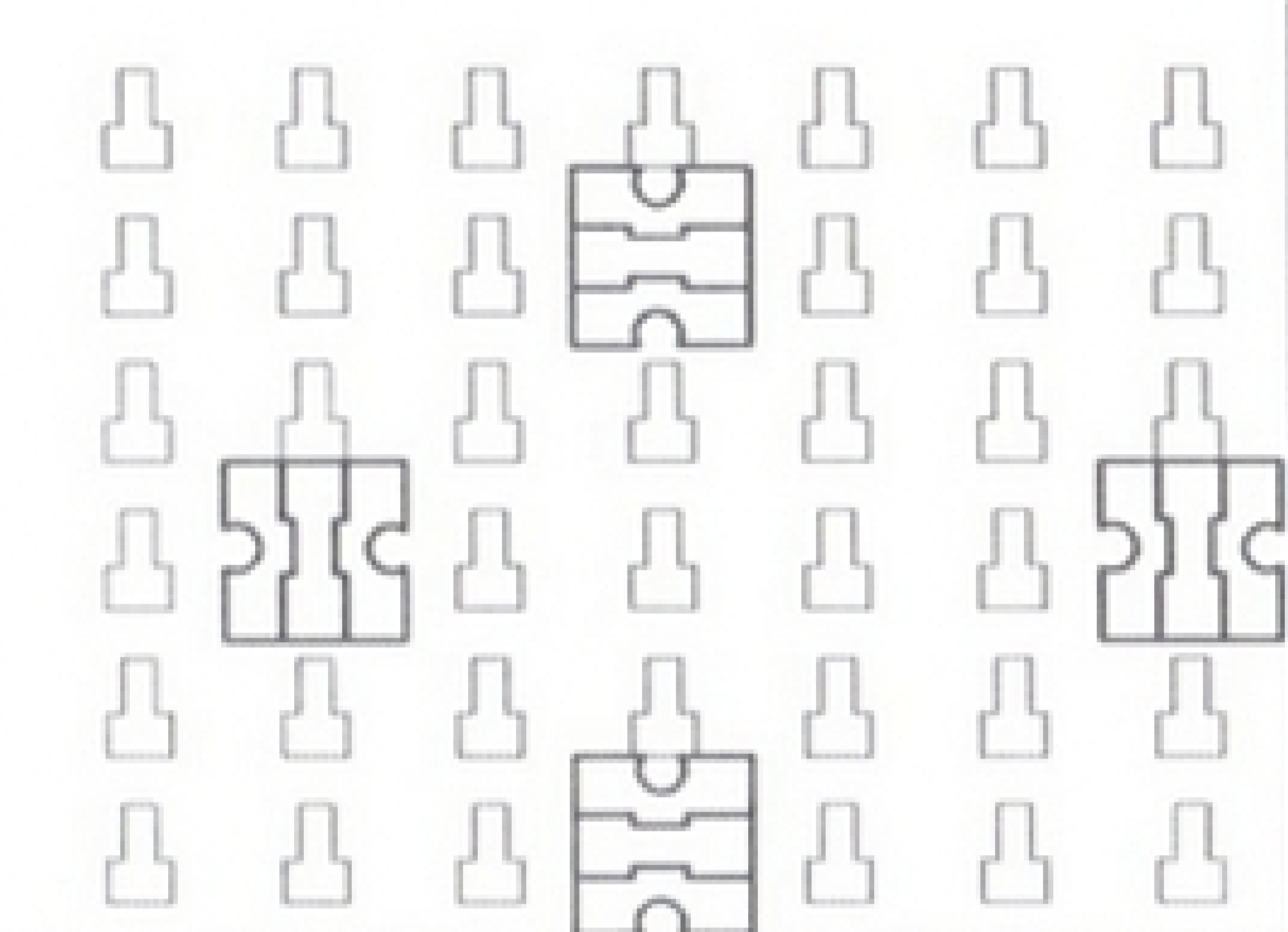
Schnecke und Schneckenrad



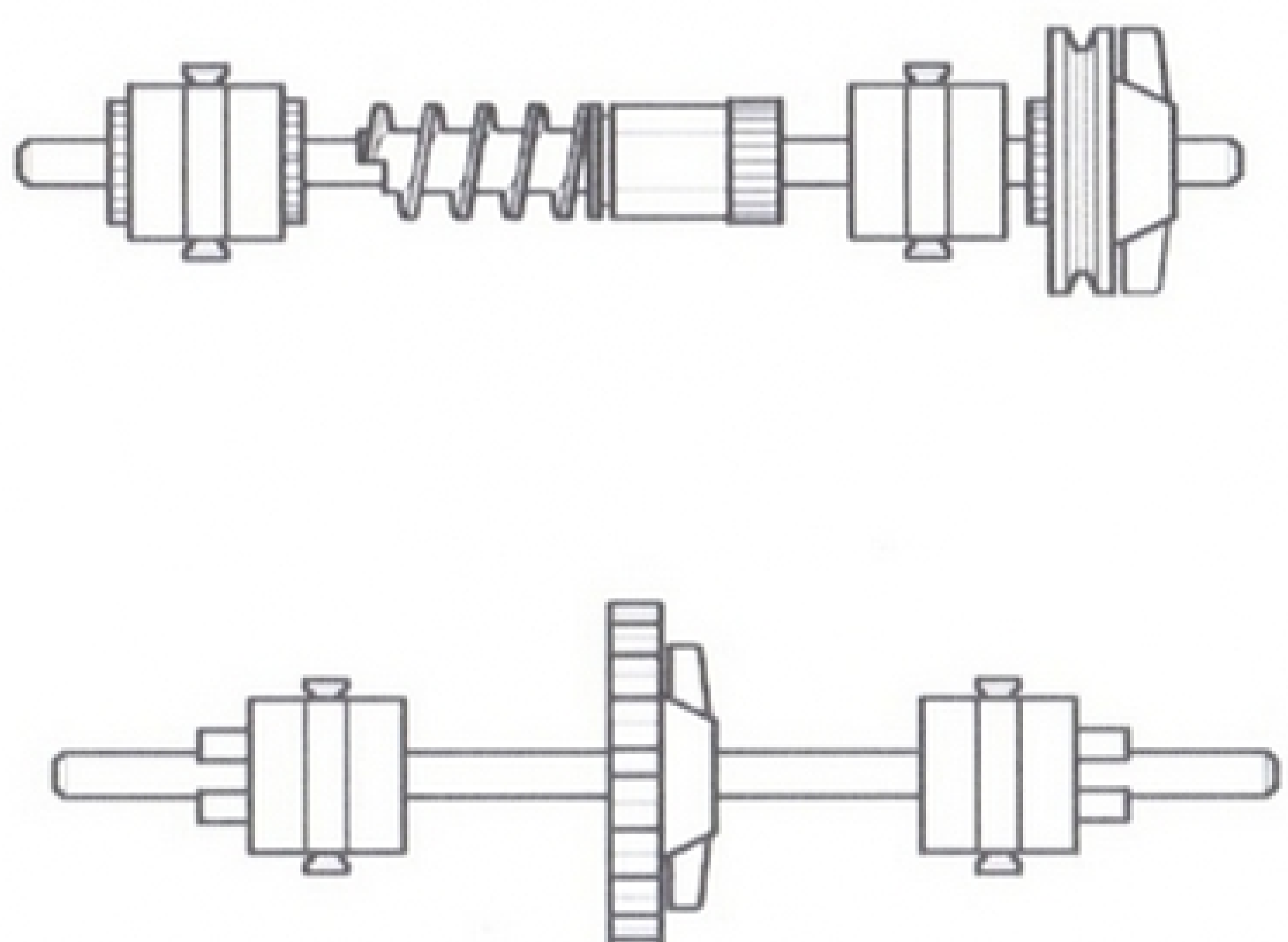
- 4 x
- 2 x
- 2 x
- 4 x
- 3 x
- 2 x
- 2 x
- 2 x
- 2 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x

1)

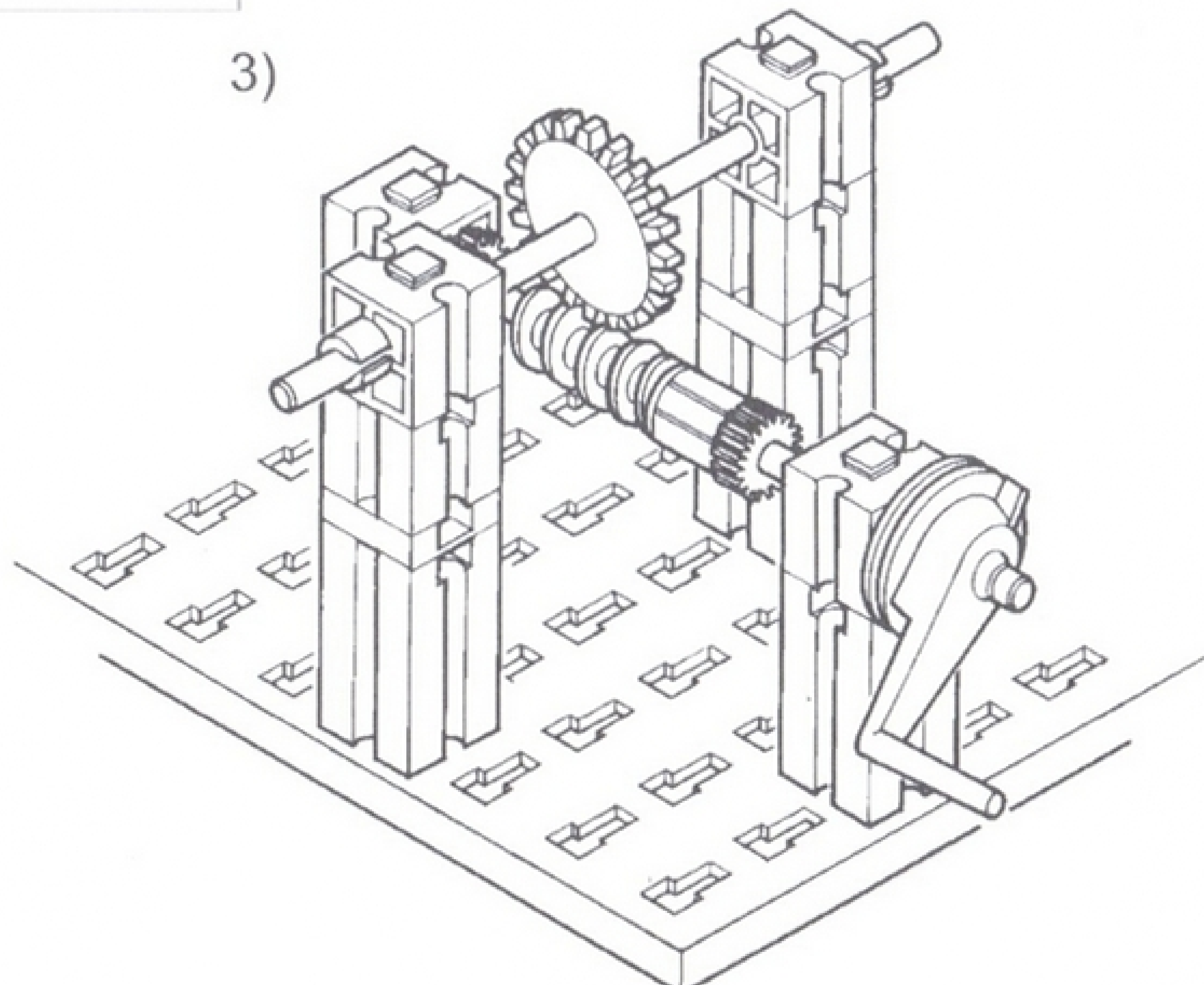
Draufsicht der Grundplatte



2)



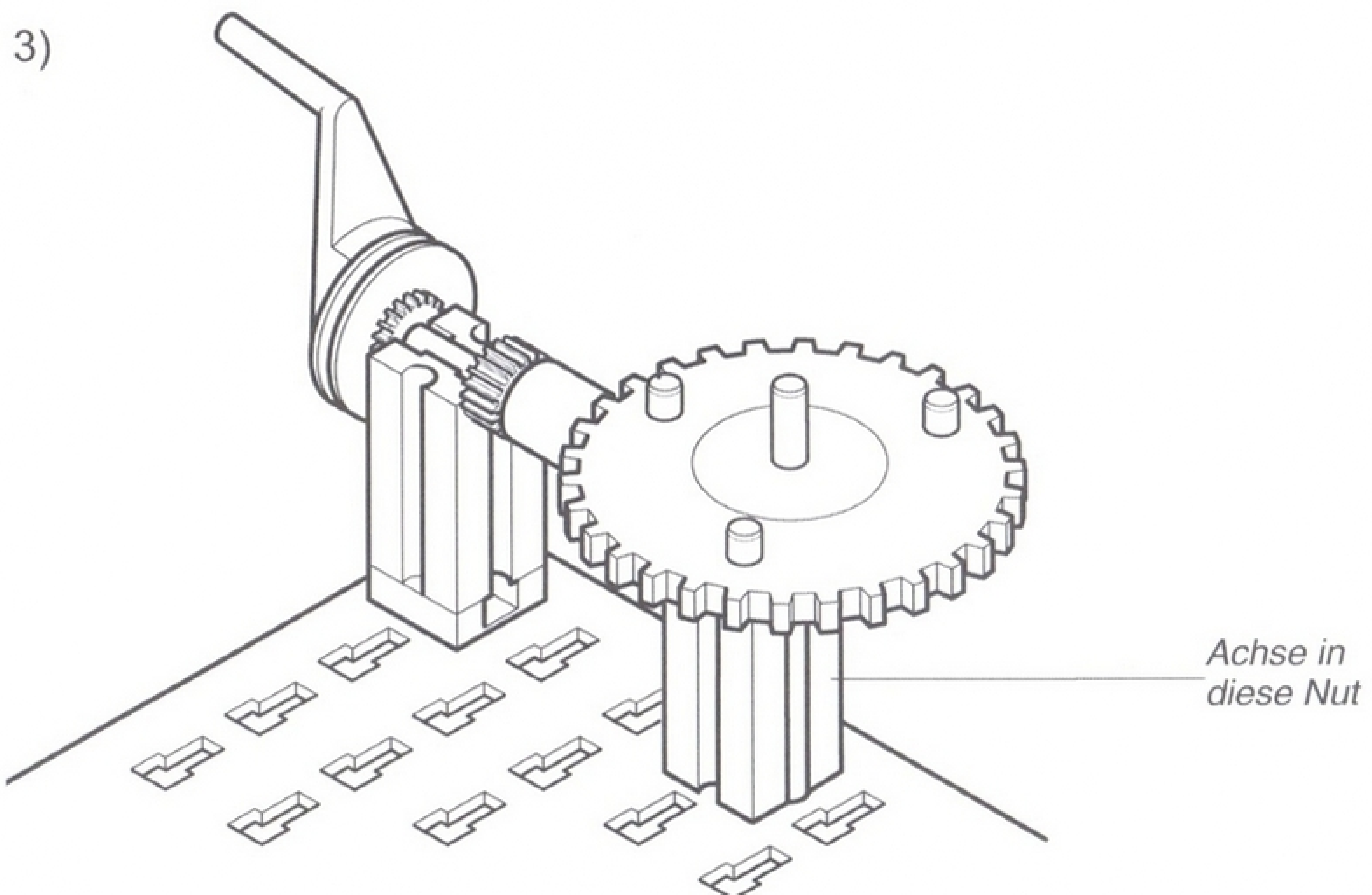
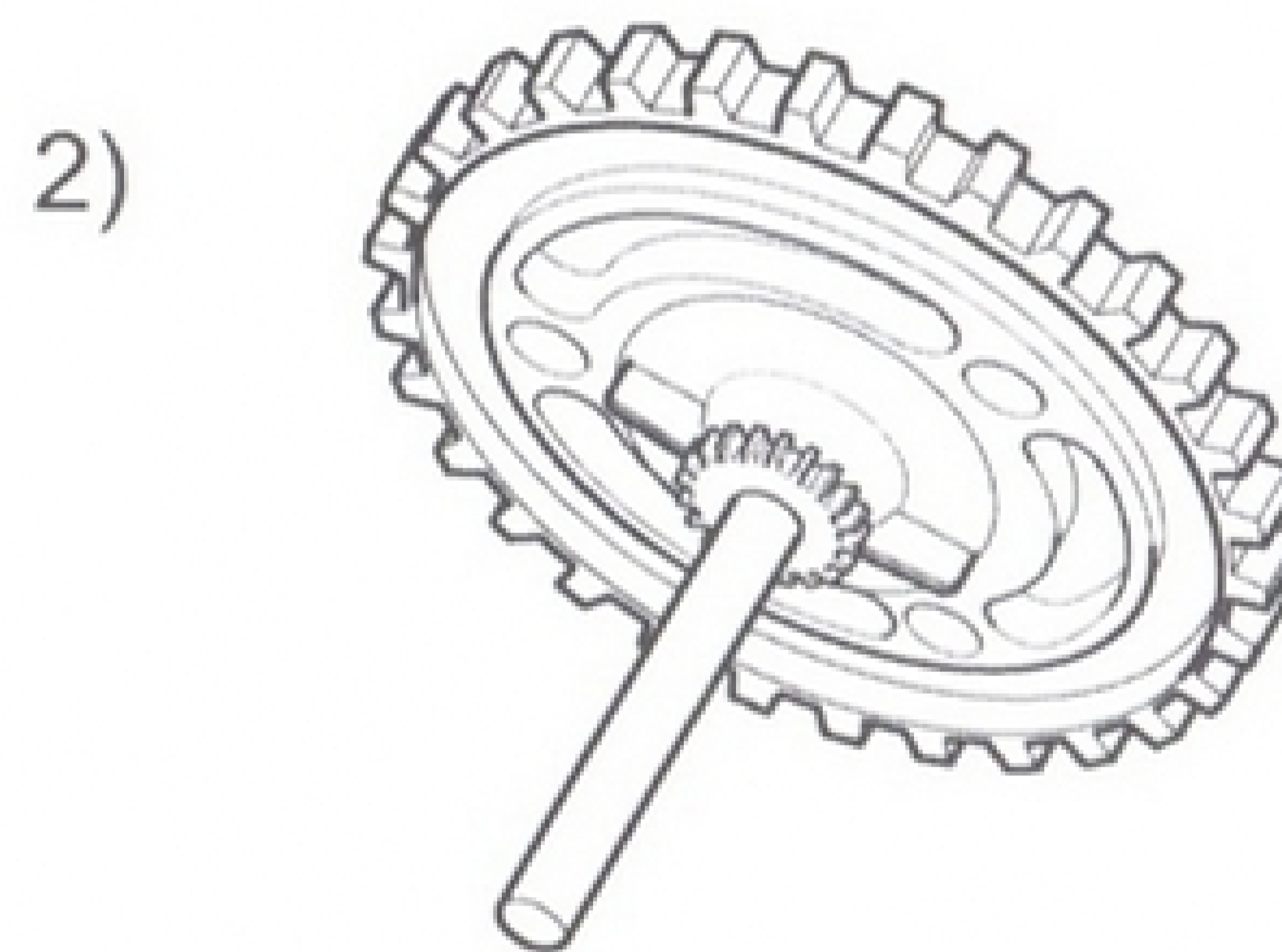
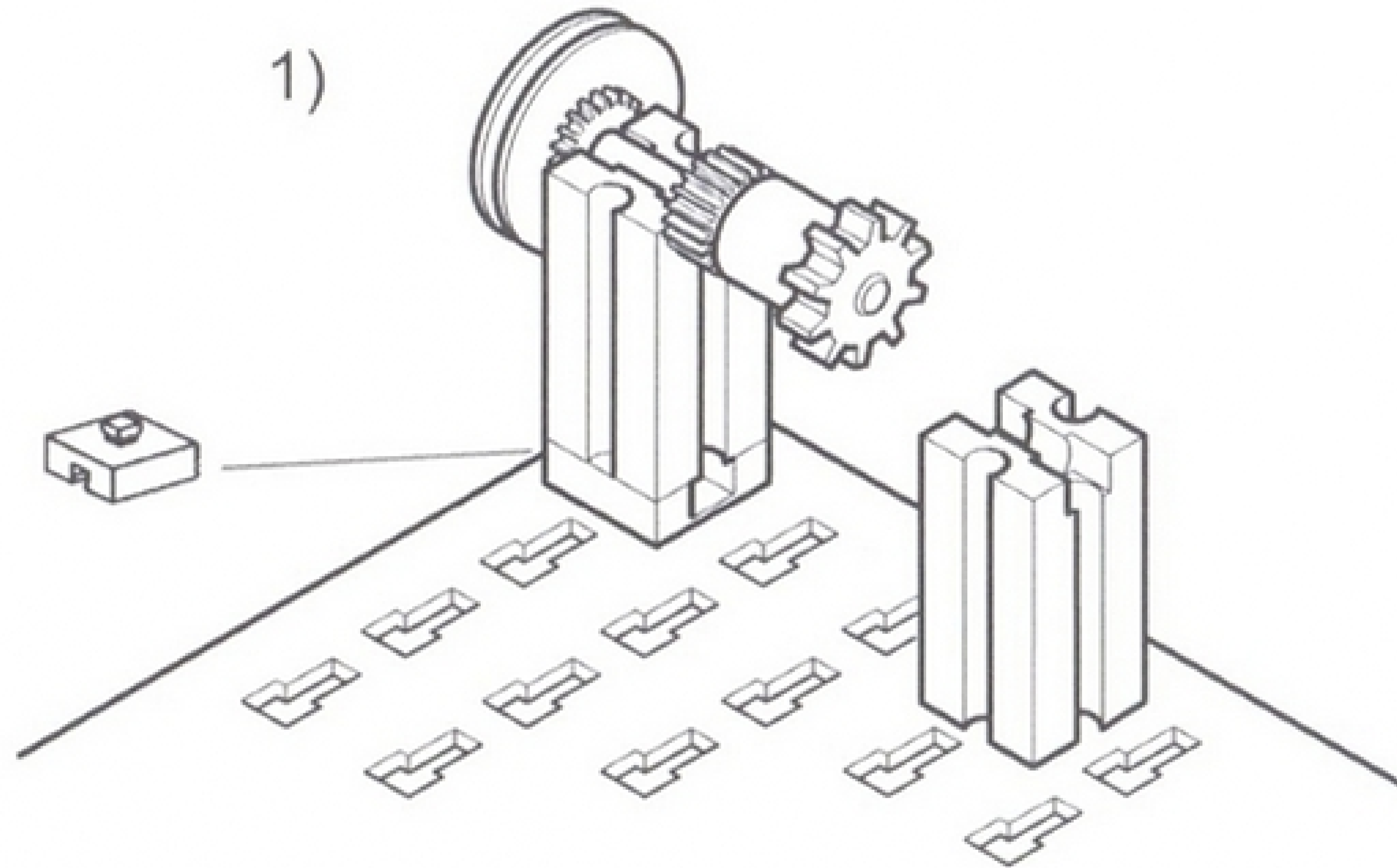
3)



Zahnkranz und Ritzel



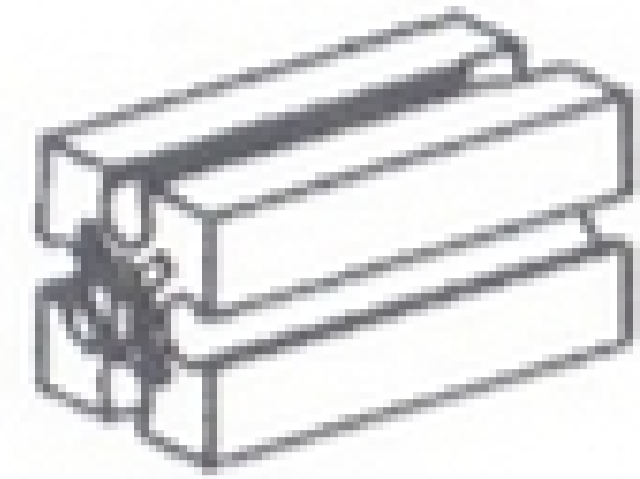
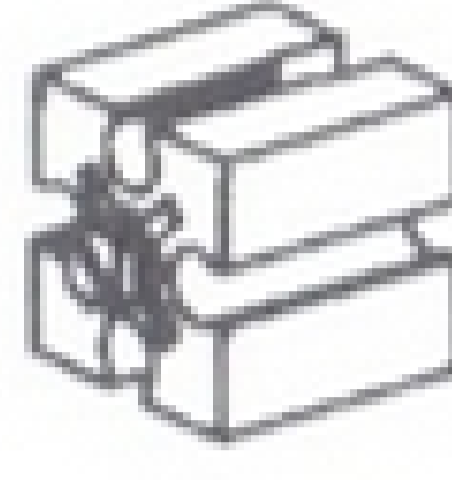









- 2 x
- 1 x
- 2 x
- 2 x
- 2 x
- 2 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x

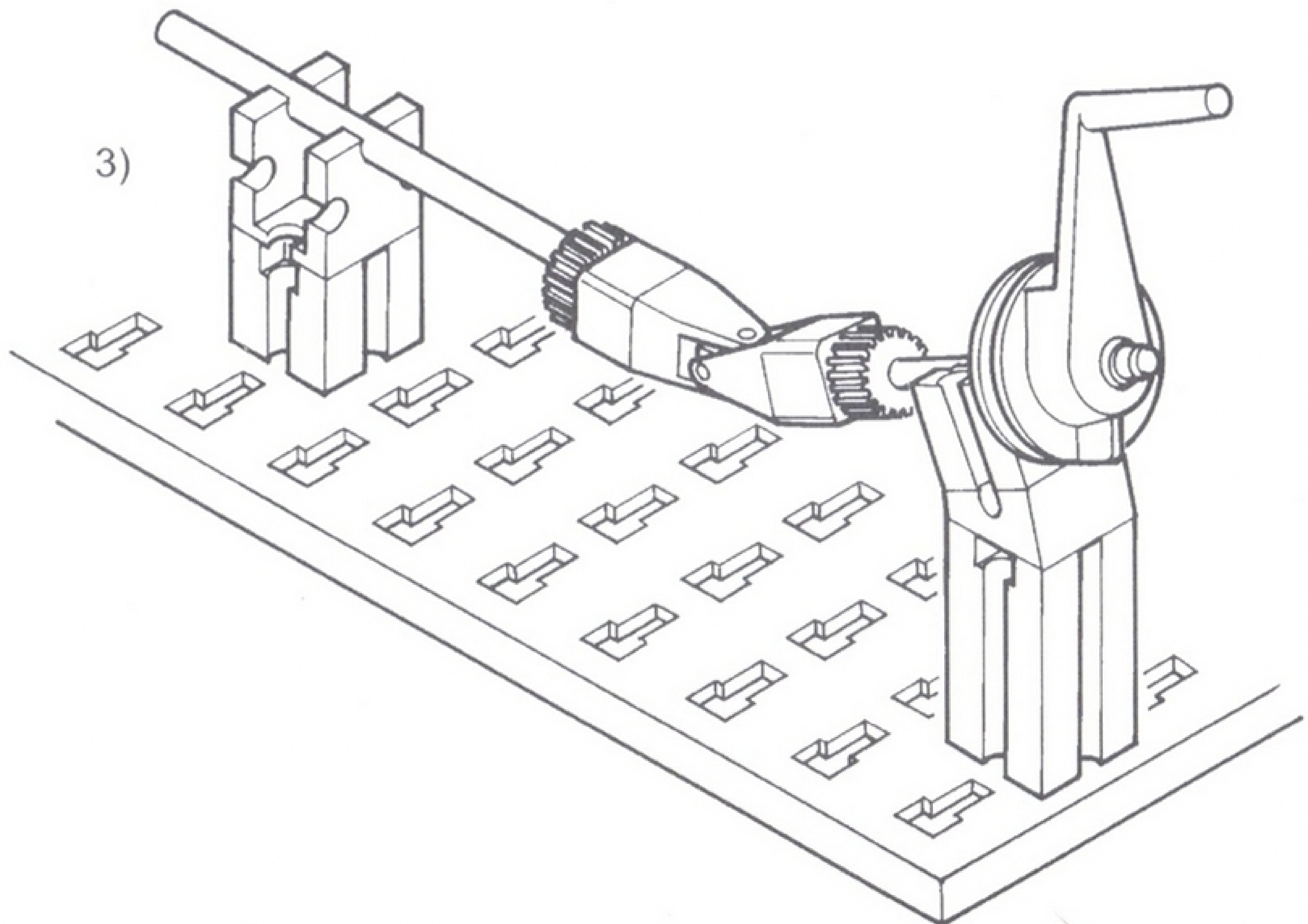
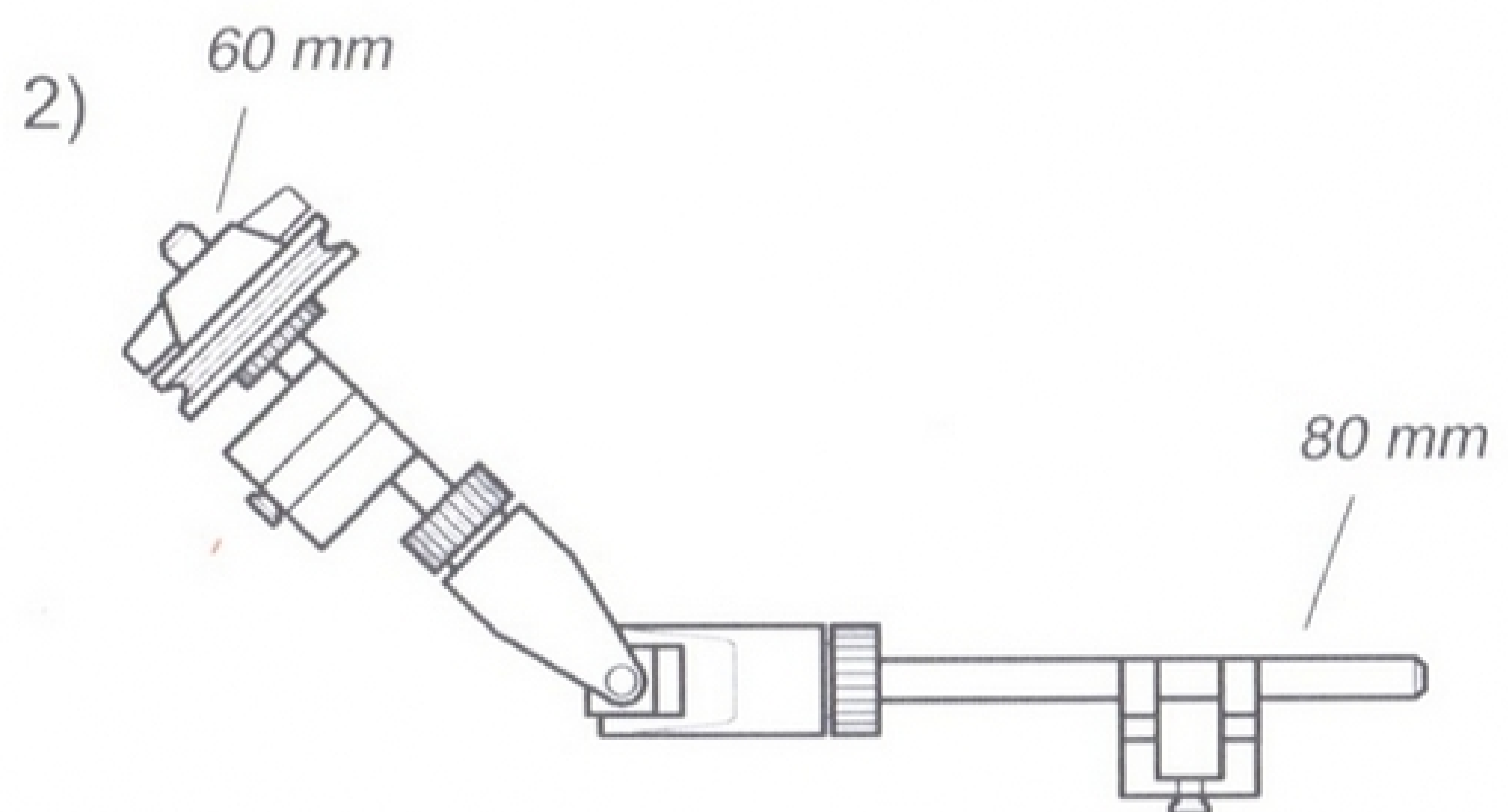
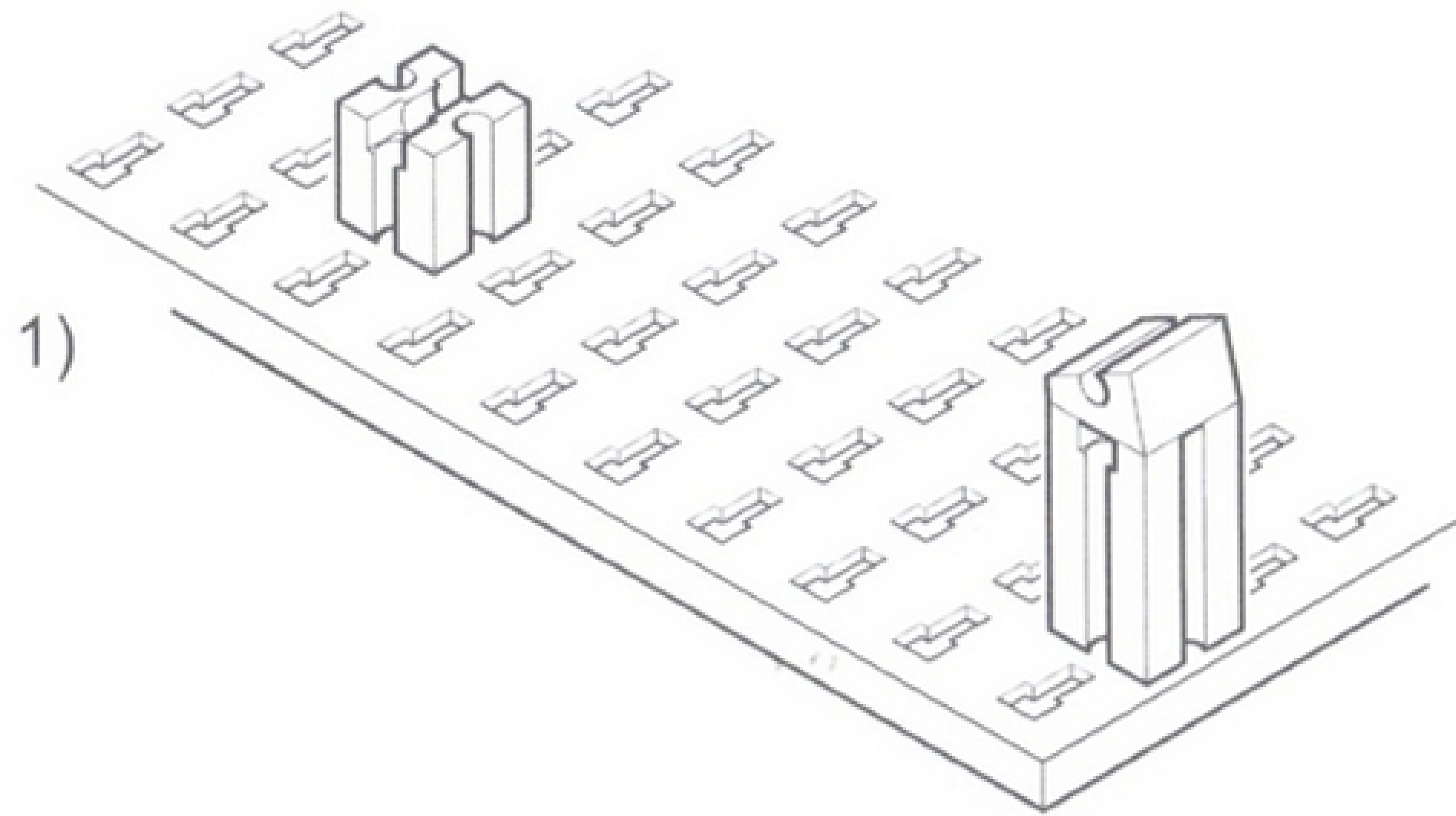


mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

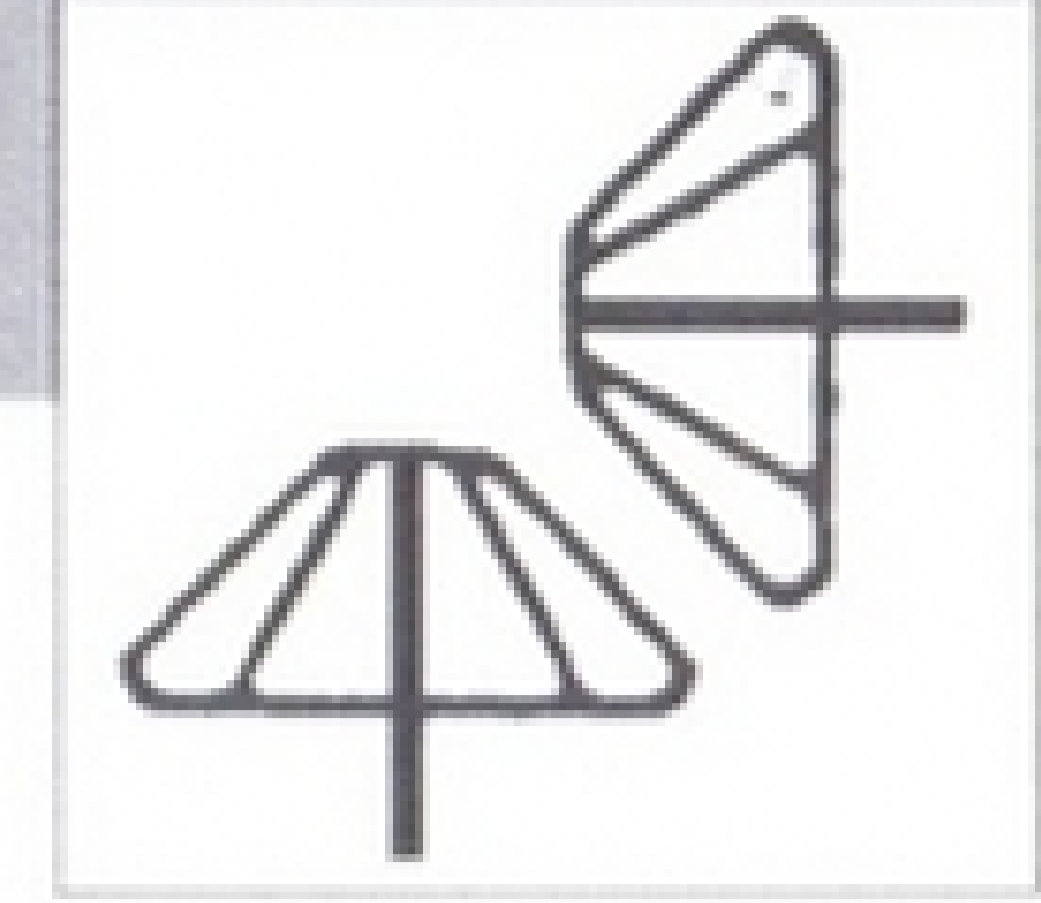
Kardangelenk



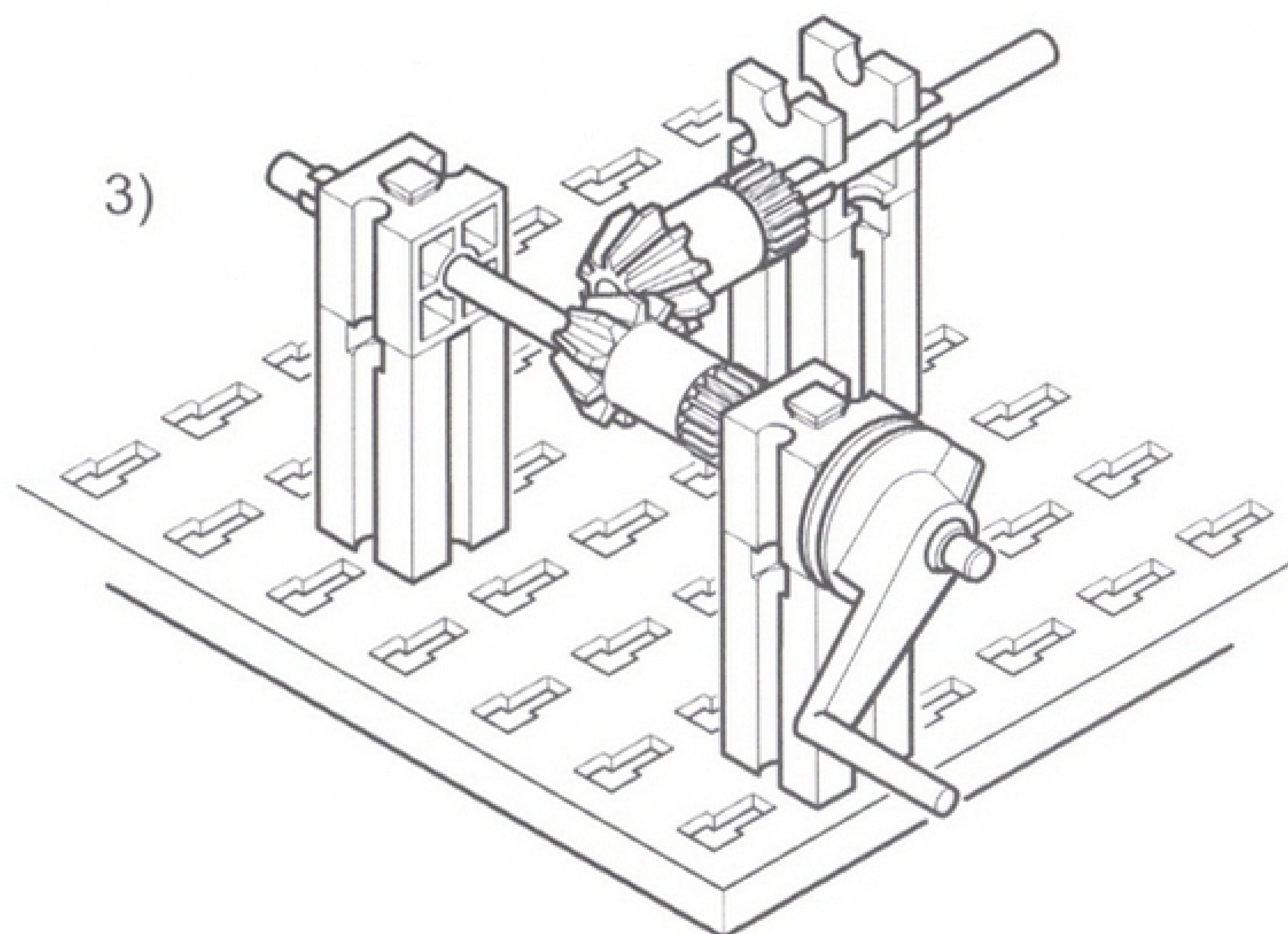
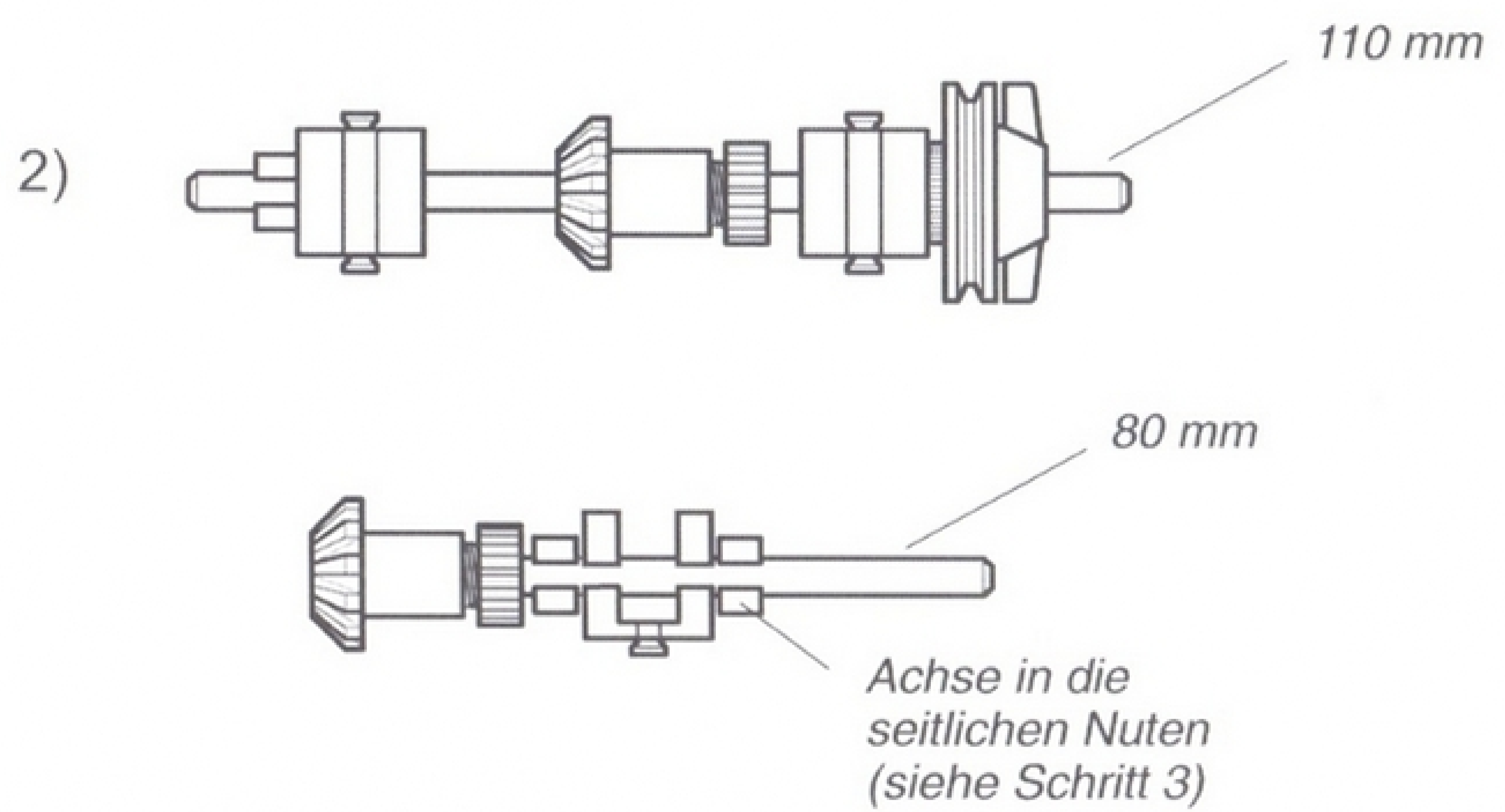
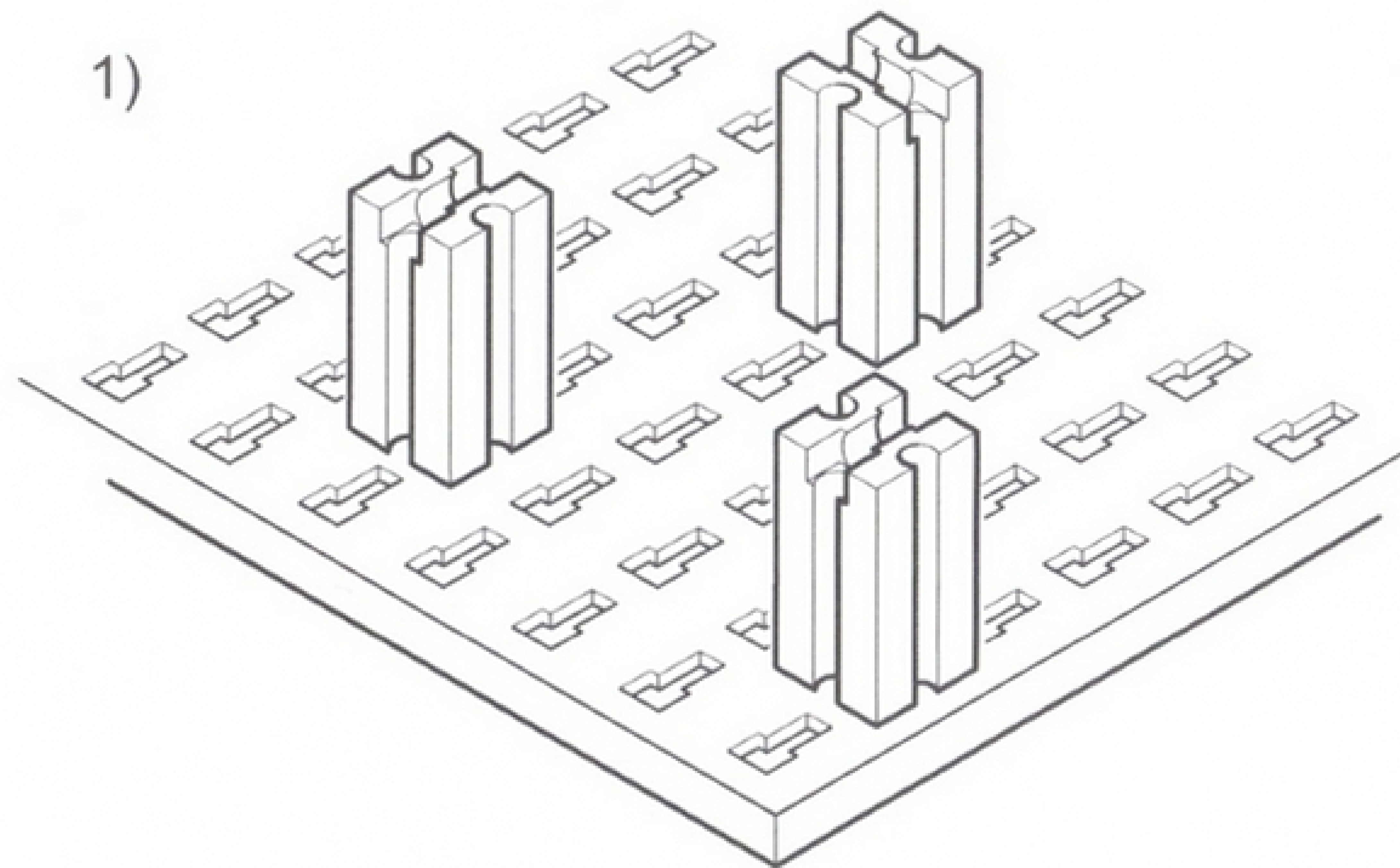
- 1 x 
- 2 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x  60 mm
- 1 x  80 mm
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 



2 Kegelräder



- 3 x
- 2 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 3 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 2 x
- 2 x

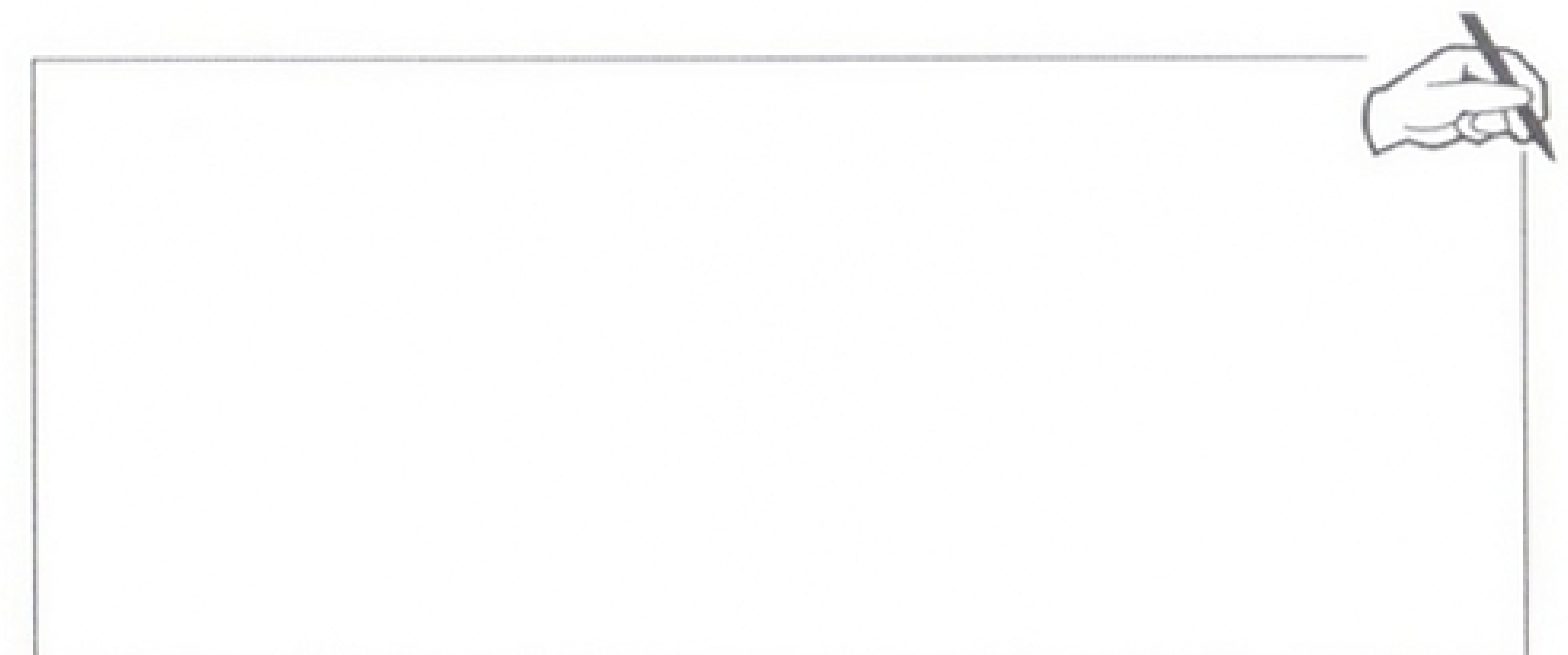
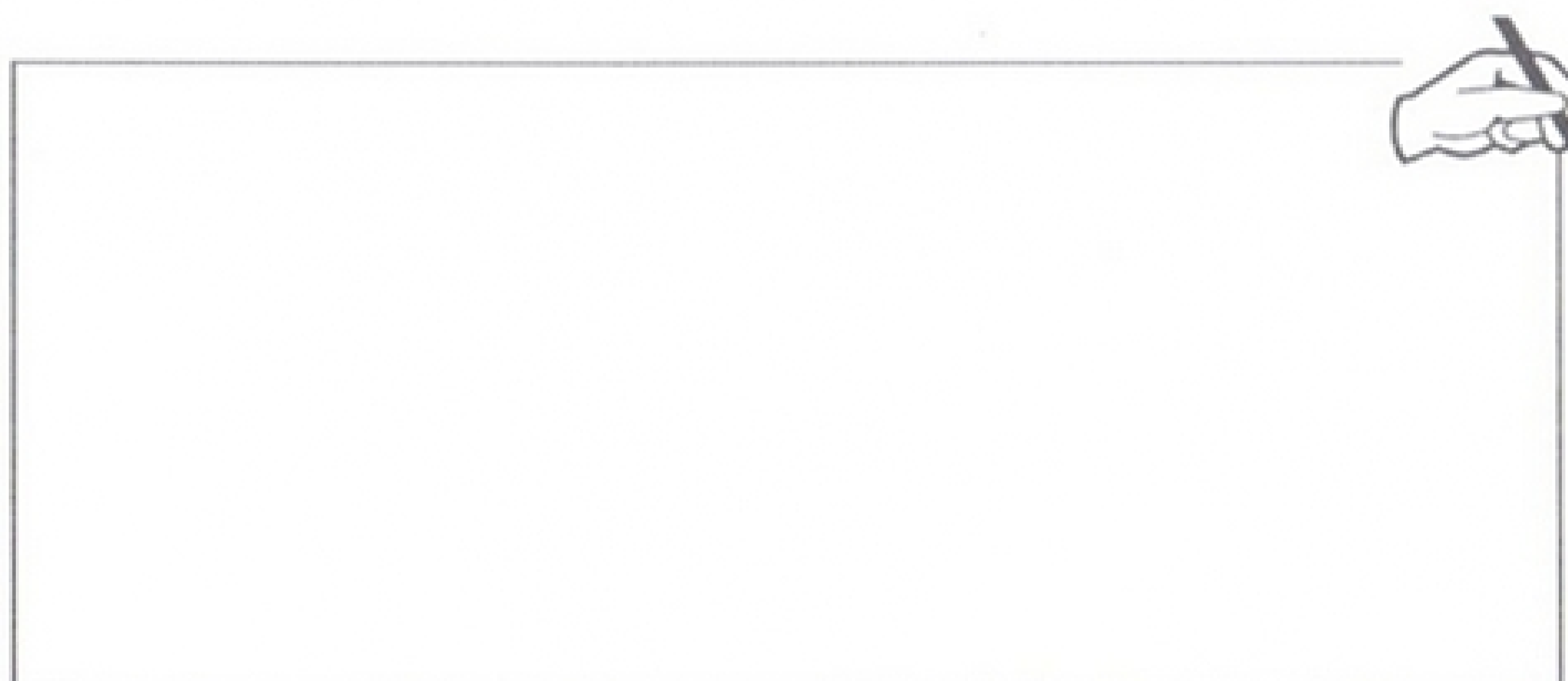
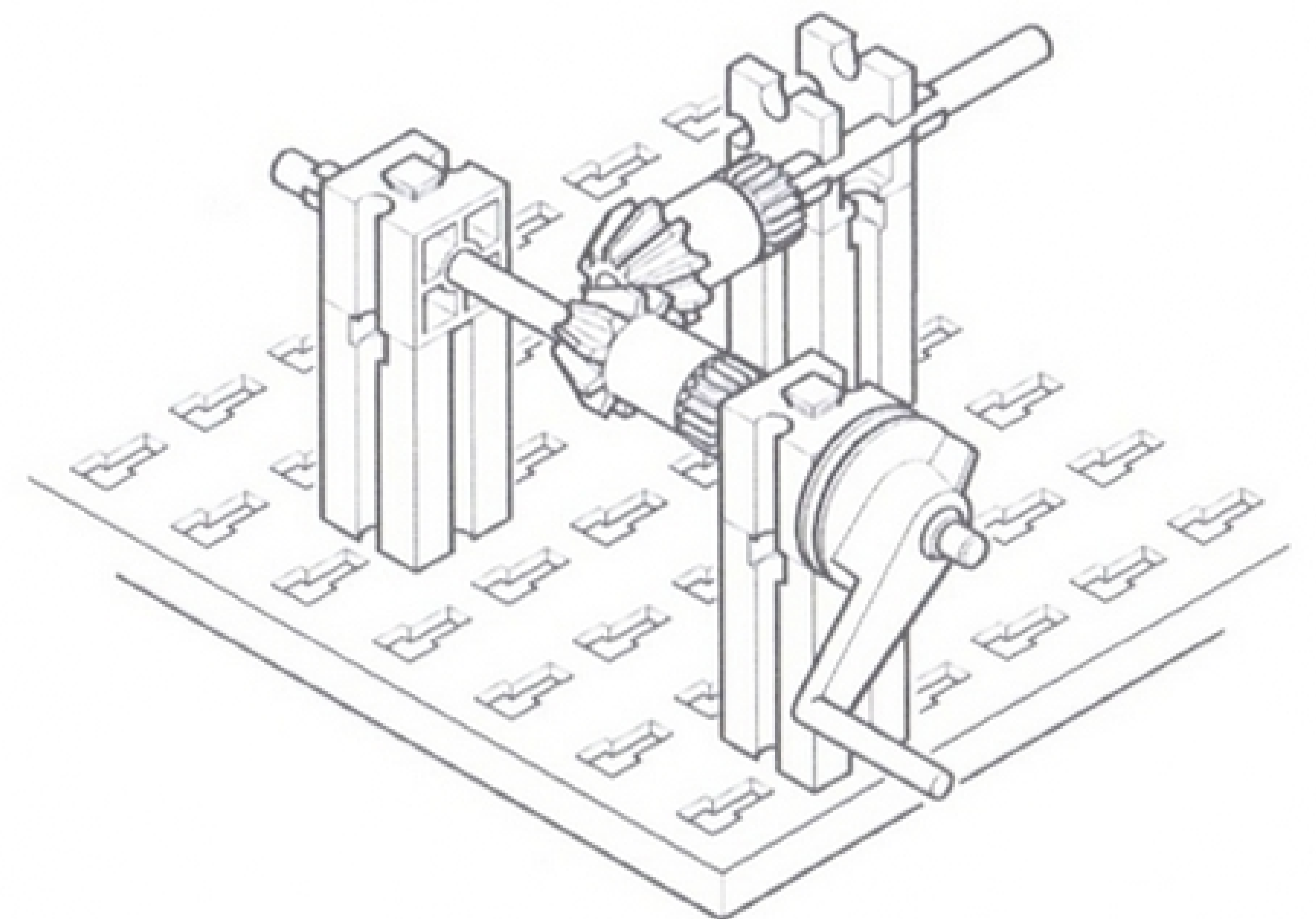
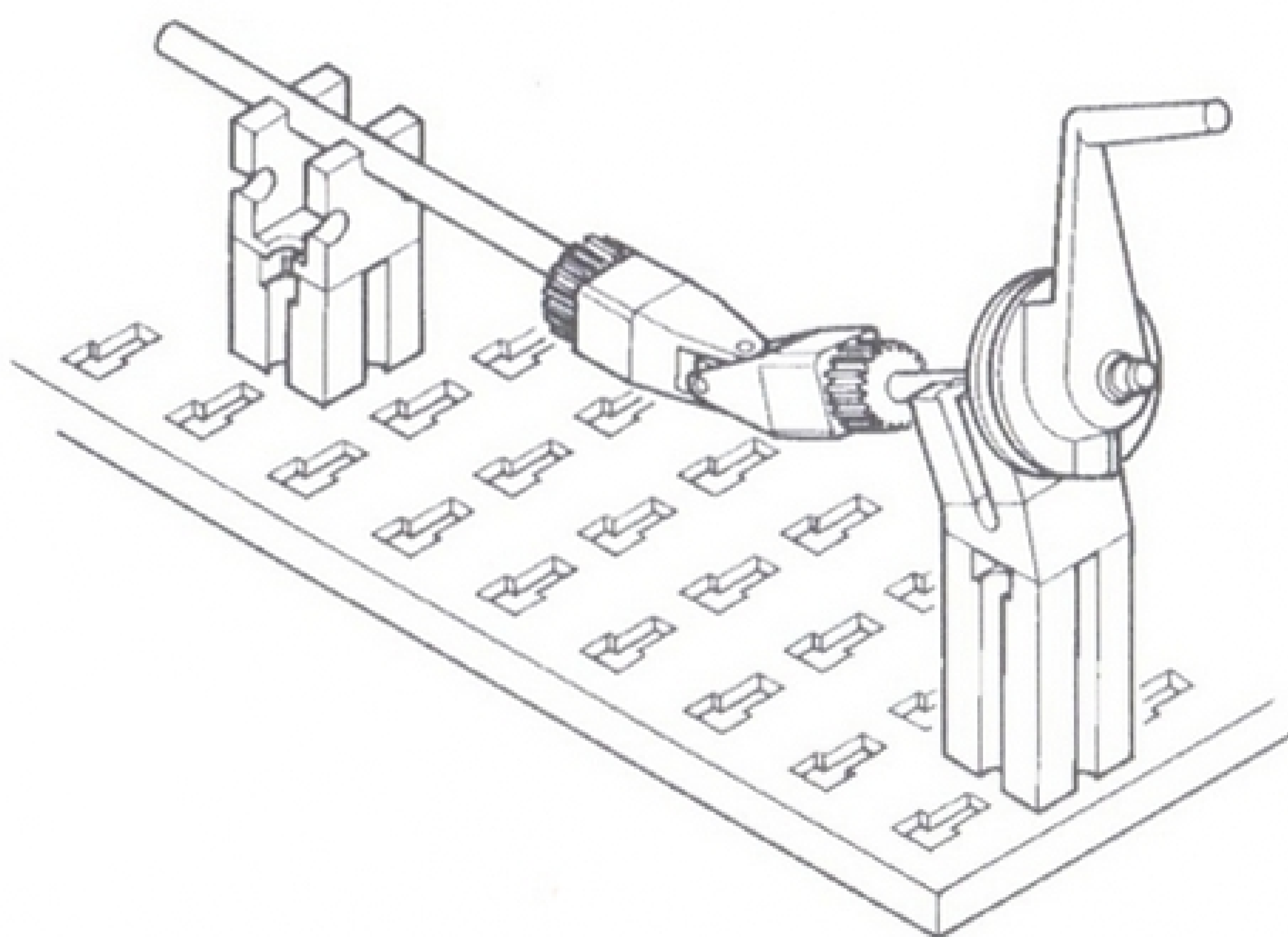
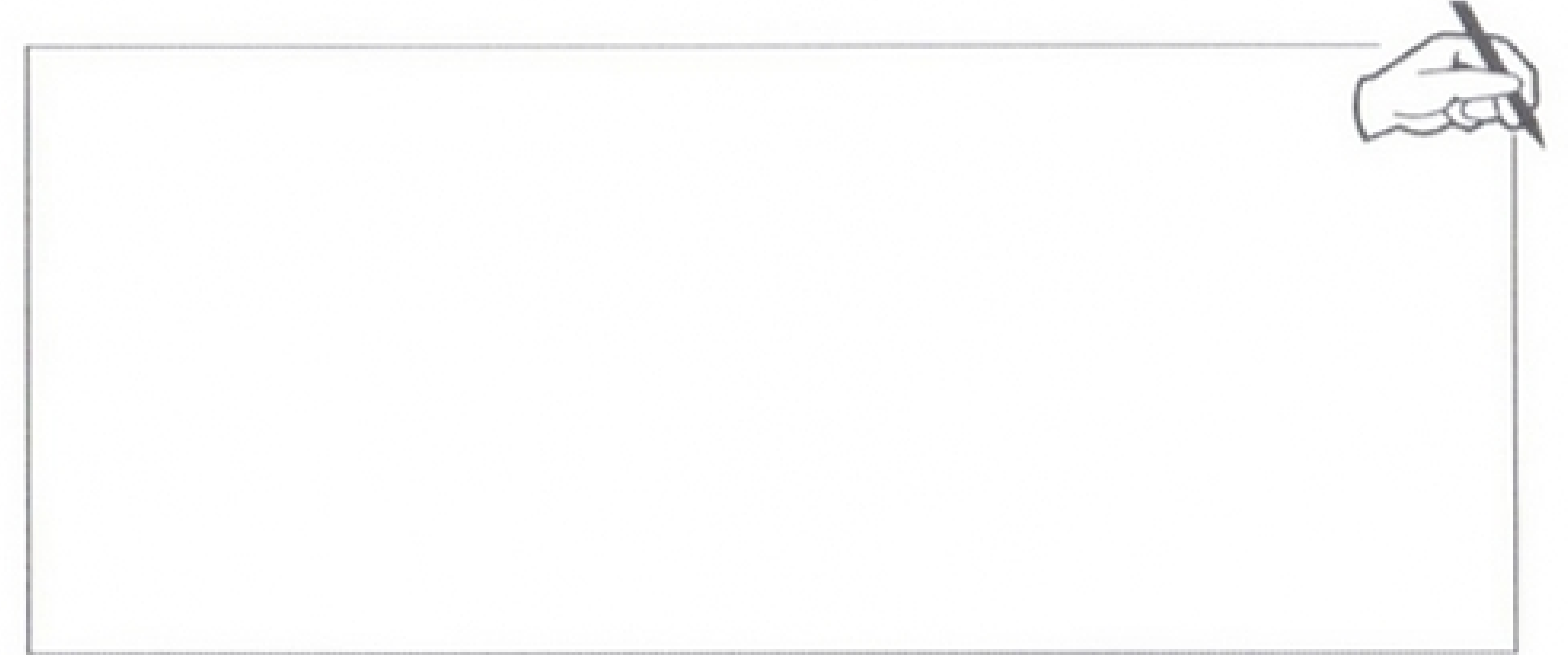
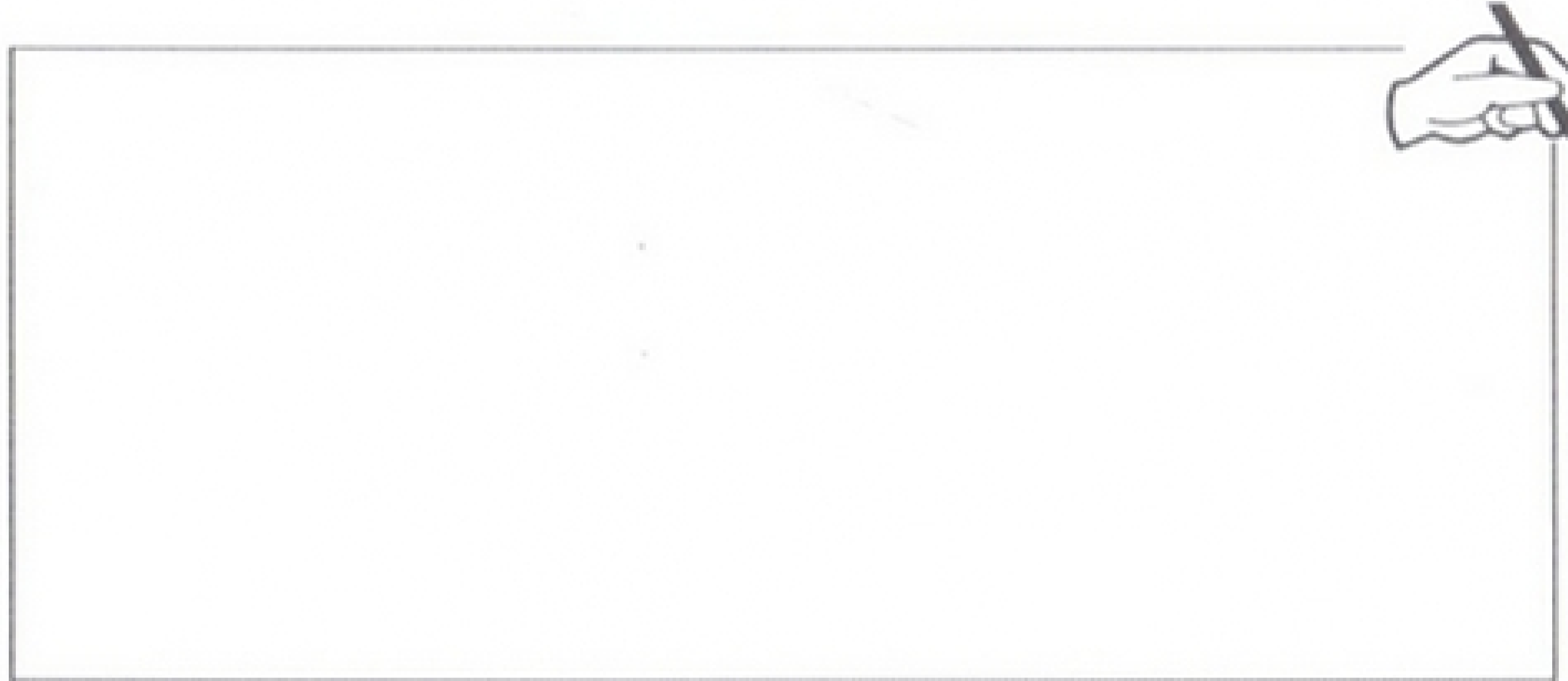
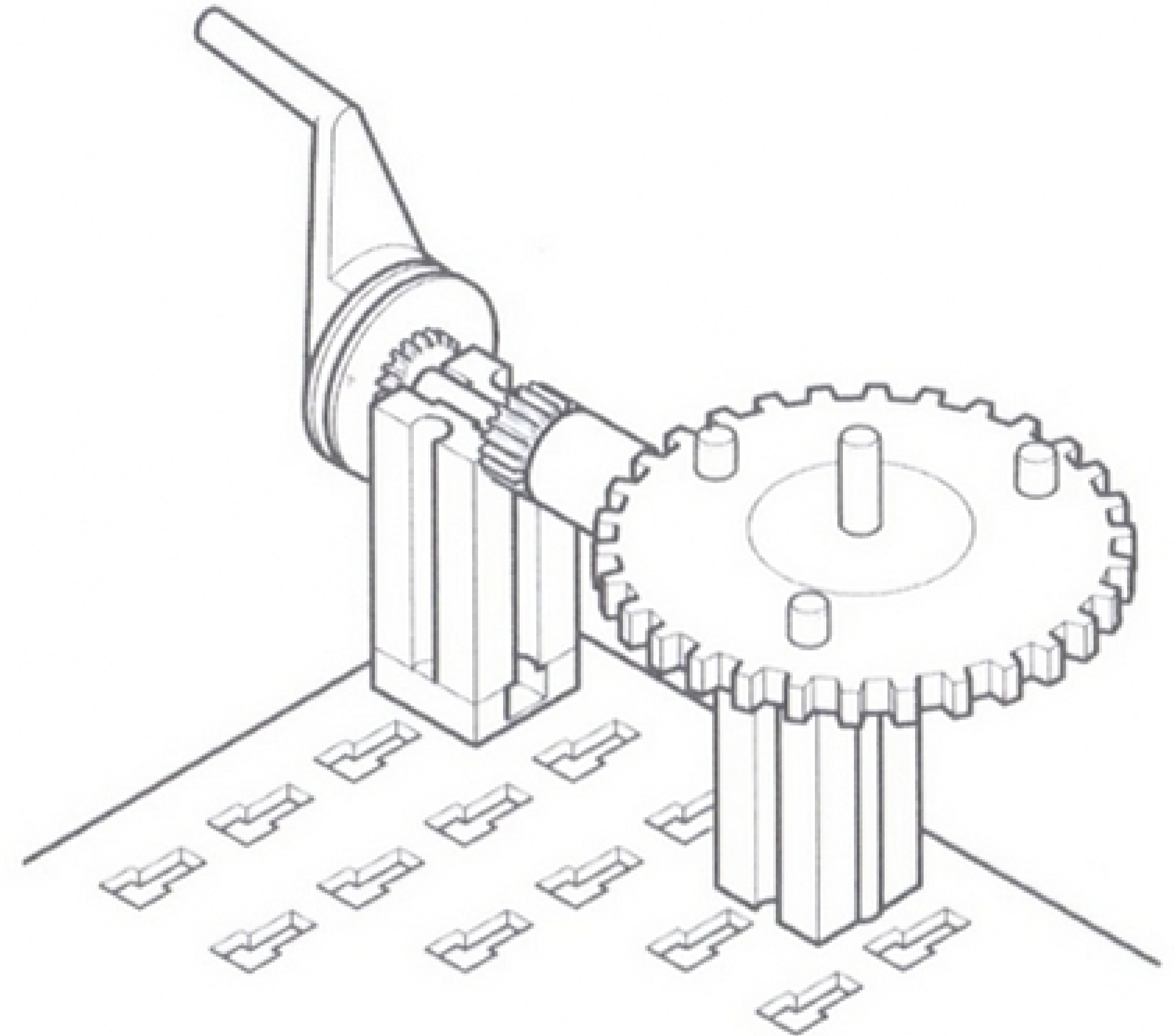
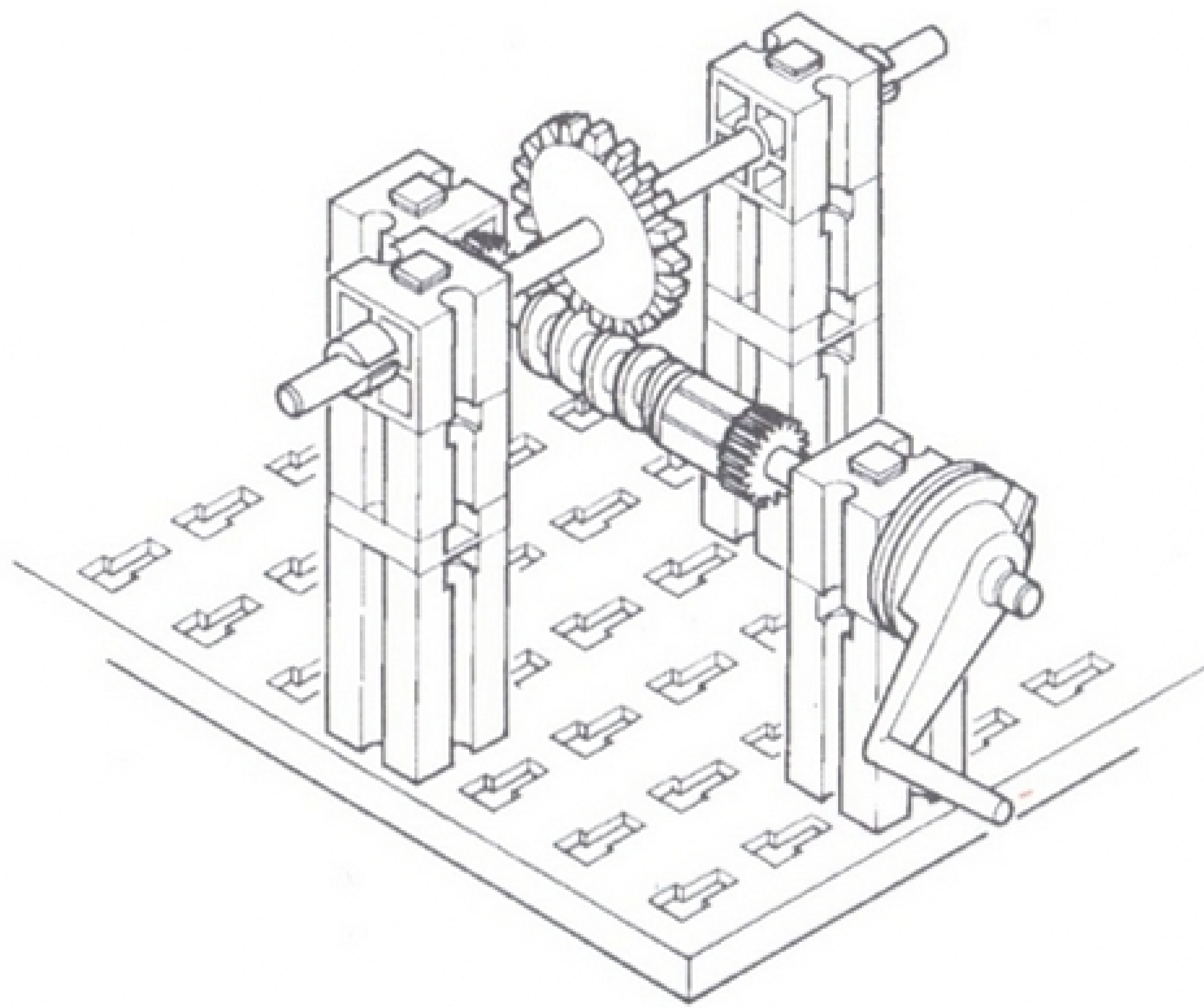


mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

Hausaufgabe 1 zum Thema „Mechanismen“

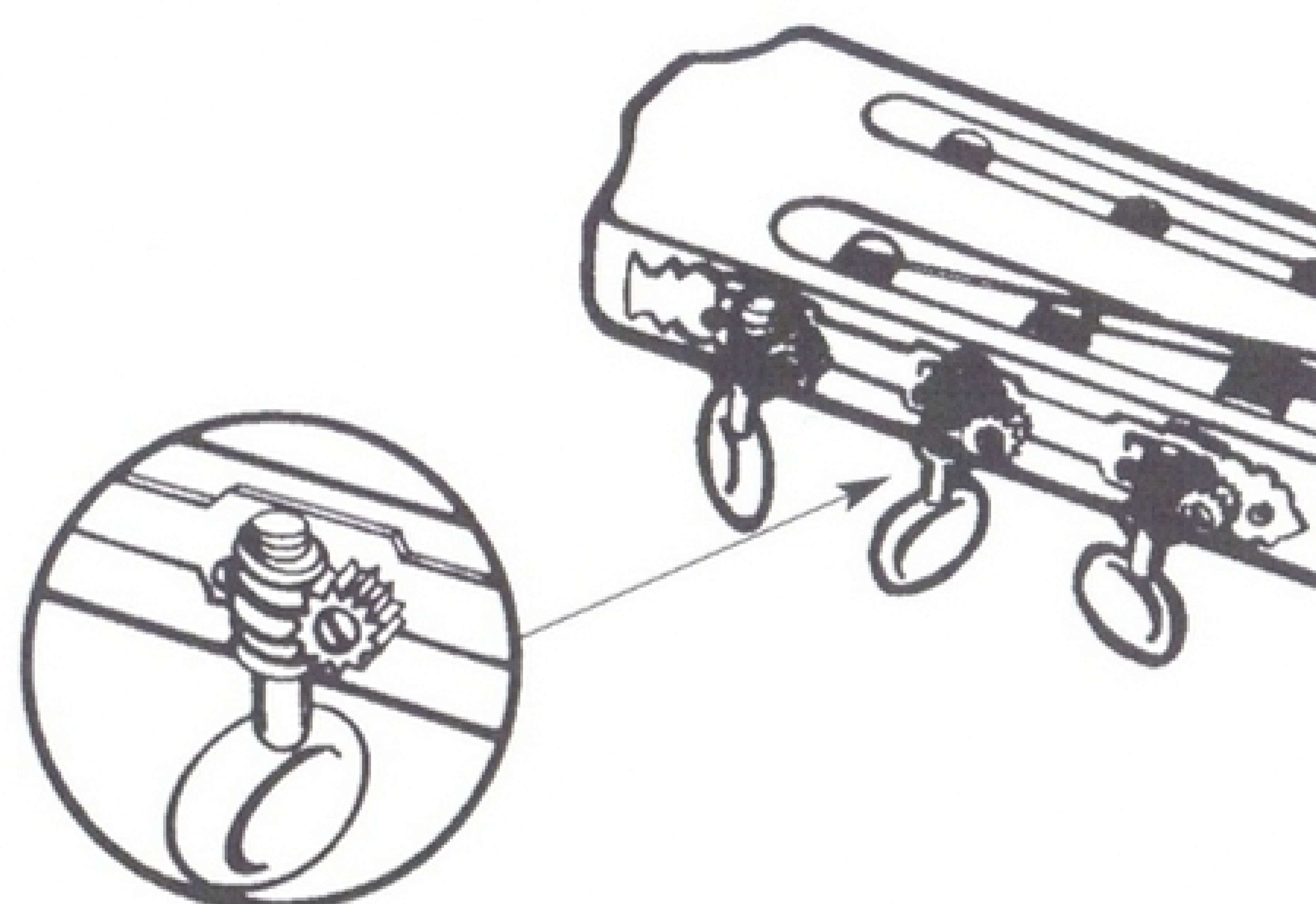
1) Die unten stehenden Abbildungen zeigen die vier Mechanismen, die ihr in der Lektion untersucht habt (Kegelrad, Zahnkranz und Ritzel, Schneckenrad, Kardangelenk).

Kennzeichnet jeden Mechanismus und schreibt einen Satz zu jedem Mechanismus um zu erklären, wie er die Bewegung ändert. Denkt daran, dass die unterschiedlichen Mechanismen die Richtung, die Geschwindigkeit und das Drehmoment ändern können.

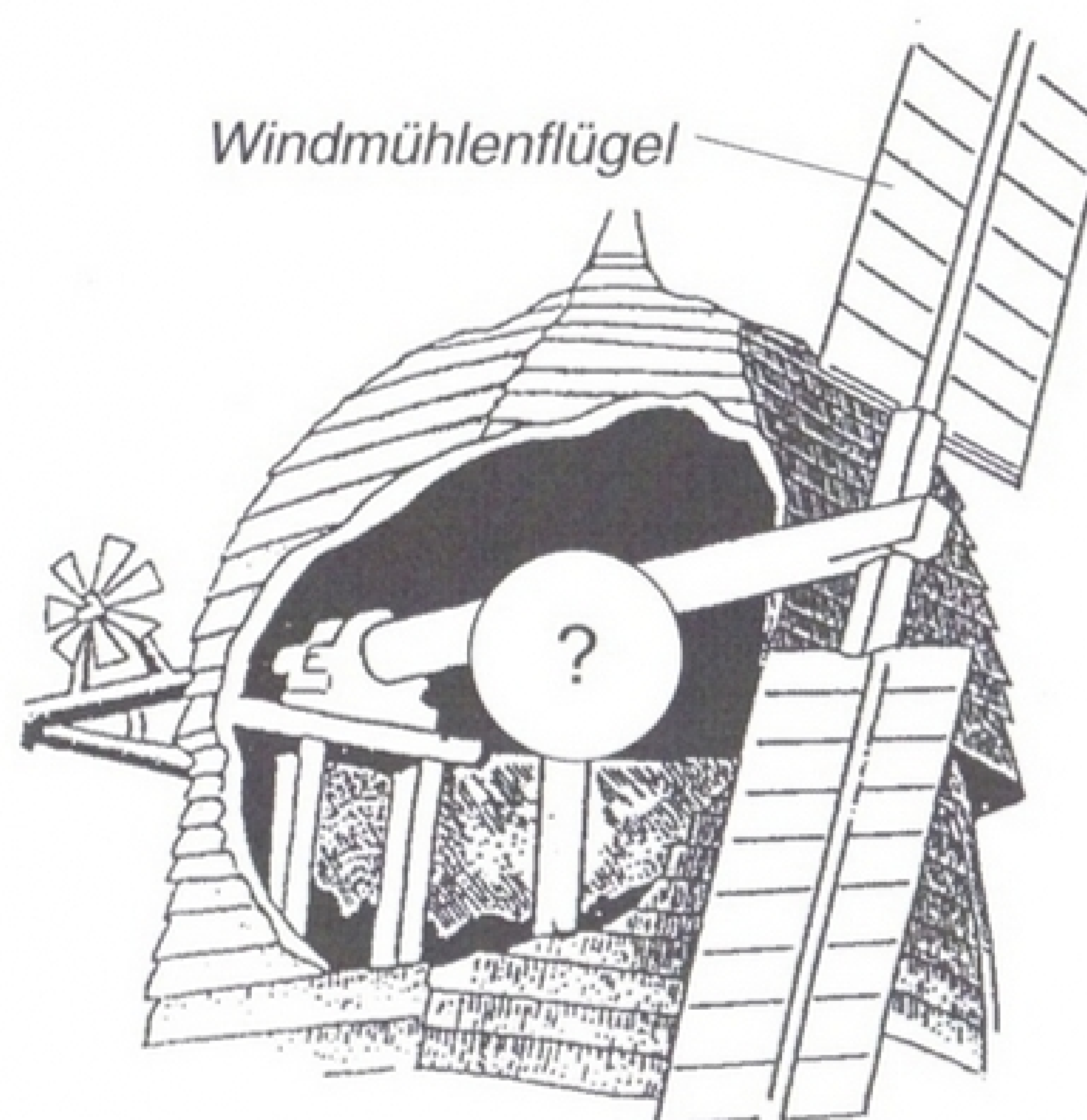


2) Den Mechanismus, der zum Anziehen der Saiten einer Gitarre verwendet wird, bezeichnet man als Wirbel. Um welche Art von Mechanismus handelt es sich hierbei?

Könnt ihr euch mindestens einen Grund dafür denken, warum dieser bestimmte Mechanismus verwendet wird?



Wirbel



3) In dieser Windmühle wird ein Mechanismus benötigt, um die Richtung der Bewegung der Windmühlenflügel so zu ändern, dass die Mühlsteine angetrieben werden.

Zeichnet den Mechanismus, von dem ihr meint, dass er für jede der oben aufgeführten verschiedenen Situationen verwendet werden sollte. Kennzeichnet die Eingabe und die Ausgabe.

a) Ändert die Richtung der Bewegung, aber ändert nicht die Geschwindigkeit.

b) Ändert die Richtung der Bewegung und sorgt dafür, dass sich die Mühlsteine schneller drehen als die Windmühlenflügel.

c) Ändert die Richtung der Bewegung und sorgt dafür, dass sich die Mühlsteine langsamer drehen als die Segel.

Eine Drehbewegung in eine lineare Bewegung umwandeln

Mechanismen können eine Bewegung übertragen und deren Geschwindigkeit, Kraft und Richtung ändern.

Sie können ebenfalls eine Art von Bewegung in eine andere Art umwandeln.

Die Eingabe für das in Abb. 1 gezeigte Schiebetürensystem ist die Drehbewegung von einem Elektromotor. Die Ausgabe ist die Bewegung der Tür in einer geraden Linie, wenn sie sich öffnet und schließt.

1) Baut die **Zahnstangen-** und **Schraubenspindel-**Modelle auf separaten Grundplatten. Beide dieser Mechanismen wandeln die Drehbewegung in eine **lineare** Bewegung um.

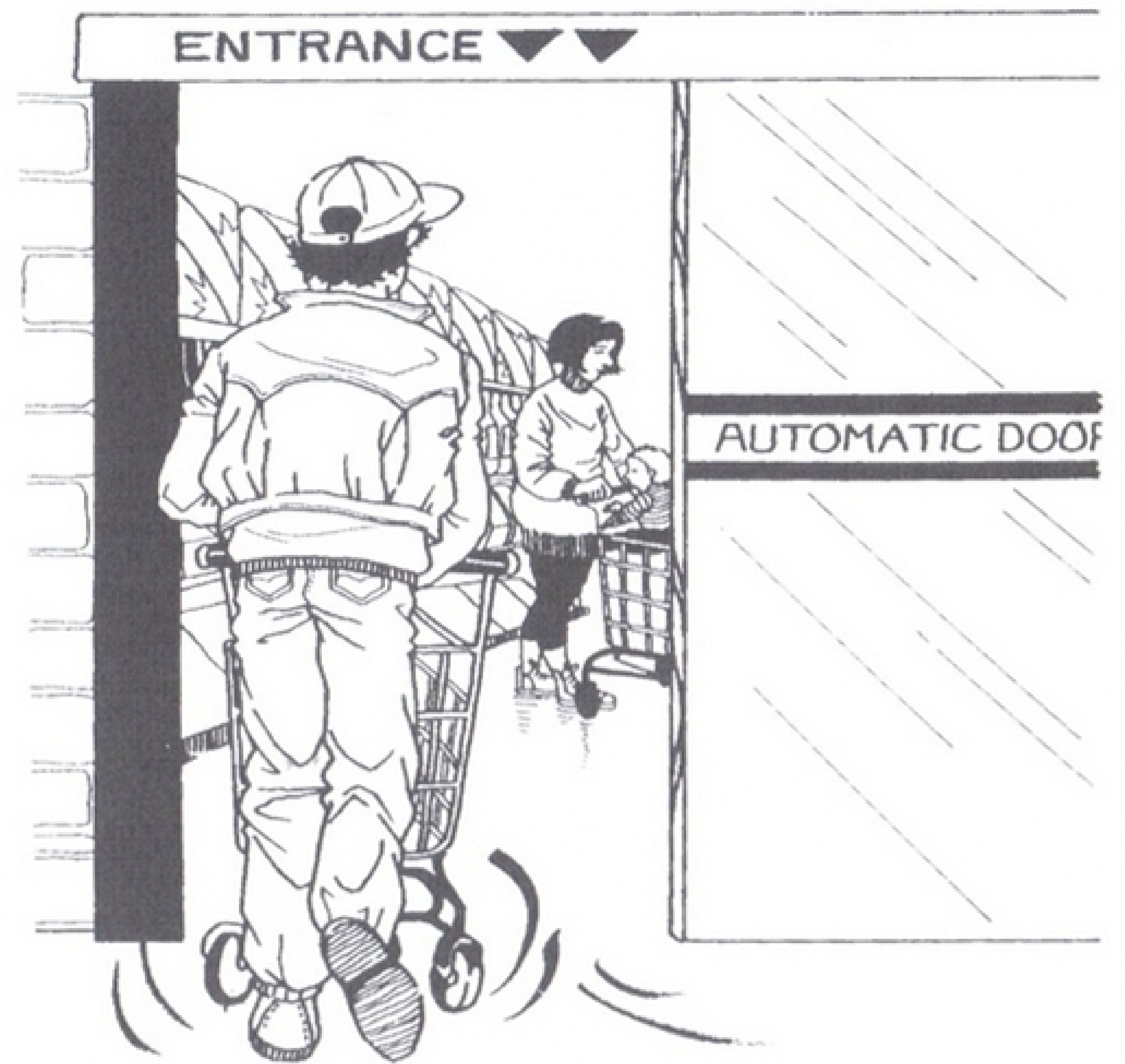
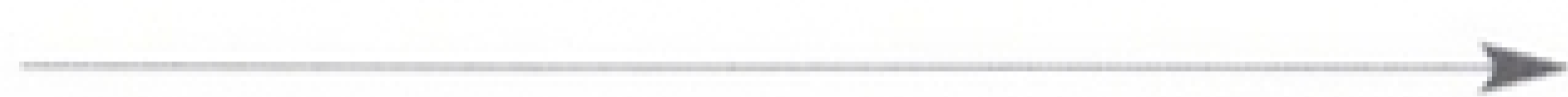


Abb. 1

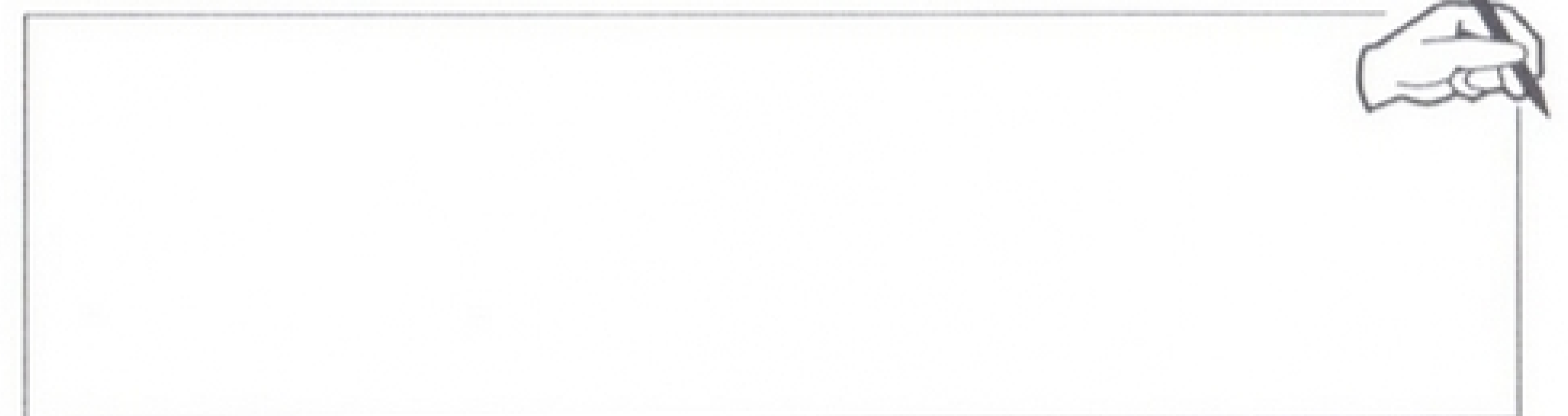
Lineare Bewegung

Linear bedeutet eine Hin- und Herbewegung in einer geraden Linie.

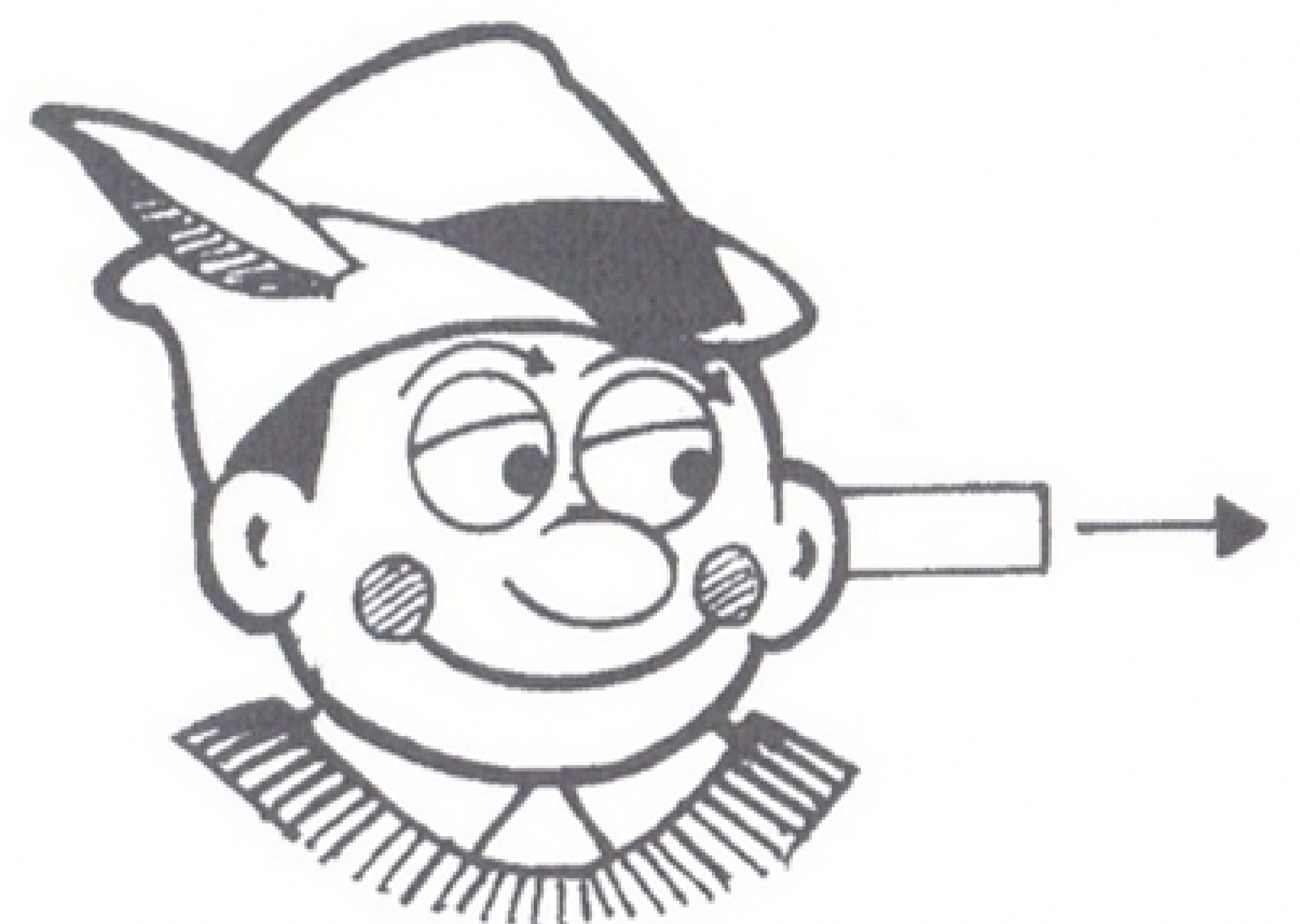
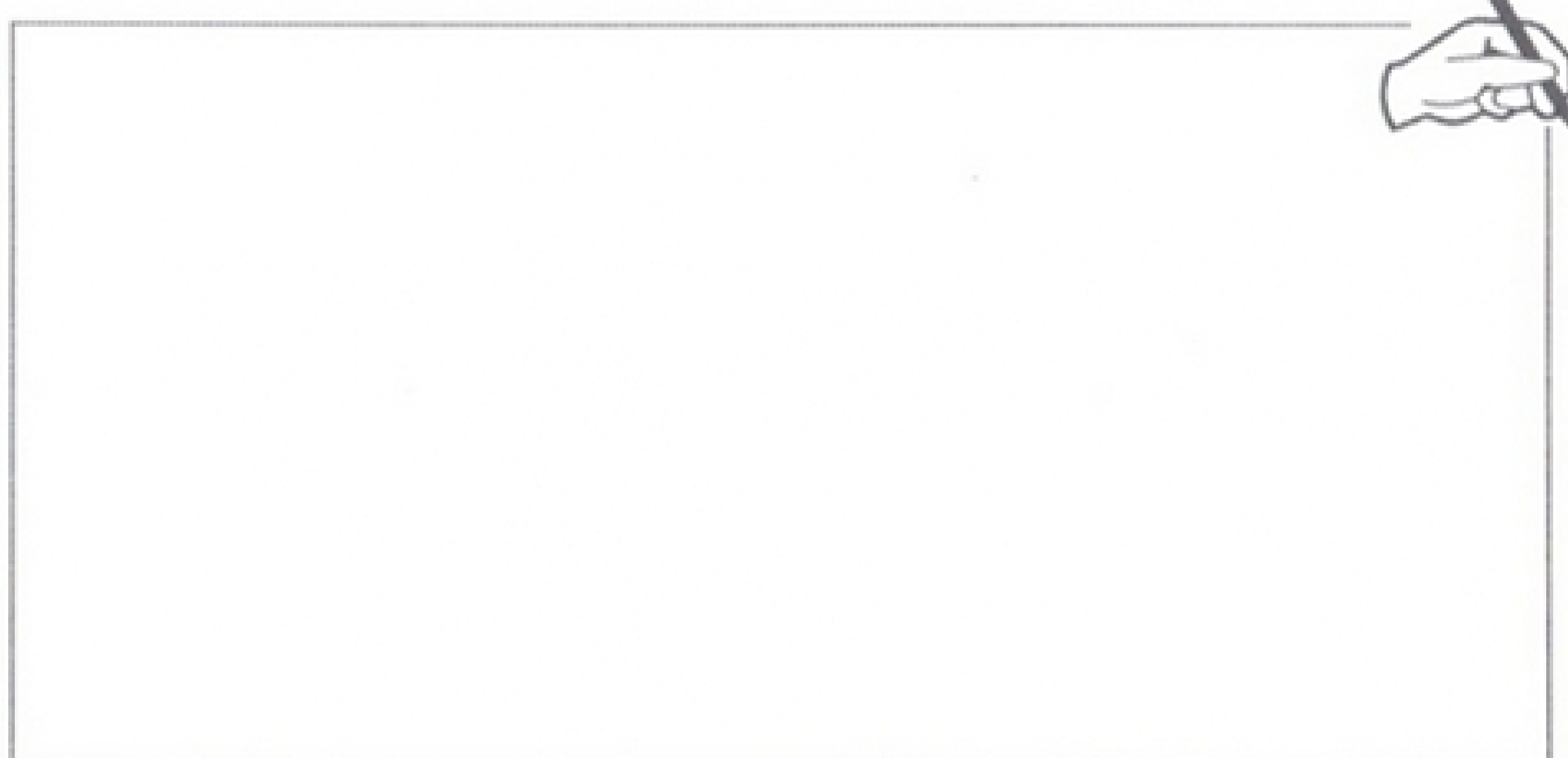
Das Symbol für eine lineare Bewegung sieht folgendermaßen aus:



2) Nur durch einen der Mechanismen wird die Kraft erhöht. Haltet die Ausgabe von jedem Mechanismus fest und versucht ihn anzuhalten, wenn ihr am Griff dreht. Bei welchem nimmt die Kraft zu?



3) Versucht, die Ausgabe jedes Mechanismus zu ziehen oder zu schieben. Dreht sich der Griff? Welcher dieser beiden Mechanismen ist umkehrbar?



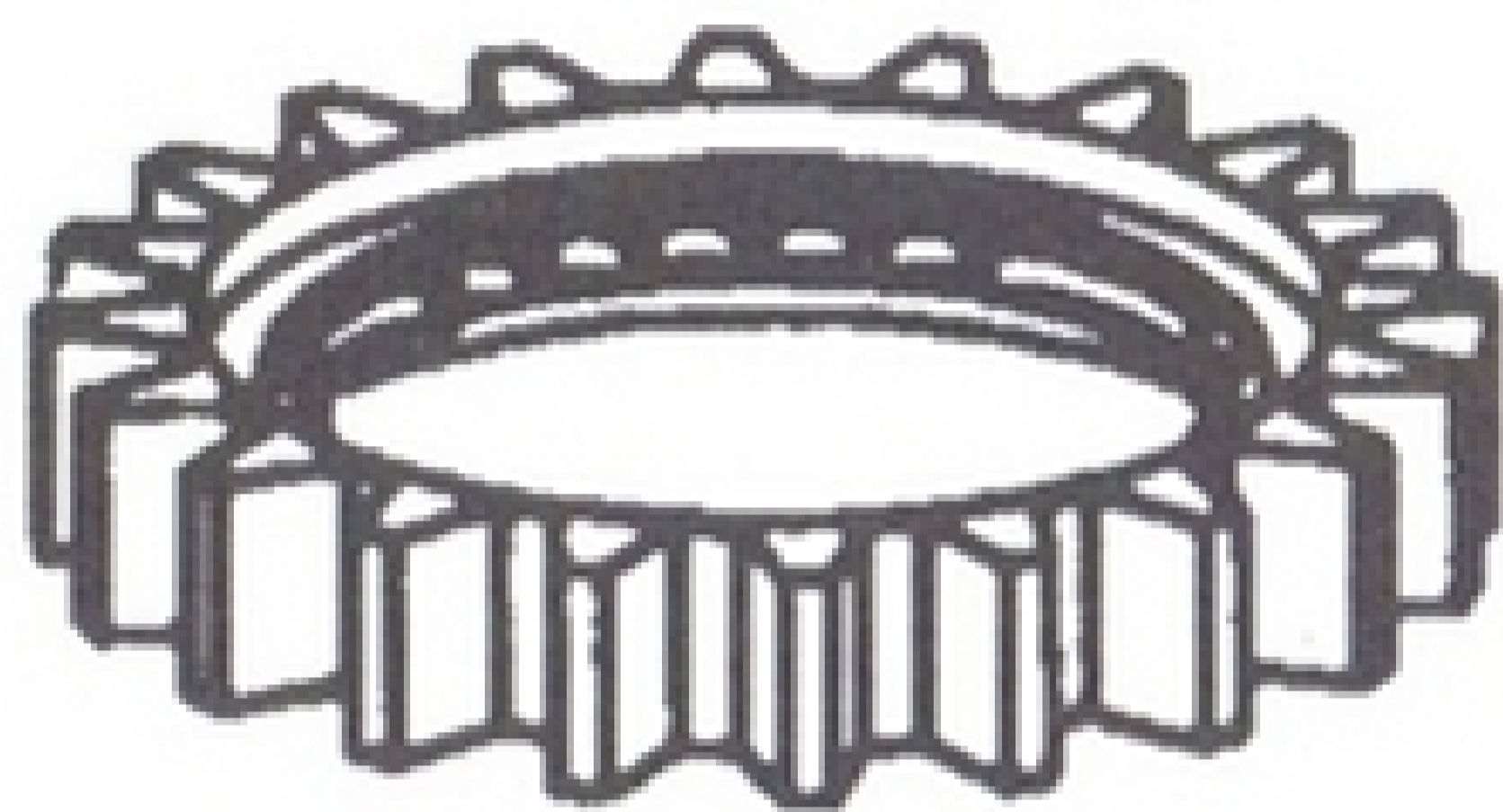
Für dieses bewegte Spielzeug wird ein Zahnstangenmechanismus verwendet, um eine Eingabe in Form einer linearen Bewegung in eine Ausgabe in Form einer Drehbewegung umzuwandeln (die Augen drehen sich).

4) Führt die folgenden Versuche durch um die Geschwindigkeit der Ausgabe jedes Mechanismus miteinander zu vergleichen.

a) Zahnstange

Dreht den Griff einmal in einer vollen Umdrehung. Messt, wie weit sich die Zahnstange bewegt.

Das Zahnrad des Modells besitzt 10 Zähne. Ändert es zu einem Zahnrad mit 20 Zähnen.



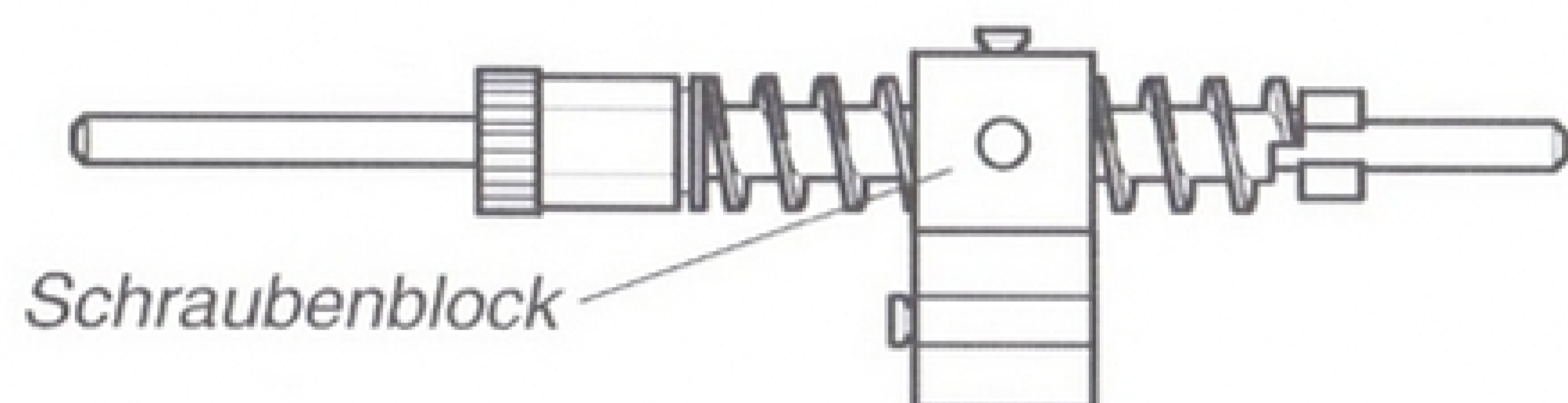
Zahnrad mit 20 Zähnen

Was glaubt ihr, wird sich die Zahnstange schneller oder langsamer bewegen? Probiert es aus!

Messt, wie weit sich die Zahnstange jetzt bewegt, wenn ihr den Griff einmal dreht.

b) Schraubenspindel

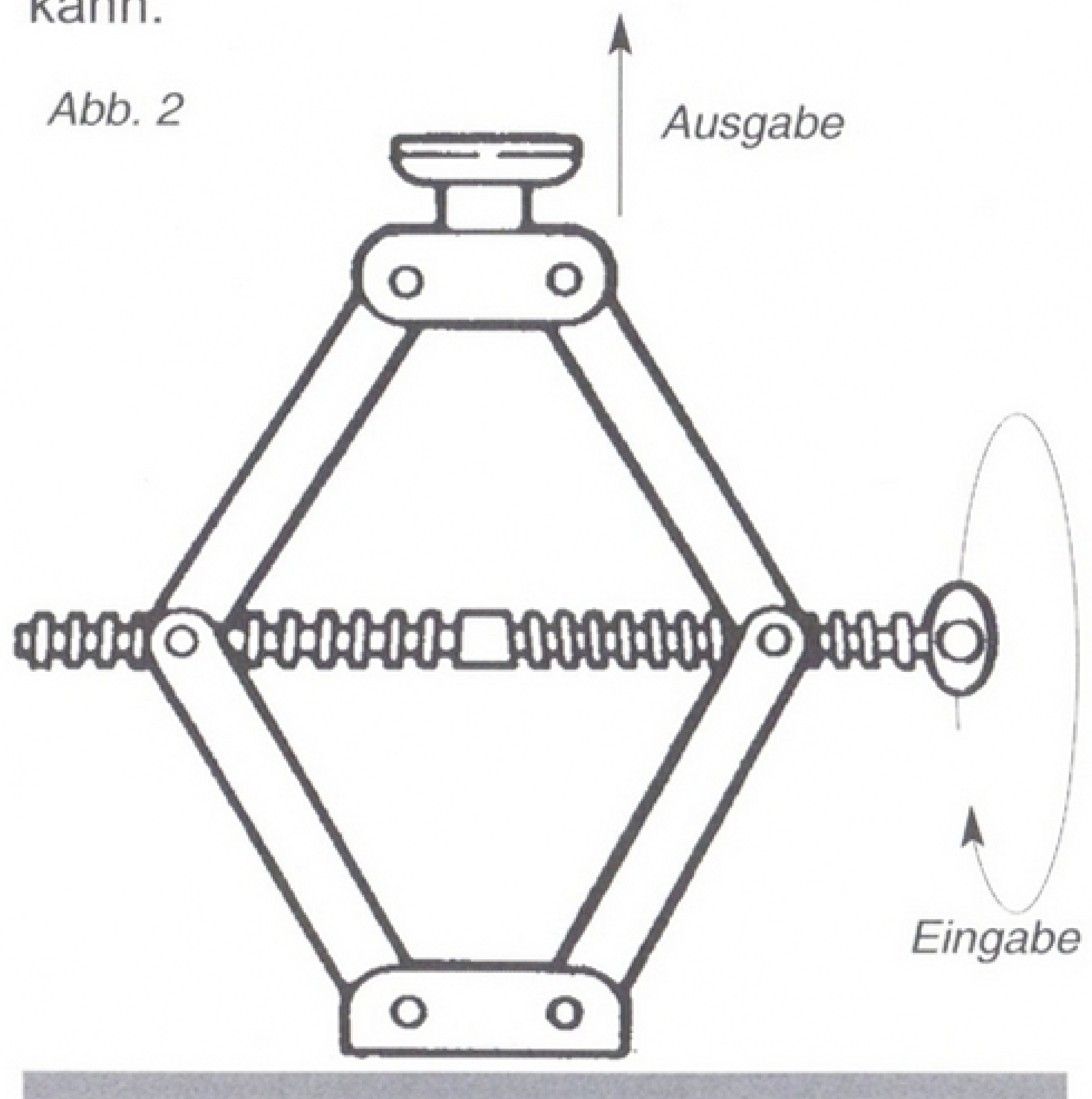
Dreht den Griff einmal in einem vollen Kreis. Messt, wie weit sich der Schraubenblock bewegt.



Welcher der beiden Mechanismen bewegt die Ausgabe schneller?

5) Bei der in Abb. 2 gezeigten Vorrichtung handelt es sich um einen Wagenheber, mit dem das Auto so weit angehoben wird, dass der Reifen gewechselt werden kann.

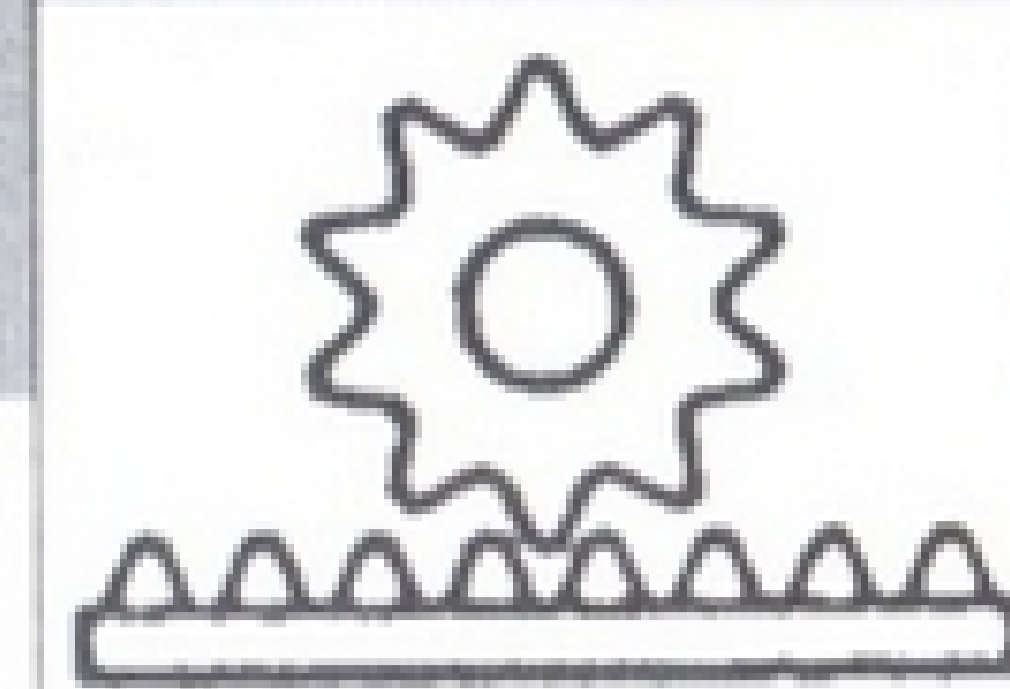
Abb. 2

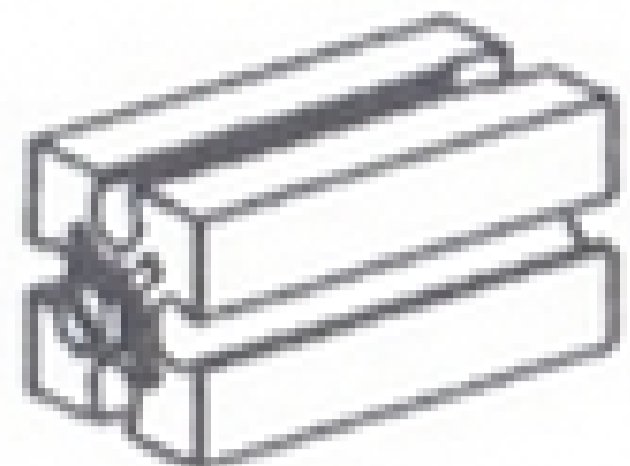
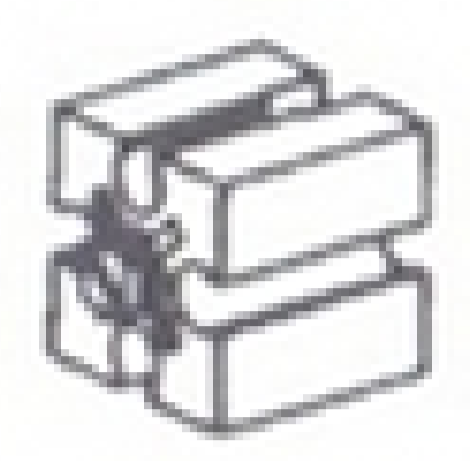




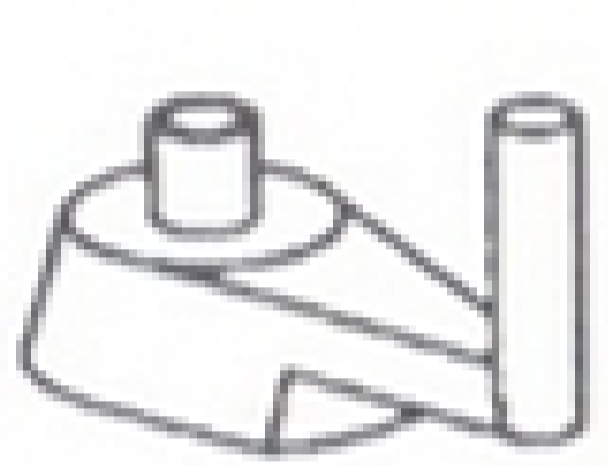





Schreibt zwei Gründe auf, warum eurer Meinung nach ein Schraubenspindelmechanismus verwendet wird.

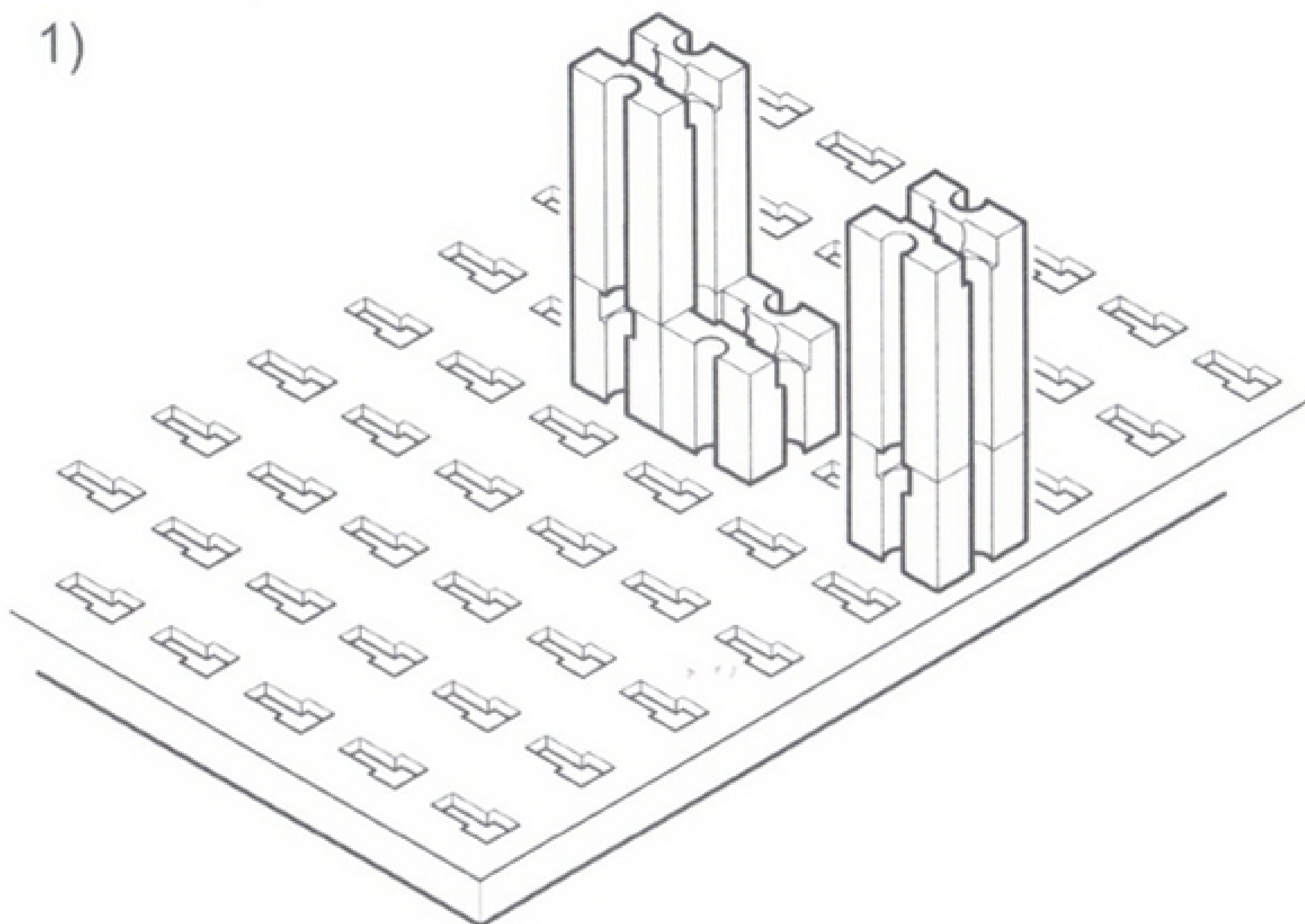
Welchen Nachteil hat die Verwendung dieses Mechanismus?

Zahnstange und Ritzel

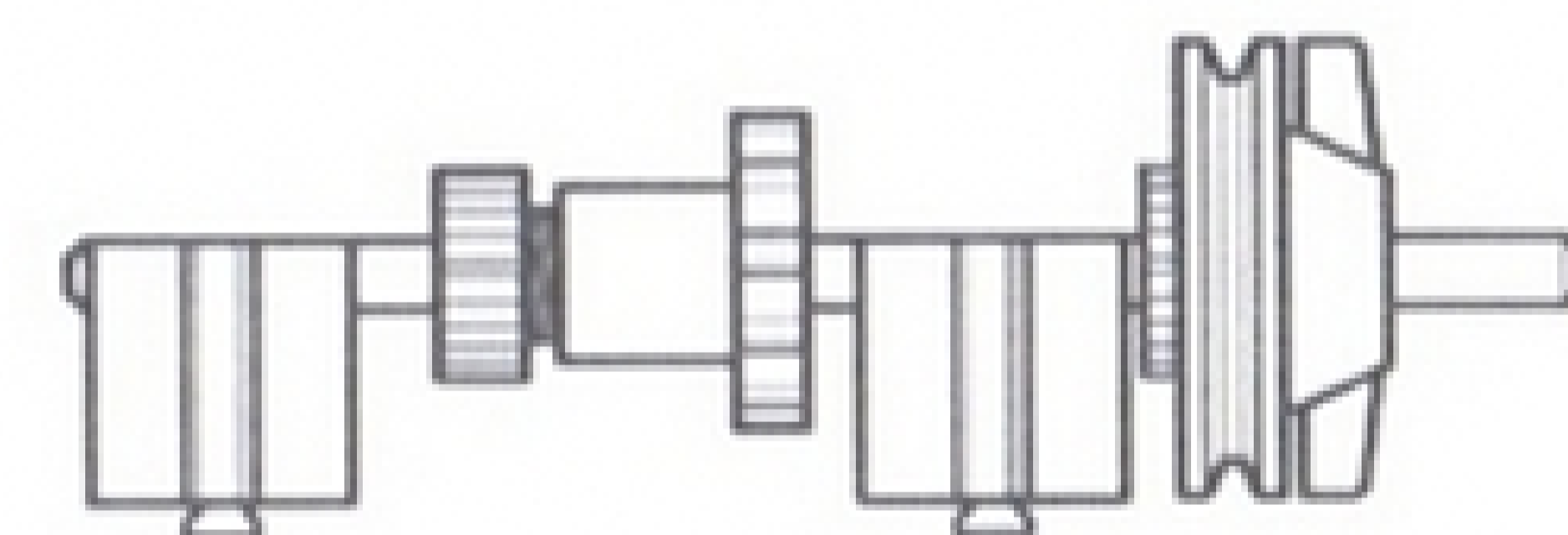
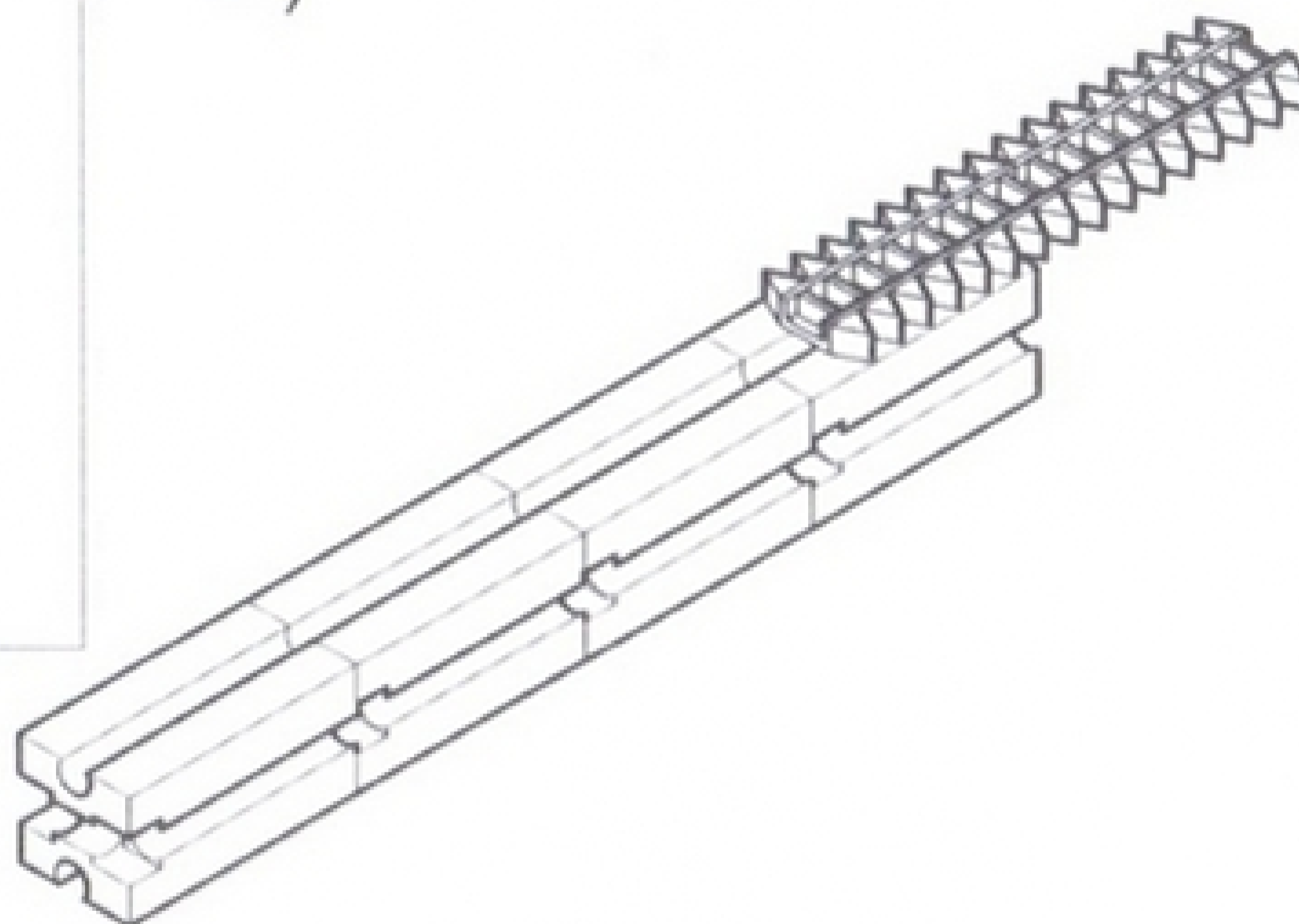


- 6 x 
- 5 x 
- 1 x 
- 1 x  80 mm
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 2 x 

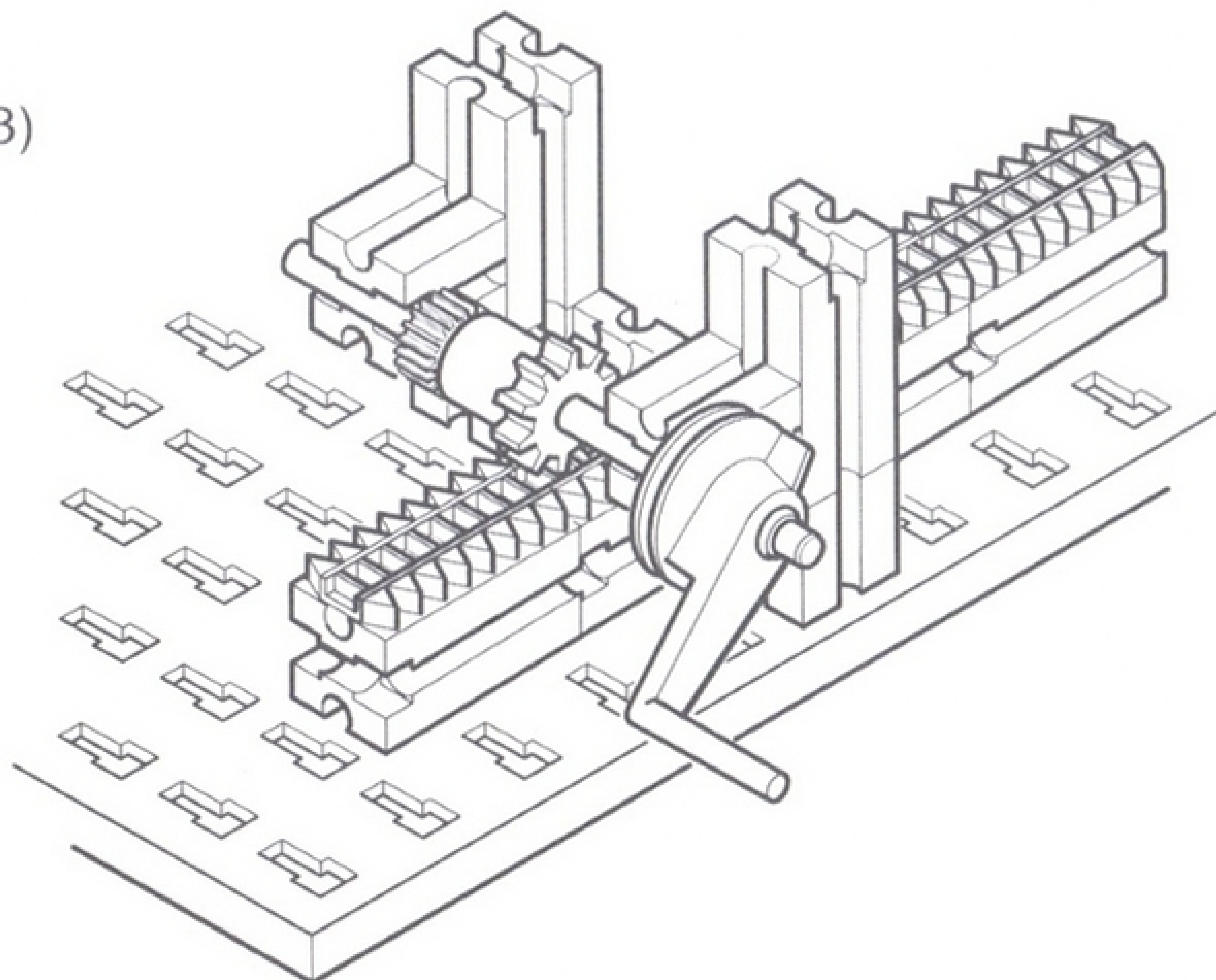
1)



2)

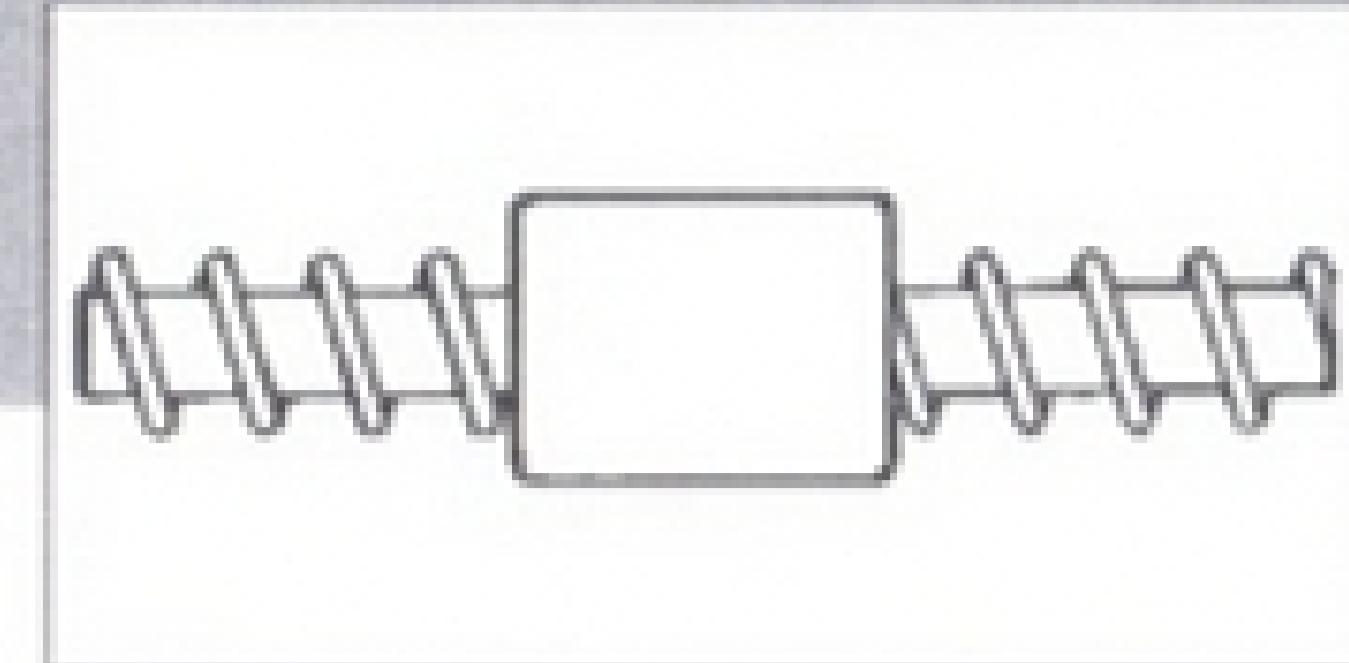


3)

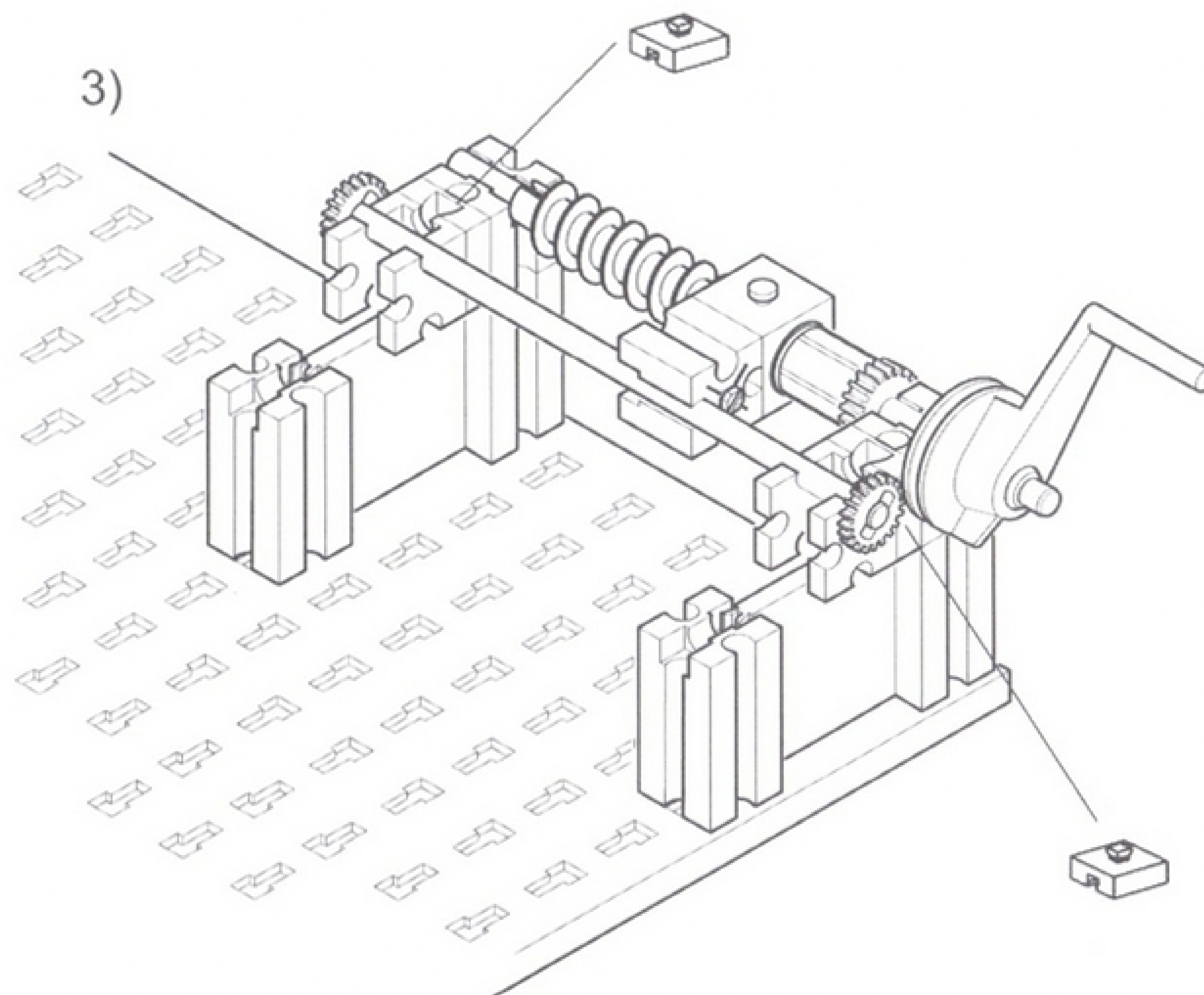
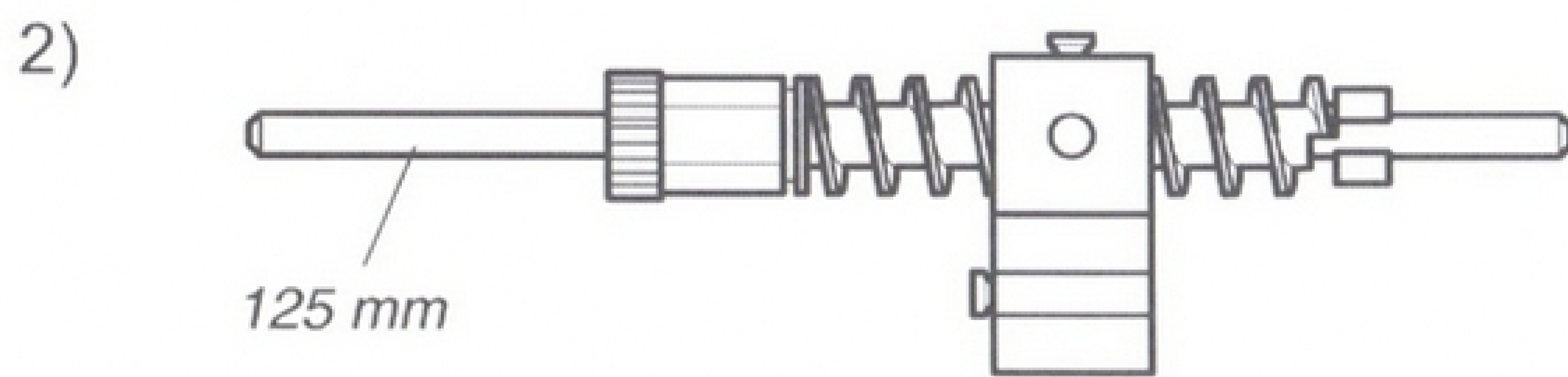
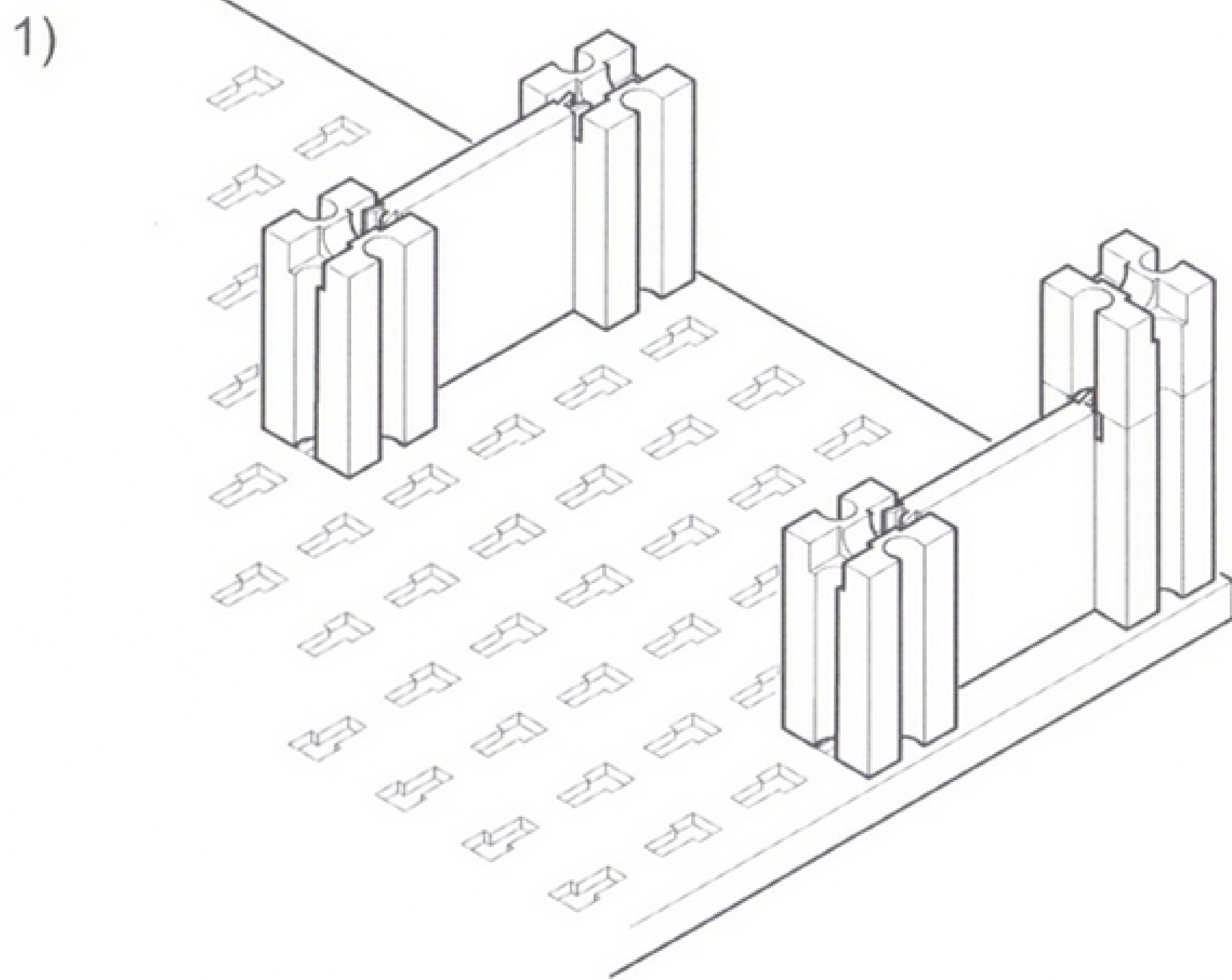


mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

Schraubenspindel und Schraubenblock



- 4 x
- 3 x
- 2 x
- 2 x
- 2 x
- 2 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x
- 1 x



mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

Gelenke

1) Fügt den einfachen Gelenkmechanismus zum Schraubenspindelmodell hinzu, wie in Abb. 1 gezeigt.

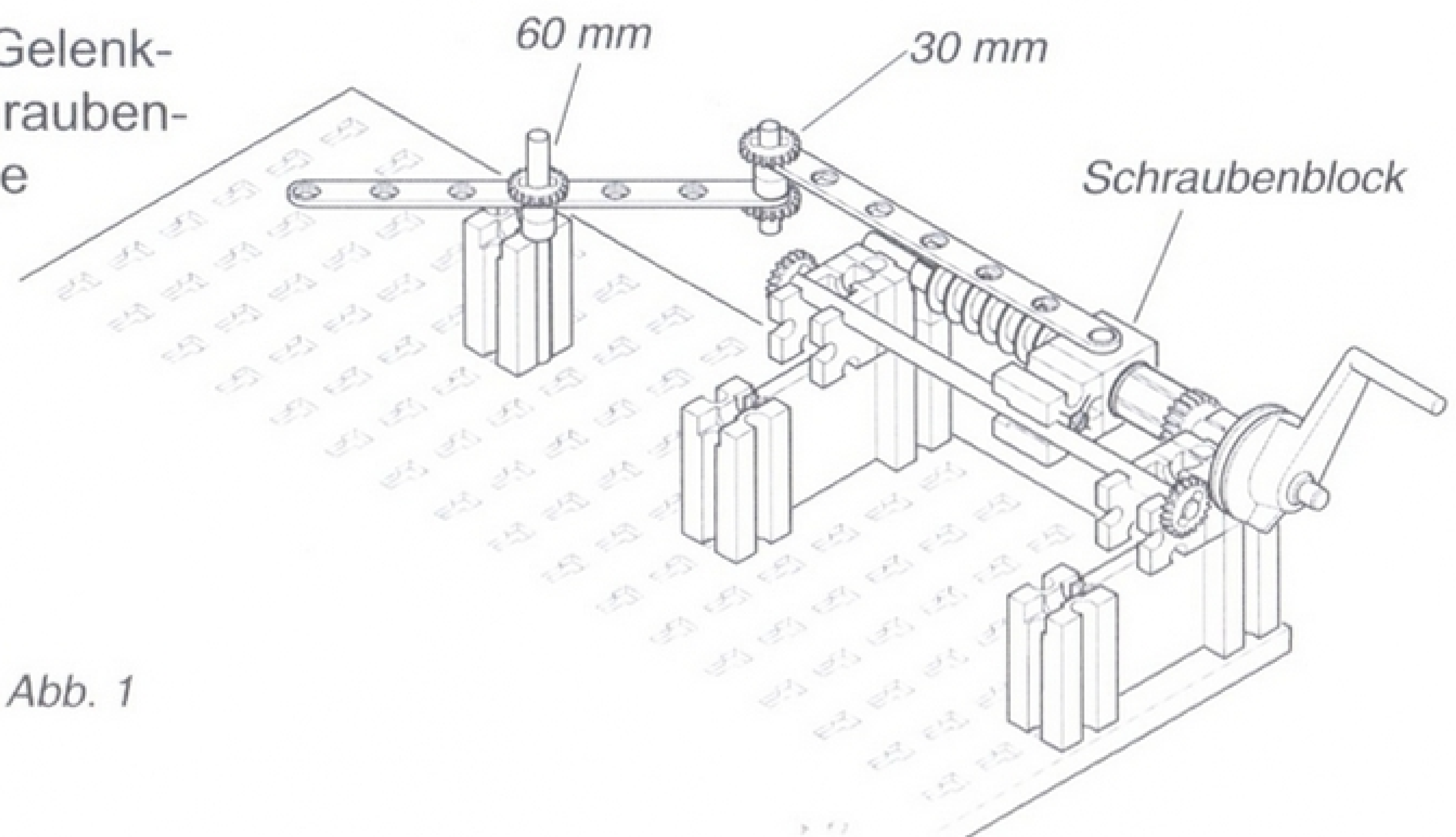


Abb. 1

2) Das **Gelenk** überträgt die Ausgabe von der Schraubenspindel auf einen anderen Teil der Grundplatte. Ihr könnt das Gelenk ebenfalls verwenden, um den vom Ausgang zurückgelegten Abstand zu ändern.

Probiert den **Drehpunkt** in jeder der in Abb. 2 gezeigten Positionen aus. Messt für jede Position, wie weit sich die Ausgabe bewegt, wenn ihr den Griff an der Schraubenspindel um drei volle Umdrehungen dreht. Beginnt jedes Mal mit dem Schraubenblock am Ende der Schraube, die am weitesten vom Griff entfernt liegt.

Tragt das fehlende Wort im folgenden Satz ein:
Der Ausgang bewegt sich am weitesten, wenn der Abstand zwischen Drehpunkt und Eingabe am ist.

Wie würdet ihr das Gelenk anordnen, wenn ihr die zurückgelegte Entfernung verringern möchtet? Probiert es aus!

3) Durch dieses Gelenk wird die Richtung der Bewegung umgekehrt, weil die Eingabe und Ausgabe auf beiden Seiten des Drehpunktes liegen. Siehe Abb. 3.

Möchtet ihr, dass sich die Eingabe und die Ausgabe in die gleiche Richtung bewegen, müsst ihr sie beide auf der gleichen Seite des Drehpunktes anbringen (siehe Abb. 4). Probiert es aus!

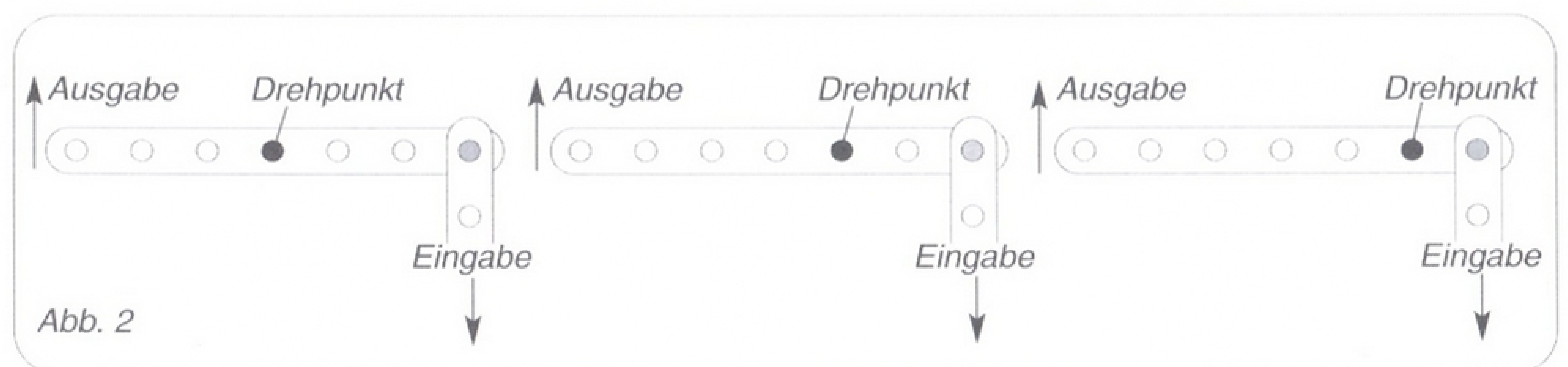


Abb. 2

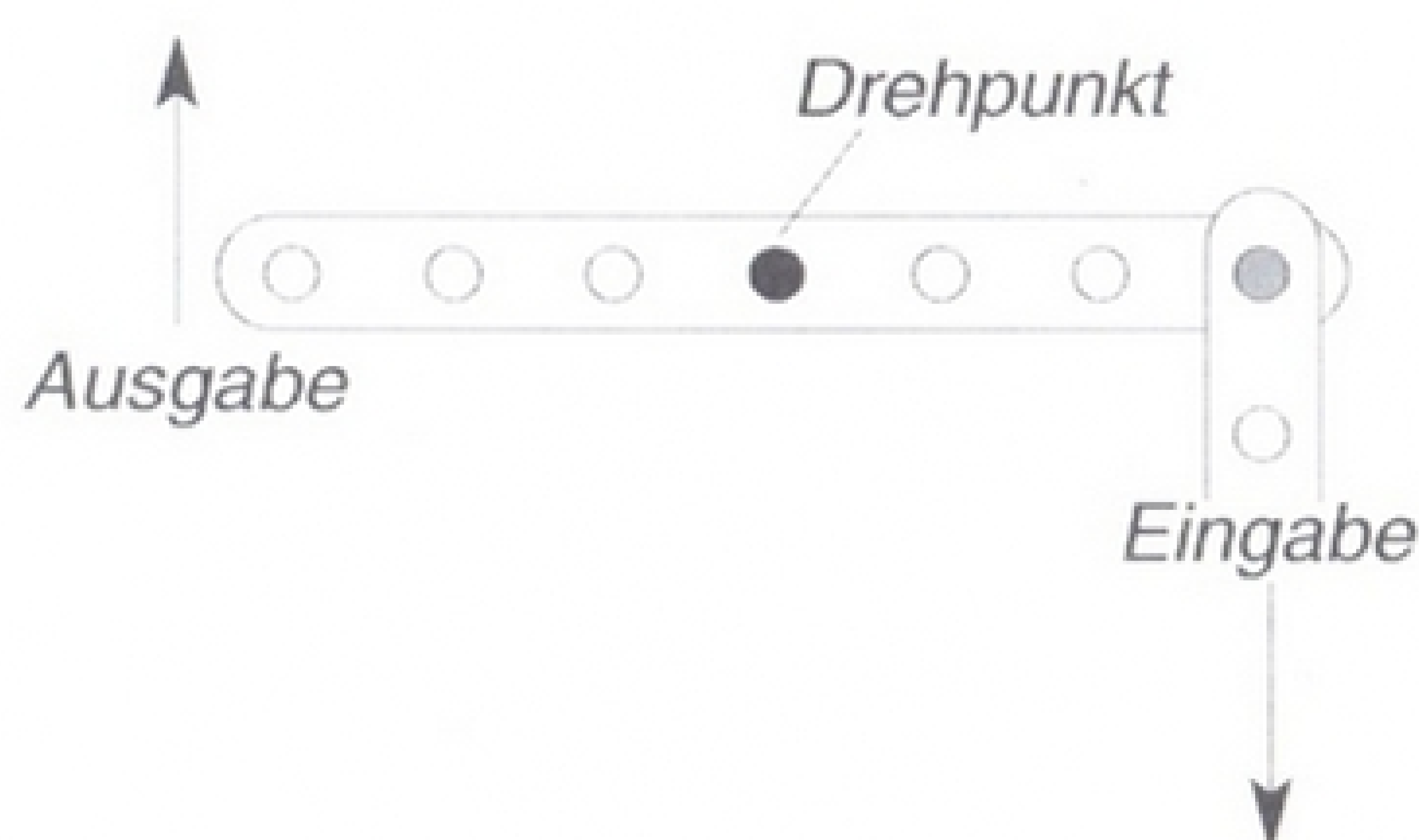


Abb. 3
Gelenk mit umgekehrter Bewegung

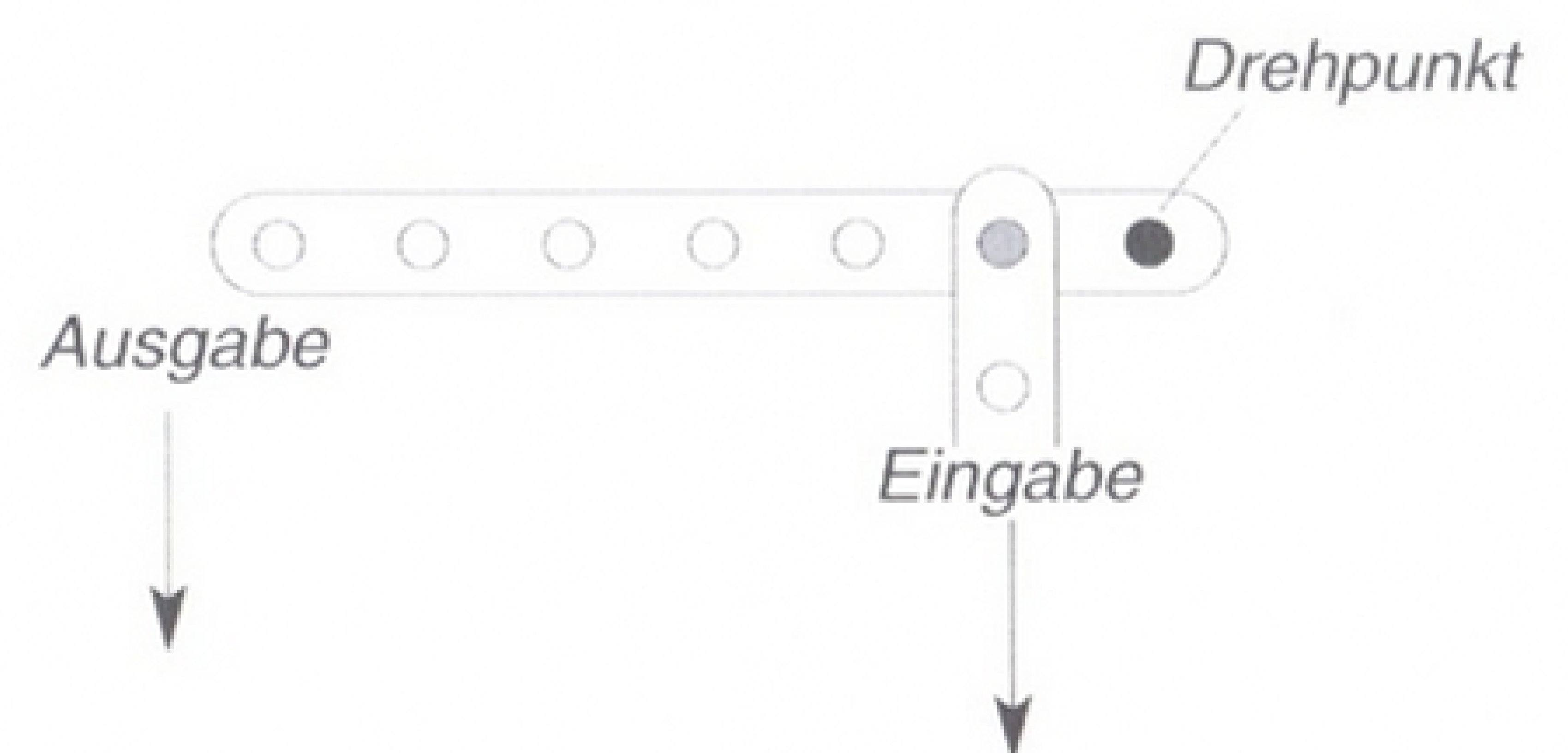
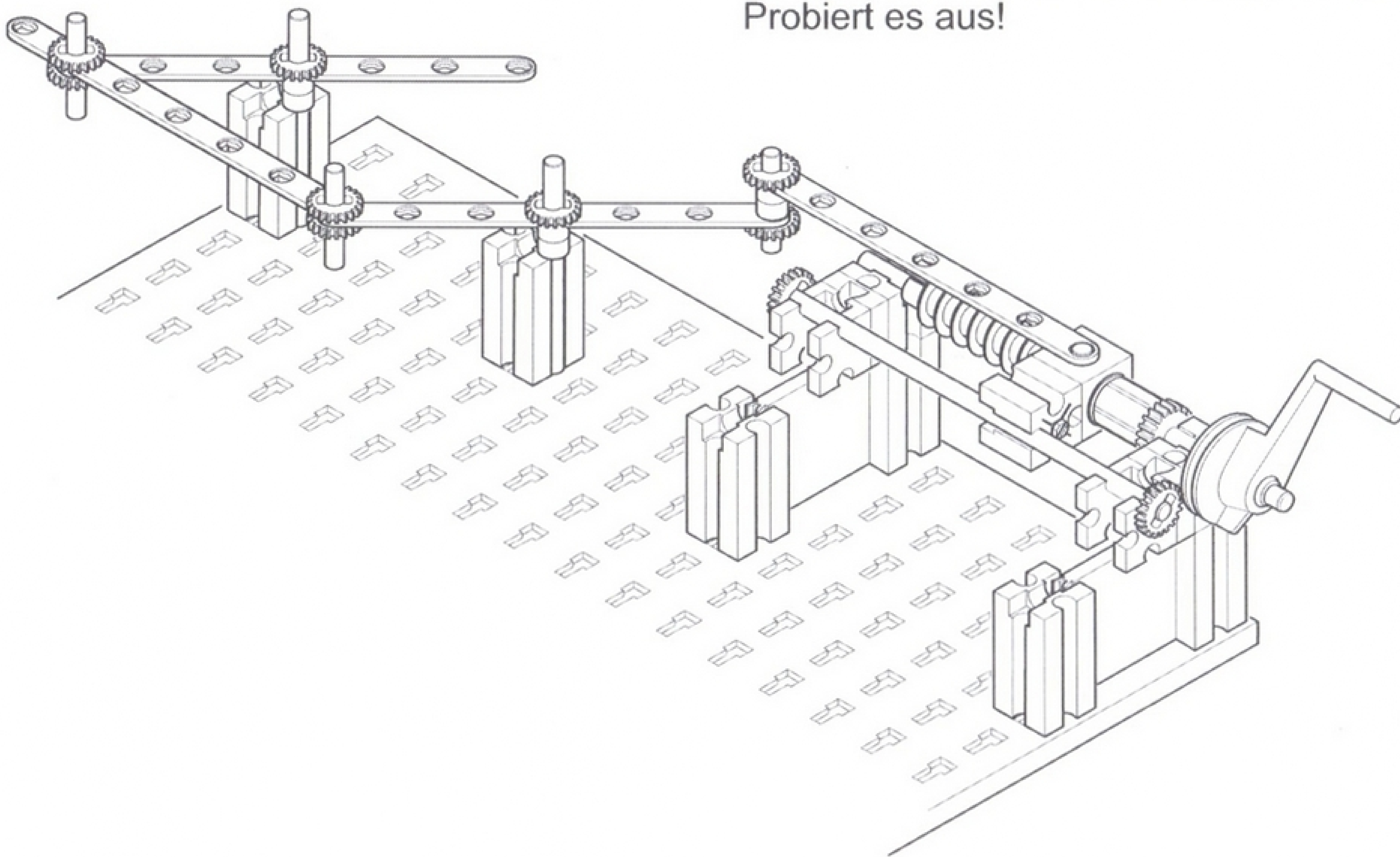


Abb. 4
Gelenk ohne umgekehrte Bewegung

4) Die Eingabe zum Gelenk ist die lineare Bewegung durch die Schraubenspindel, aber wie ihr bestimmt bereits bemerkt habt, bewegt sich die Ausgabe in einer Kurve. Möchtet ihr, dass die Ausgabe linear ist, müsst ihr ein **paralleles Gelenk** verwenden.

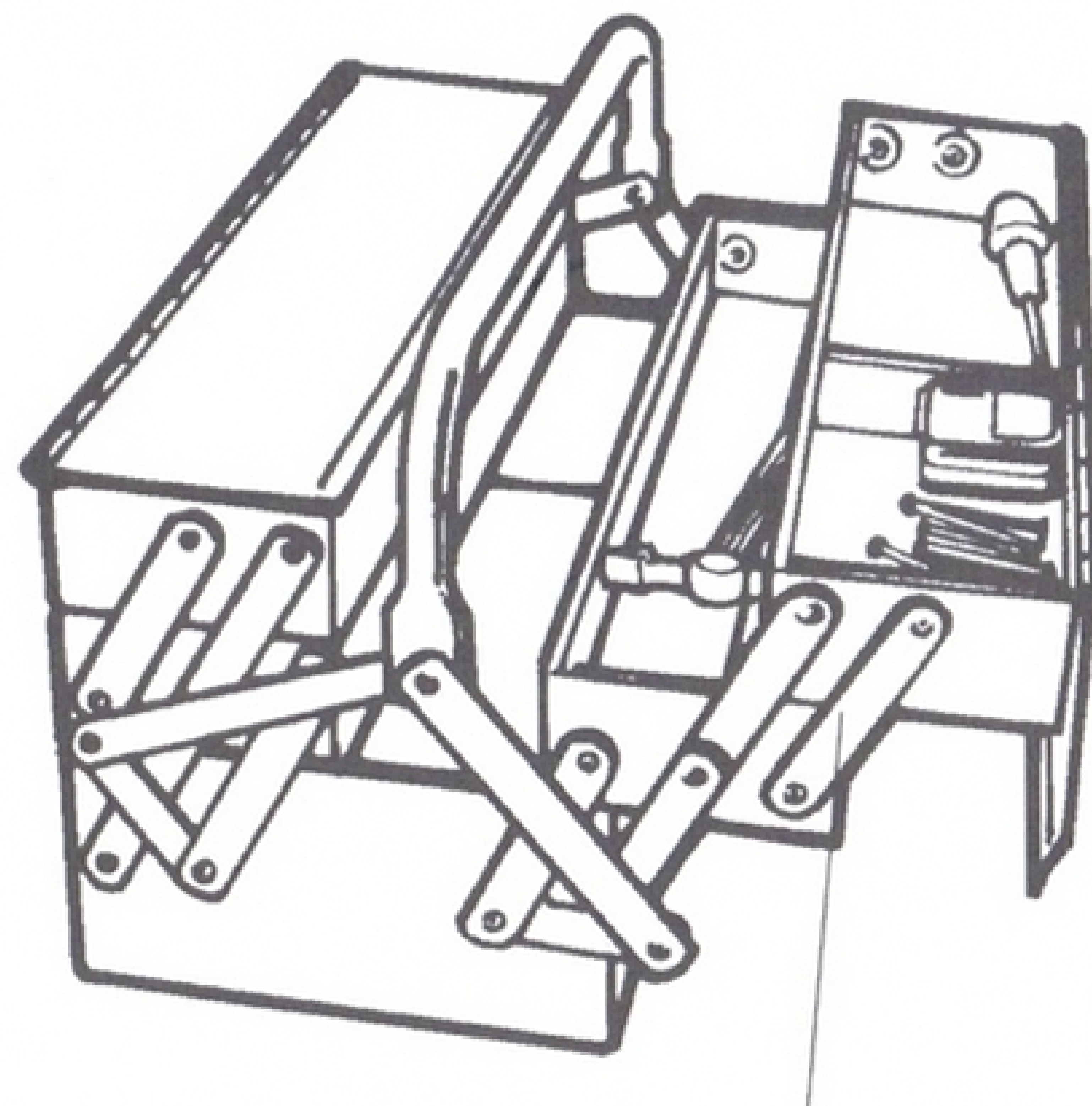
Abb. 5



Wandelt das Gelenk in eurem Modell in ein paralleles Gelenk um, wie in Abb. 5 gezeigt. Probiert euer Modell aus um zu sehen, ob die gegenüberliegenden Seiten des Gelenks parallel zueinander bleiben, wenn sie sich bewegen.

Möchtet ihr die von der Ausgabe zurückgelegte Entfernung verändern, müsst ihr die Position beider Drehpunkte ändern. Probiert es aus!

Die parallelen Gelenke in diesem Werkzeugkasten sorgen dafür, dass die Fächer waagrecht bleiben, wenn der Kasten geöffnet wird.

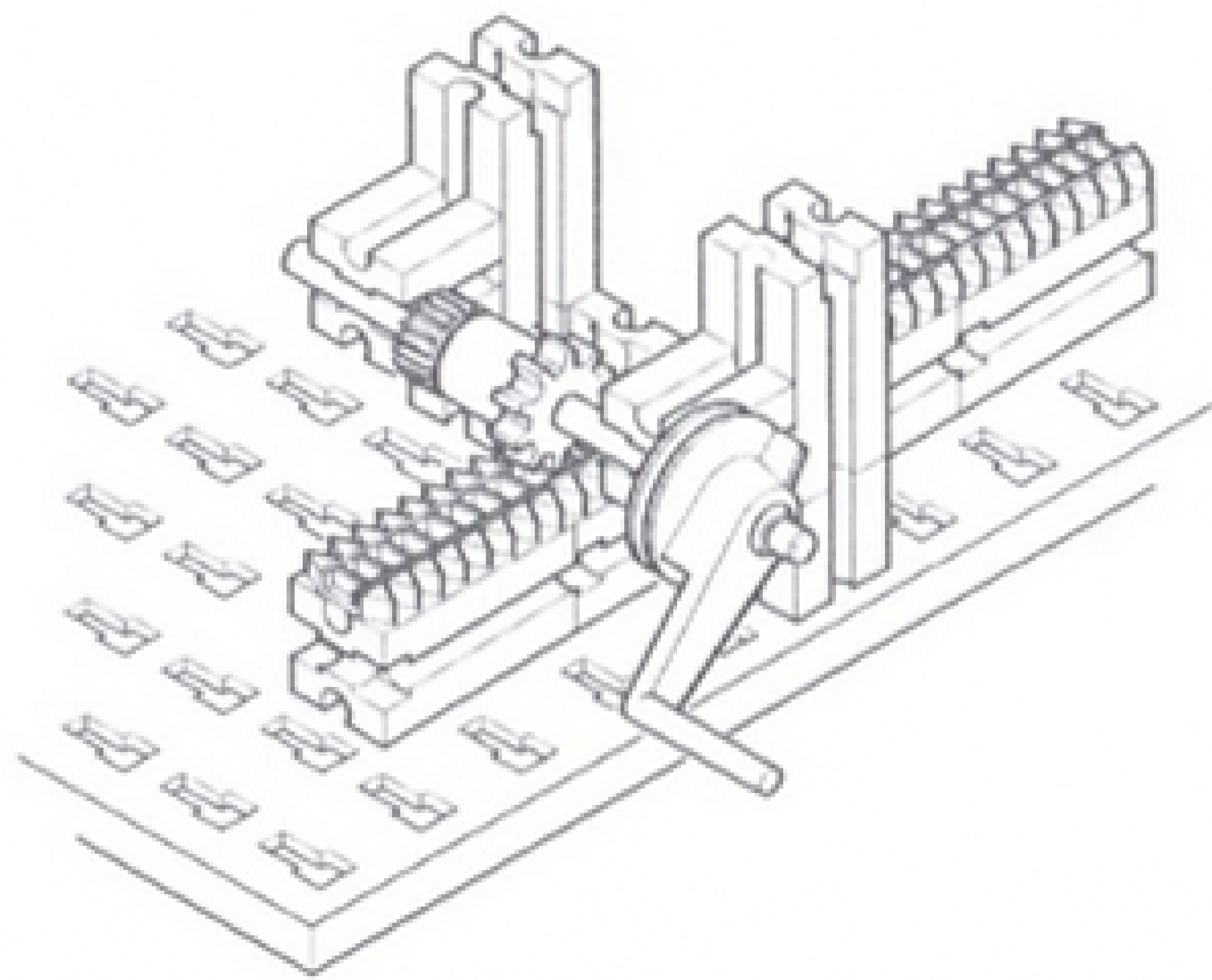
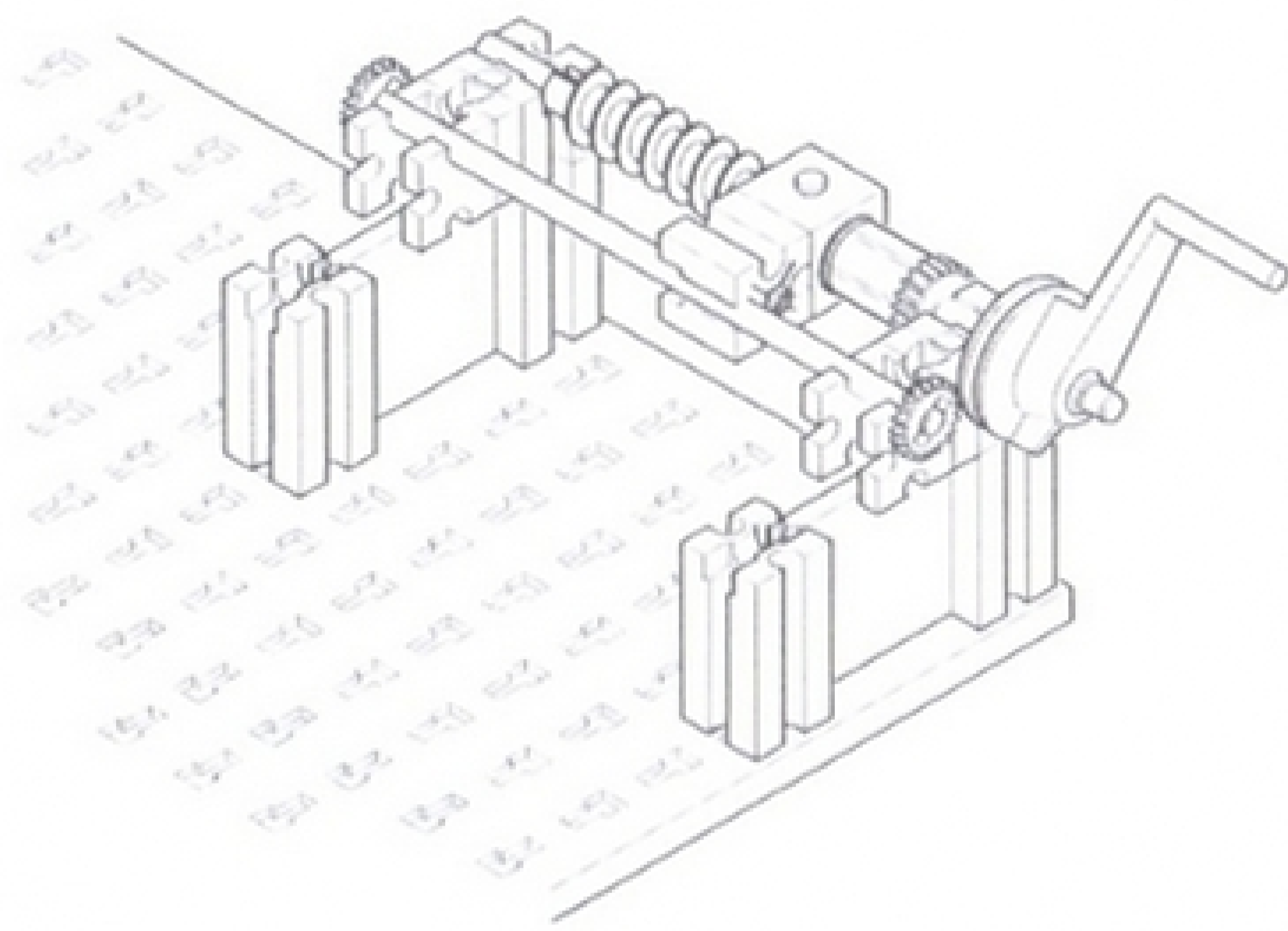


Paralleles Gelenk

Hausaufgabe 2 zum Thema „Mechanismen“

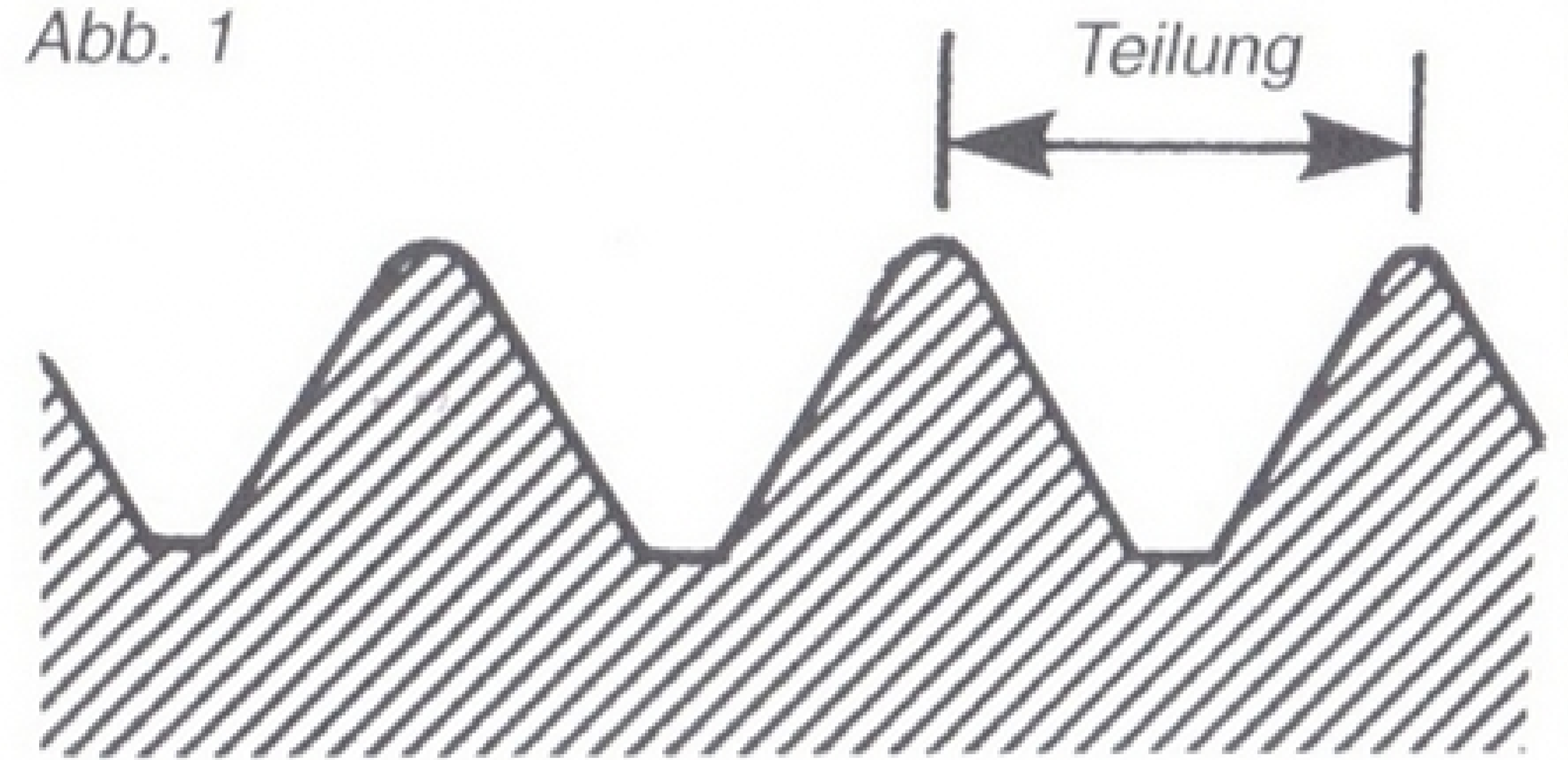
1) Die untenstehenden Bilder zeigen die Zahnstangen- und Schraubenspindel-Modelle, die ihr in dieser Lektion untersucht habt.

Benennt jeden Mechanismus und beschreibt ihn in wenigen Sätzen um zu erklären, wie er die Bewegung verändert. Denkt daran, dass Mechanismen die Richtung, Geschwindigkeit oder Kraft einer Bewegung ändern können.



2) Diese Mechanismen werden in verschiedenen Größen hergestellt oder ausgewählt, um für ein spezielles Ausmaß an Bewegung für bestimmte Aufgaben zu sorgen. Das Ausmaß an Bewegung, für das sie sorgen, hängt von ihrer **Teilung**, bzw. **Gewindesteigung** ab. Siehe Abb. 1.

Abb. 1



Die Teilung der Zahnstange ist der Abstand zwischen den beiden Zähnen. Die Gewindesteigung der Schraube ist der Abstand zwischen zwei Gewinden.

$$\text{Von der Zahnstange zurückgelegte Entfernung} = \boxed{\text{Anzahl der Eingabedrehungen}} \times \boxed{\text{Gewindesteigung}} \times \boxed{\text{Anzahl der Zähne auf dem Zahnrad (Ritzel)}}$$

$$\text{Von der Ausgabe der Schraubenspindel zurückgelegte Entfernung} = \boxed{\text{Anzahl der Eingabedrehungen}} \times \boxed{\text{Gewindesteigung}}$$

a) Eine Zahnstange mit einer Gewindesteigung von 2 mm wird mit einem Getriebe mit 15 Zähnen verwendet.

Wie weit bewegt sich die Zahnstange, wenn die Eingabe mit einer vollen Umdrehung erfolgt?

Wie viele Umdrehungen sind erforderlich, um die Zahnstange über eine Entfernung von 120 mm zu bewegen?

b) Ein Schraubenspindelmechanismus besitzt eine Gewindesteigung von 0,5 mm. Wie viele volle Umdrehungen der Eingabe sind erforderlich, um die Ausgabe über eine Entfernung von 120 mm zu bewegen?

Gelenke

In einem Kindergarten sind die Erzieherinnen der Meinung, dass diese lustigen Kleiderhaken Kinder dazu ermutigen, ihre Mäntel aufzuhängen. Durch das Gewicht eines Mantels rutscht der Kleiderhaken in einer Nut nach unten. Diese Bewegung wird von einem Gelenk übertragen, so dass sich die Figur bewegt.



a) Skizziert das Gelenk, von dem ihr meint, dass es verwendet werden könnte, um die im Bild gezeigte Bewegung zu erzeugen.

b) Skizziert eure Ideen für eine Konstruktion, die auch älteren Kindern in einer Grundschule gefallen könnten. Dies könnte mehr als eine Ausgabebewegung beinhalten. Zeigt die Gelenke, die ihr verwenden würdet.

a)



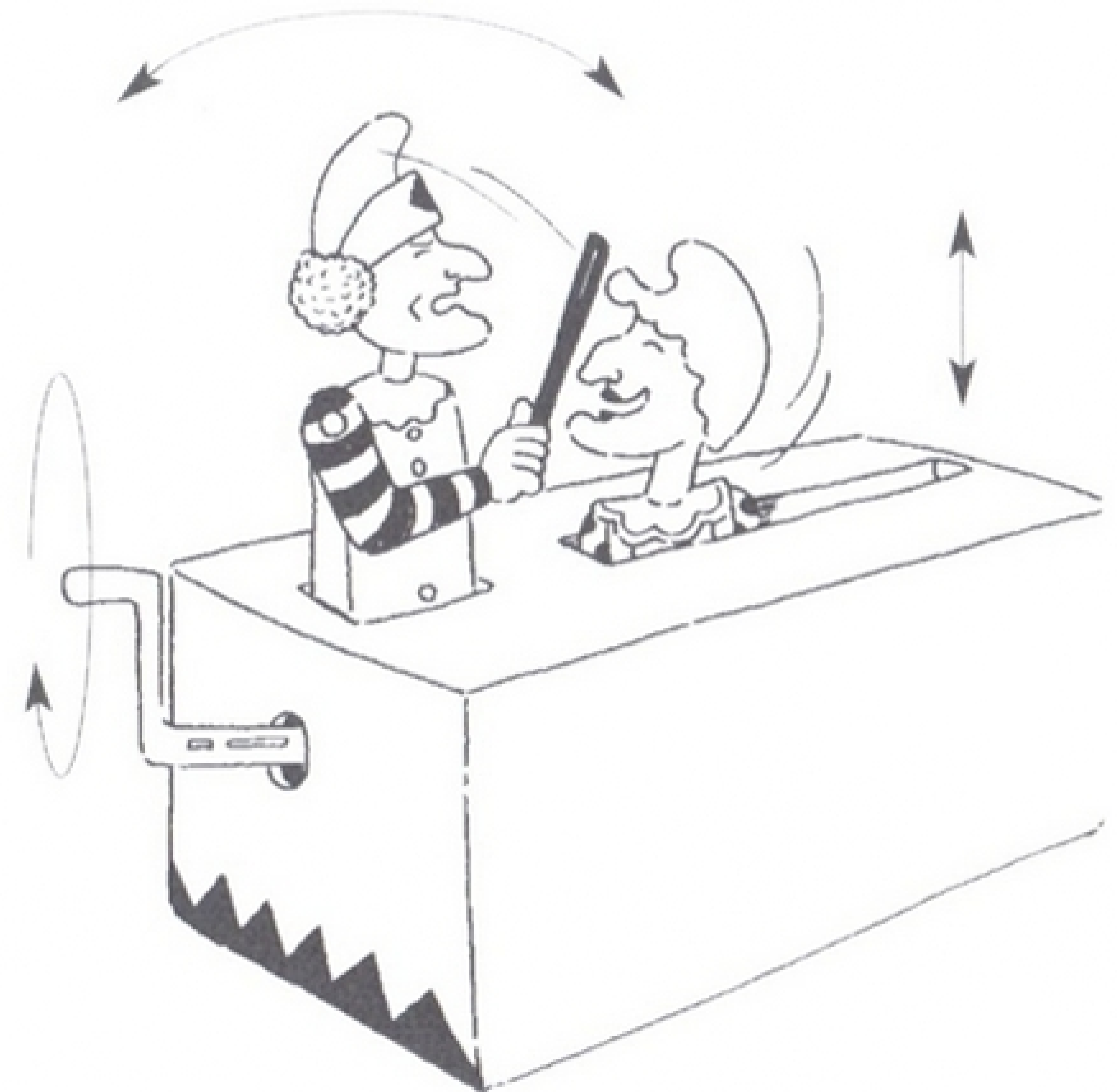
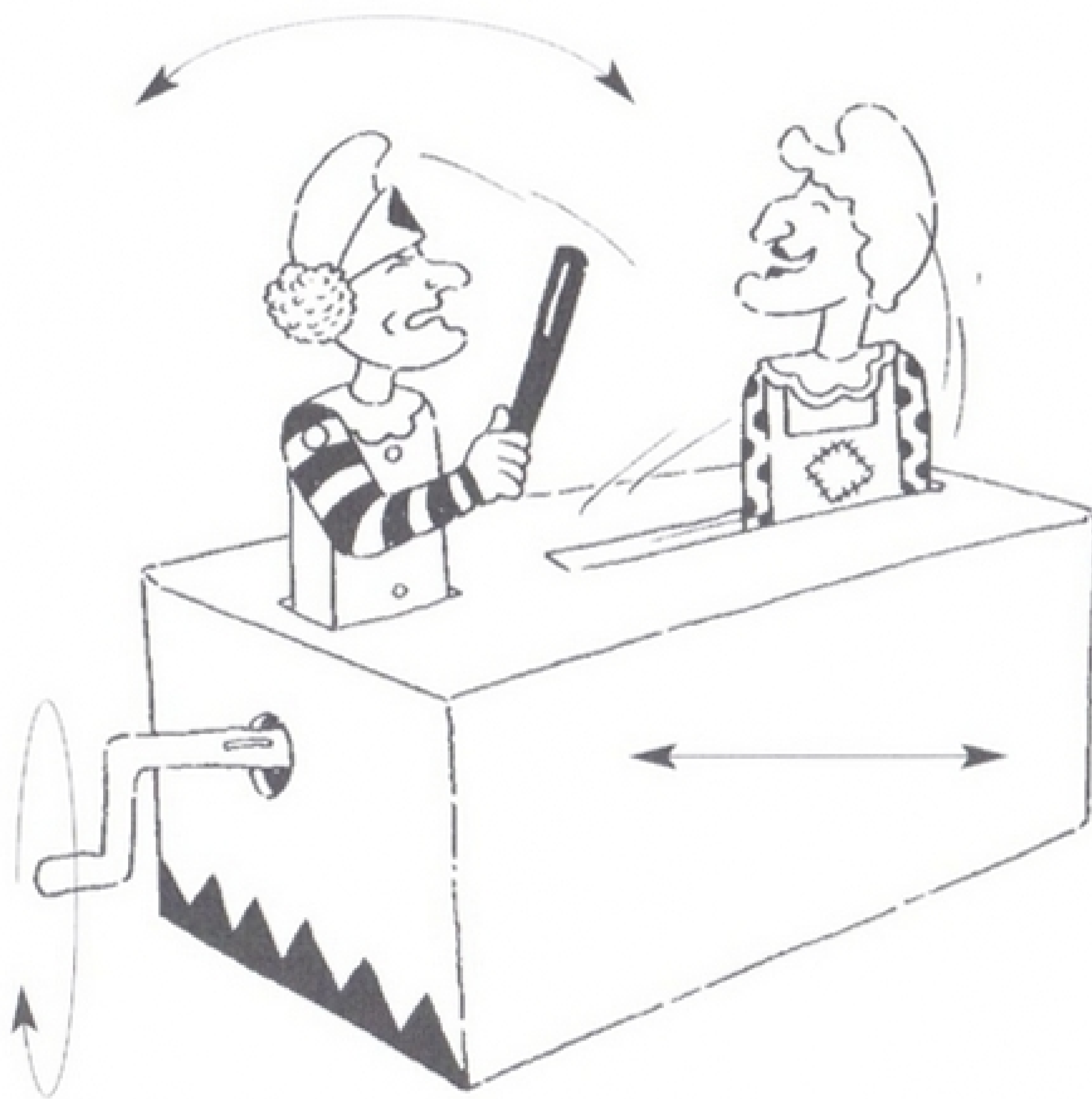
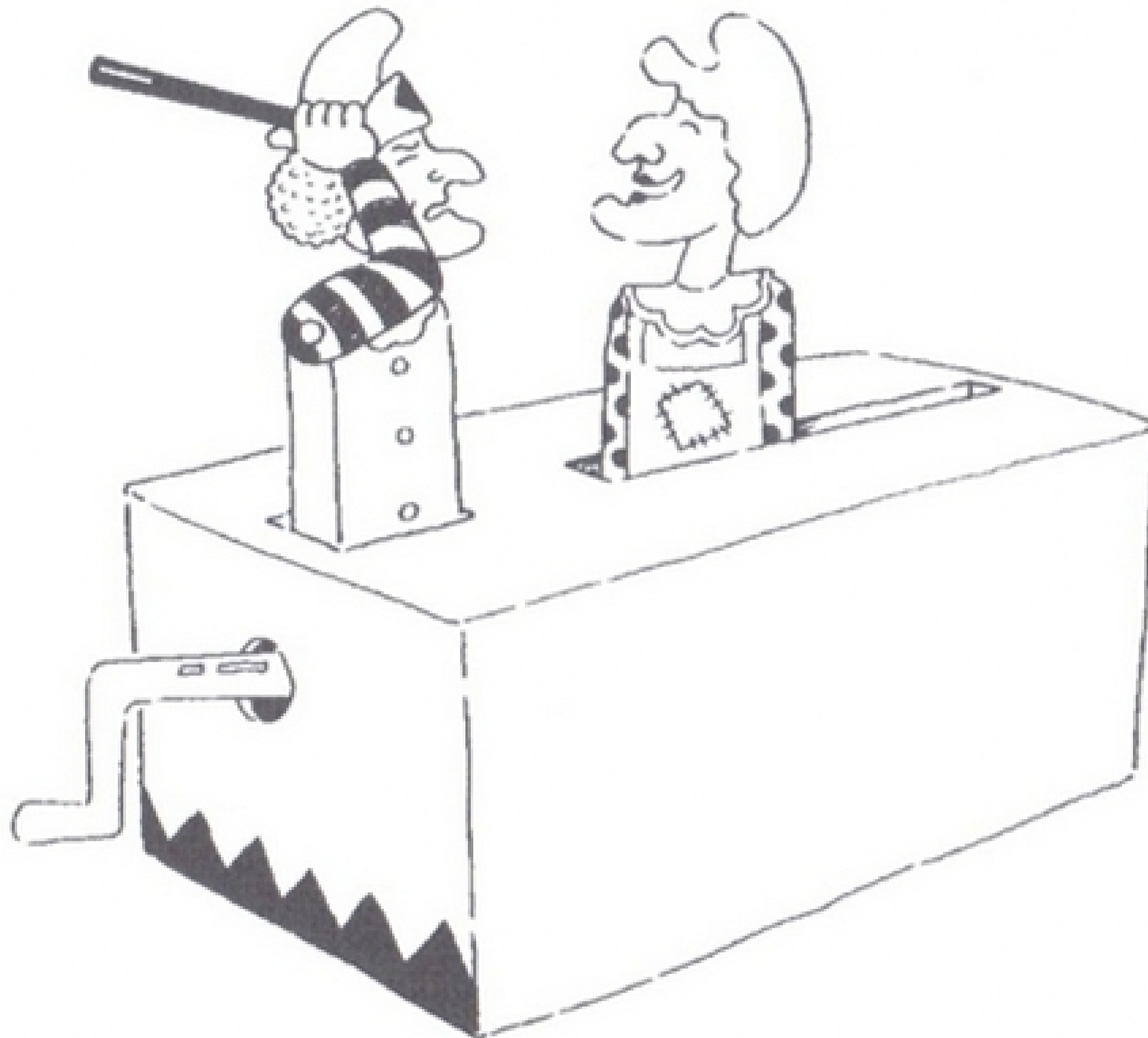
b)



Hin- und Herbewegung und schwingende Bewegung: 1

Wenn ihr den Griff an diesem mechanischen Spielzeug dreht, bewegen sich die Figuren Kasperle und Gretel. Kasperle könnte seinen Stock bewegen. Dies würde eine **schwingende** Bewegung erfordern.

Gretel könnte Kasperles Stock blitzschnell ausweichen, indem sie sich auf und ab oder von einer Seite zur anderen bewegt. Dies würde eine **Hin- und Herbewegung** erfordern.



Führt die Untersuchung auf Blatt 2 durch. Verwendet anschließend die Rückseite dieses Blattes, um eure Ideen für die Mechanismen zu skizzieren, die für diese Bewegungen verwendet werden könnten.

Hin- und Herbewegung

Die Bewegung verläuft in einer geraden Linie hin und her (oder auf und ab). Das Symbol für eine Hin- und Herbewegung sieht folgendermaßen aus:



Schwingende Bewegung

Die Bewegung verläuft bogenförmig vor und zurück (oder auf und ab). Das Symbol für eine schwingende Bewegung sieht folgendermaßen aus:



Konstruktionsideen



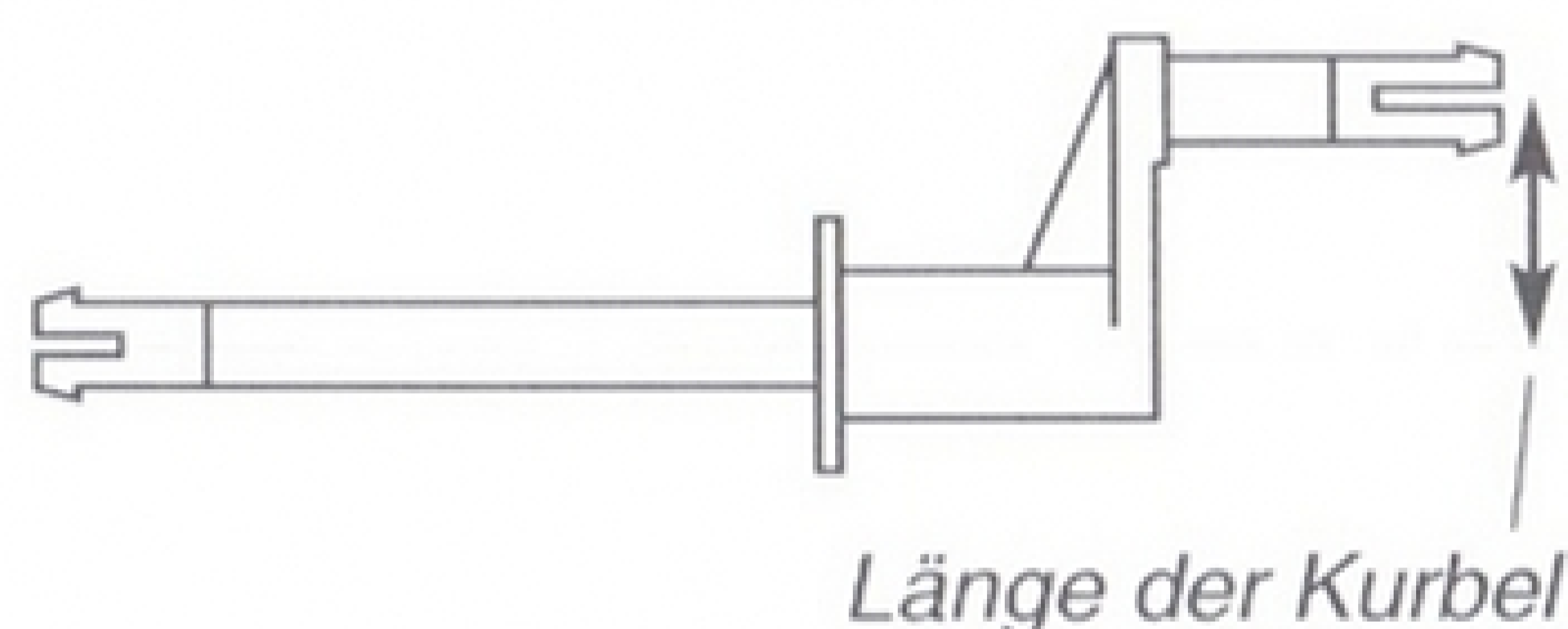
Hin- und Herbewegung und schwingende Bewegung: 2

Baut die **Kurbel-** und **Schieber-**Modelle sowie die **Nocken-** und **Stößel-**Modelle auf separaten Grundplatten. Diese Mechanismen sorgen für die Bewegung, die für die Kasperle- und Gretel-Figuren erforderlich ist. Beide Mechanismen verwandeln eine Drehbewegung in eine Hin- und Herbewegung. Die folgenden Untersuchungen werden euch helfen herauszufinden, wie weit sich die Figuren bewegen können.

1) Kurbel und Schieber

Vom Schieber zurückgelegte Entfernung = 2 x die Länge der Kurbel (siehe Abb. 1).

Abb. 1



Ihr könnt dies selbst überprüfen. Messt die Länge der Kurbel des Modells. Schreibt die Entfernung auf.

Messt die Entfernung, die der Schieber zurücklegt, wenn ihr am Griff dreht. Schreibt die Entfernung auf.

Ihr könntet die Gretel-Figur am Schieber befestigen, damit sie Kasperles Stock blitzschnell ausweichen kann.

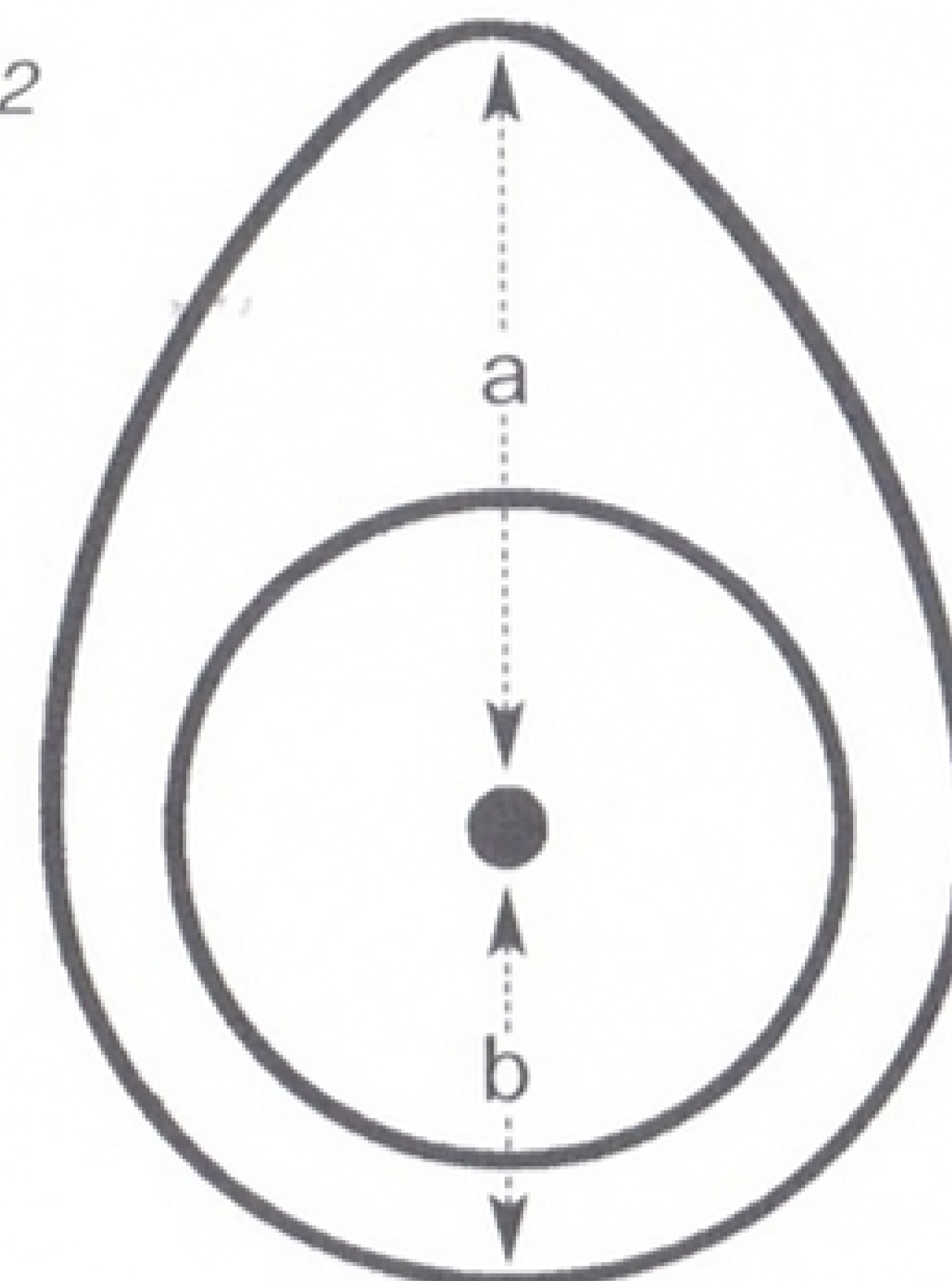
a) Würdet ihr eine Kurbel mit einer Länge von 15 mm bauen, wie weit würde sie sich bewegen?

b) Möchtet ihr, dass sie die Entfernung von 24 mm zurücklegt, wie lang müsste die Kurbel sein?

2) Nocken und Stößel

Der Stößel ist die Stange, die sich auf und ab bewegt, wenn ihr den Nocken dreht. Der Stößel legt dieselbe Entfernung zurück wie der Hub des Nocken (siehe Abb. 2). Ihr könnt dies selbst überprüfen. Messt den Hub des Nocken im Baukasten.

Abb. 2



Abstand a – Abstand b = Hub des Nocken

Messt, wie weit sich der Stößel bewegt, wenn ihr den Griff dreht.

Ist Gretel am Stößel befestigt und möchtet ihr, dass sie sich 10 mm bewegt, wie groß müsste dann der Nockenhub sein?

Wenn ihr einen weiteren Nocken und Stößel am Modell anbringen würdet (siehe Abb. 3), so könntet sich sowohl Kasperle als auch Gretel zu unterschiedlichen Zeiten auf und ab bewegen. Probiert es aus!

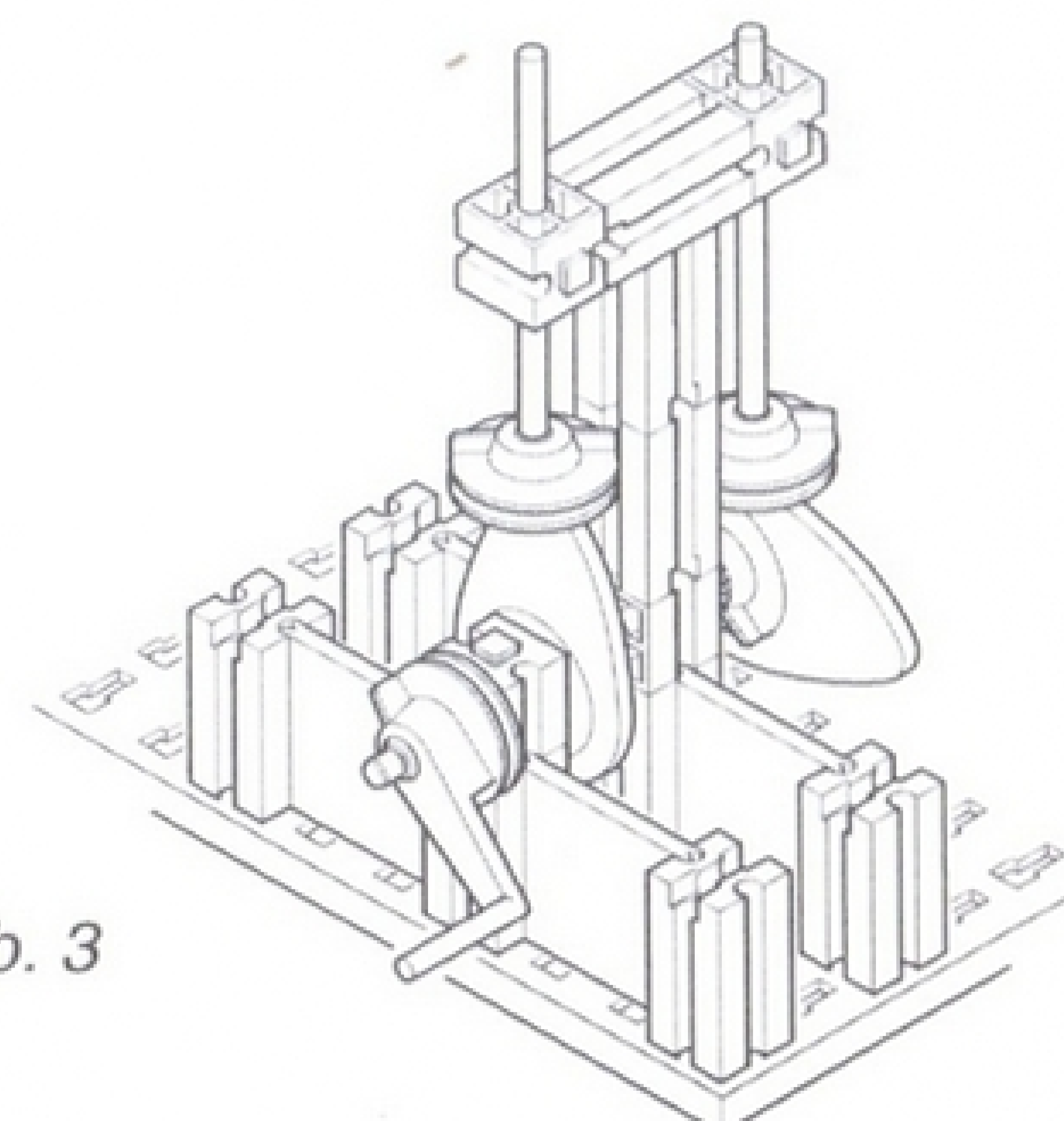


Abb. 3

Pendelnde Bewegung

1) Baut euer Kurbel- und Schieber-Modell in ein wie in Abb. 3 gezeigtes **Kurbel- und Hebel-Modell** um. Dieser Mechanismus wandelt eine Drehbewegung in eine pendelnde Bewegung um.

Ihr könntet diesen Mechanismus verwenden, um Kasperles Stock zu bewegen.

2) Beachtet, dass bei dieser Verbindung sich die Eingabe und die Ausgabe beide in dieselbe Richtung bewegen. Wie könntet ihr dies so ändern, dass sich die Eingabe und die Ausgabe in verschiedene Richtungen bewegen? Probiert es aus!

3) Entwickelt euer eigenes Modell, um die parallele Verbindung wie in Abb. 4 gezeigt mitaufzunehmen. Ihr könntet dies benutzen, damit sich die Figuren zusammen bewegen.

Abb. 3
Kurbel und Hebel

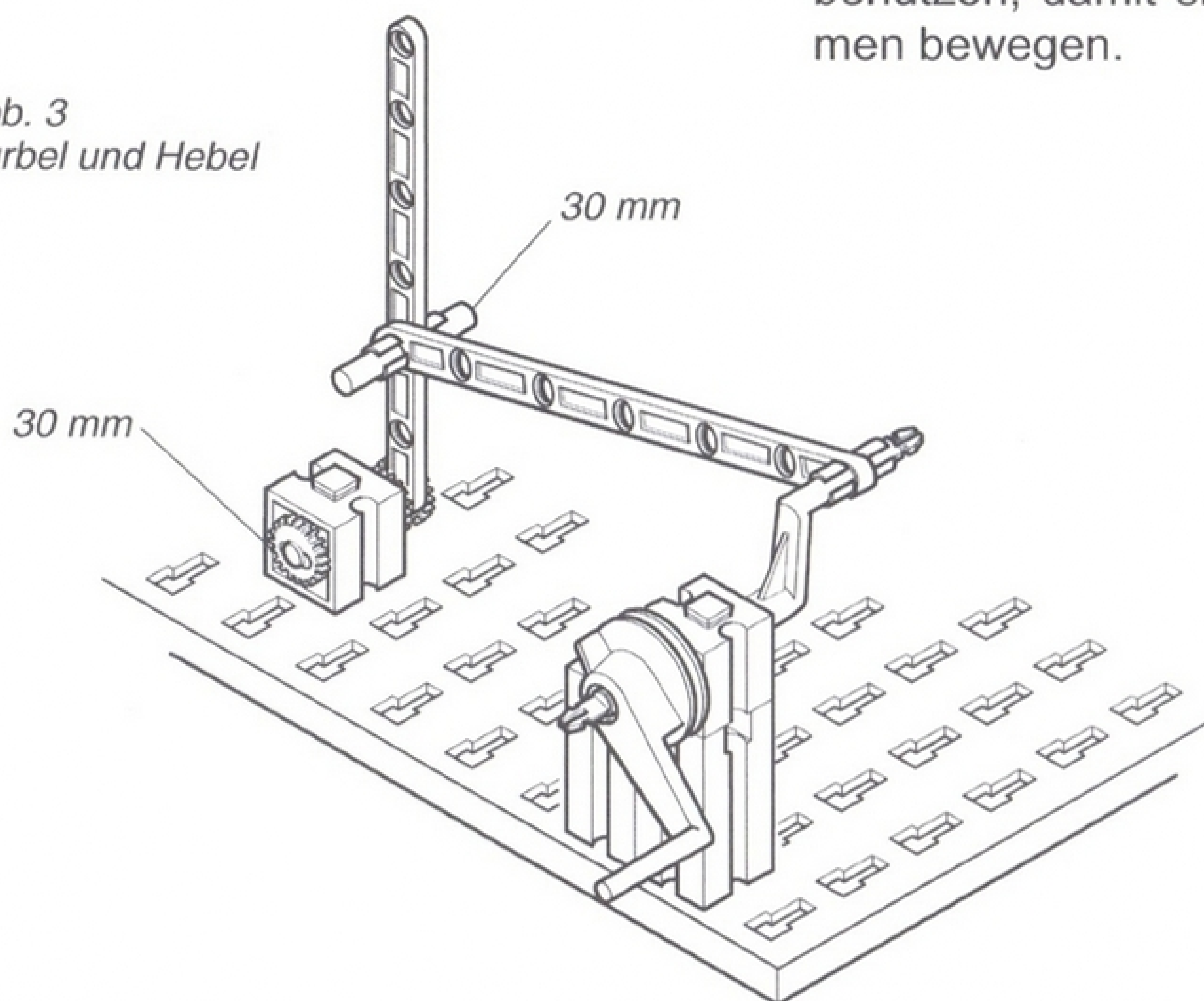
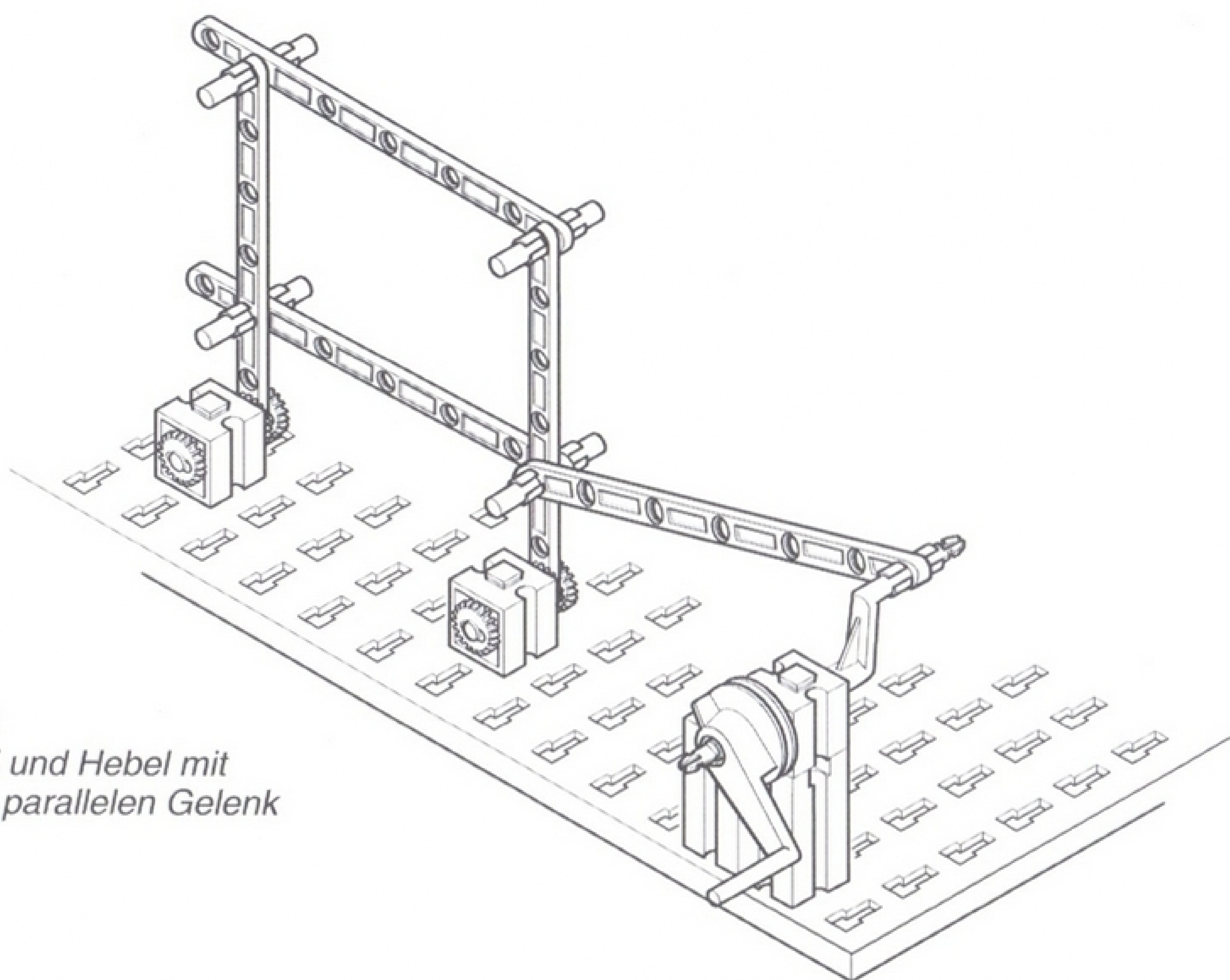
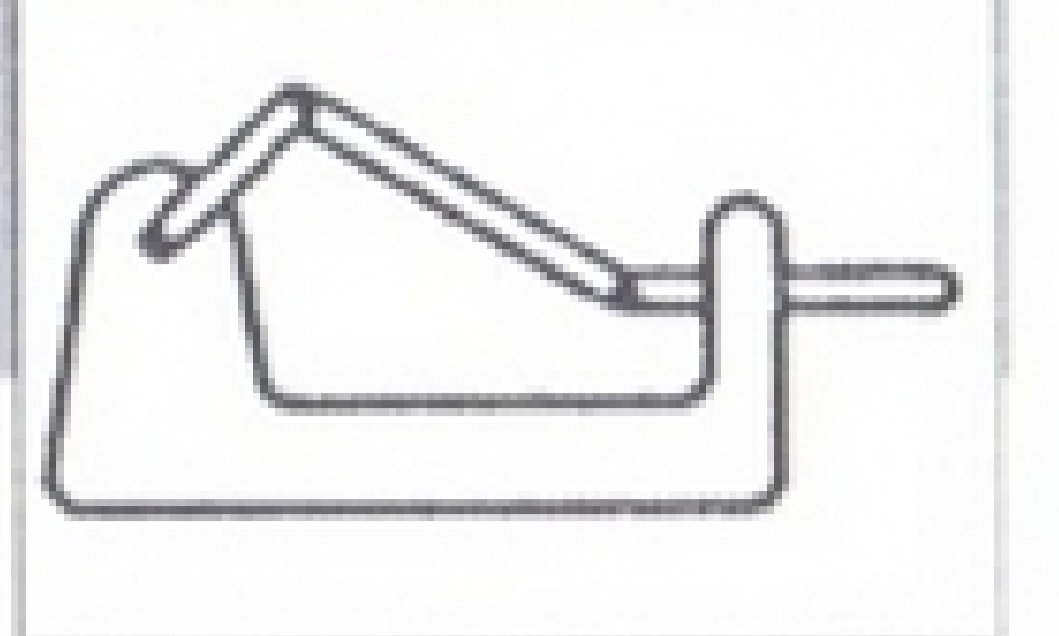
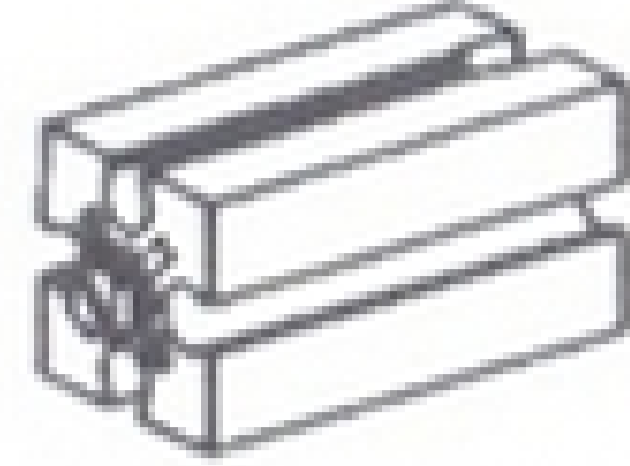
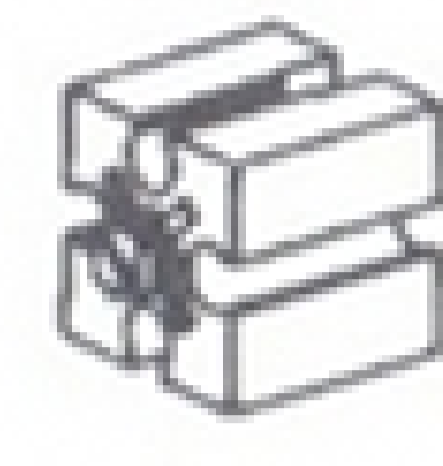







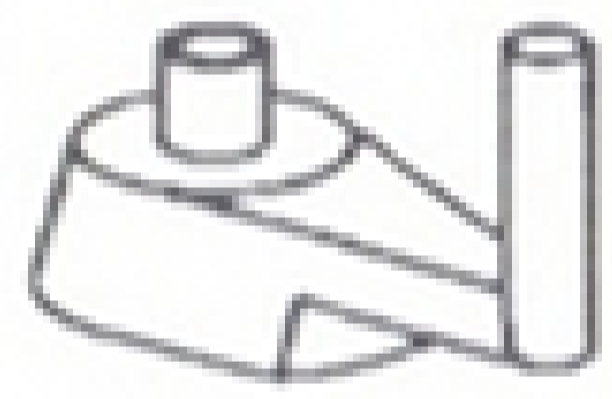
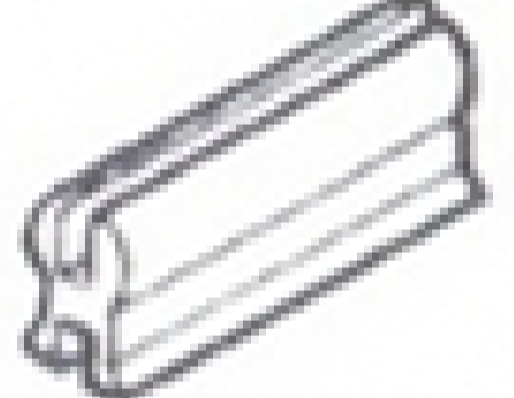
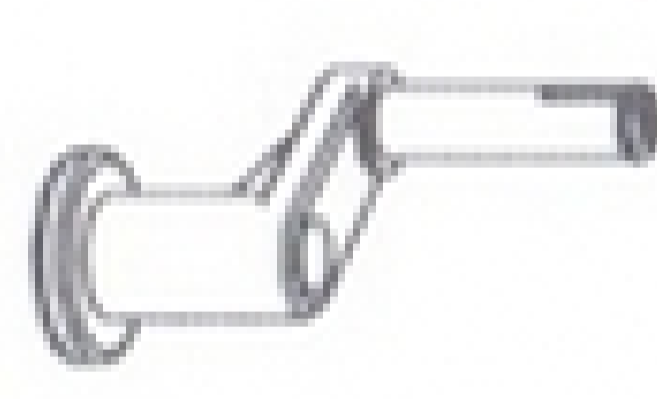



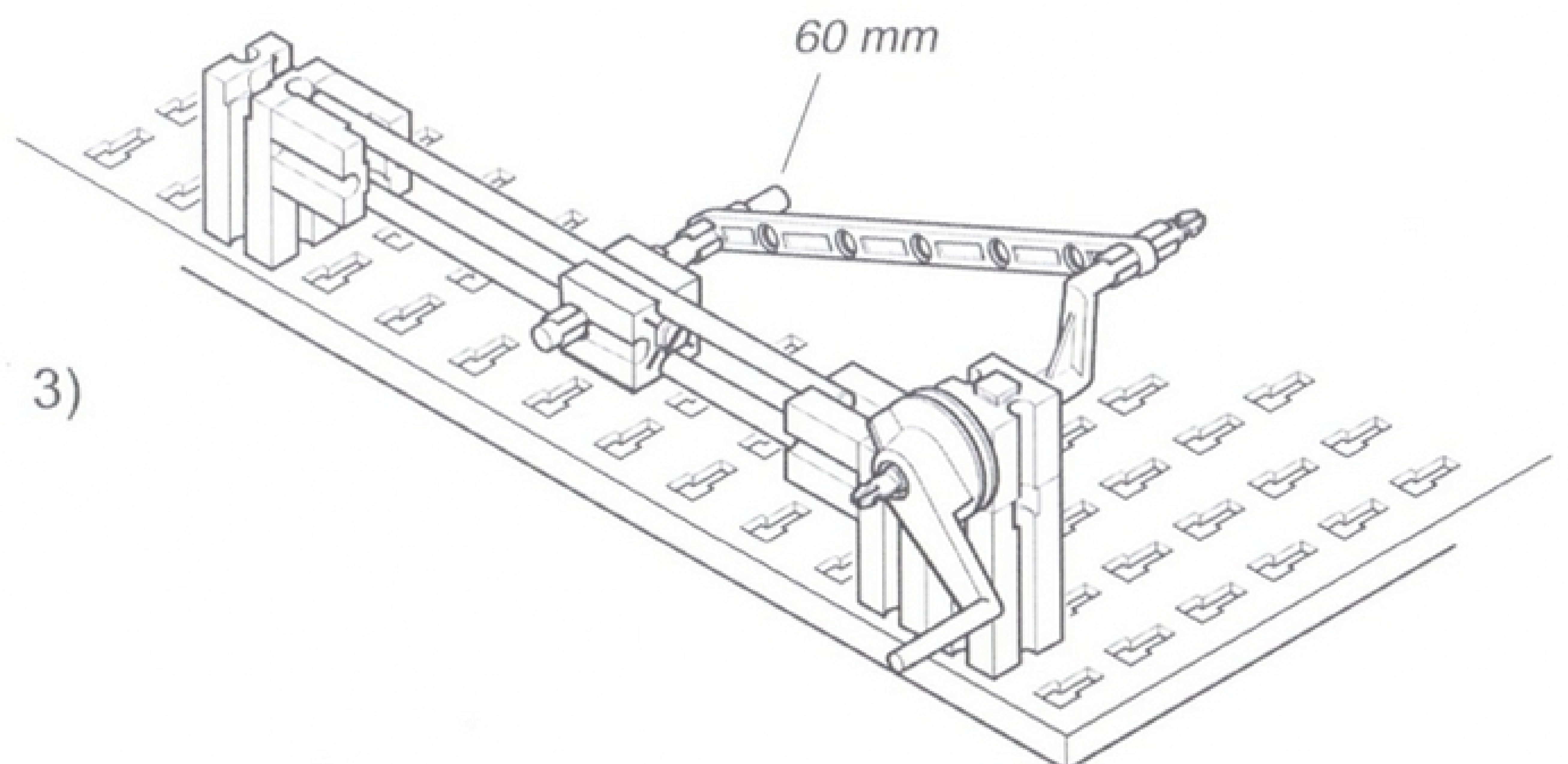
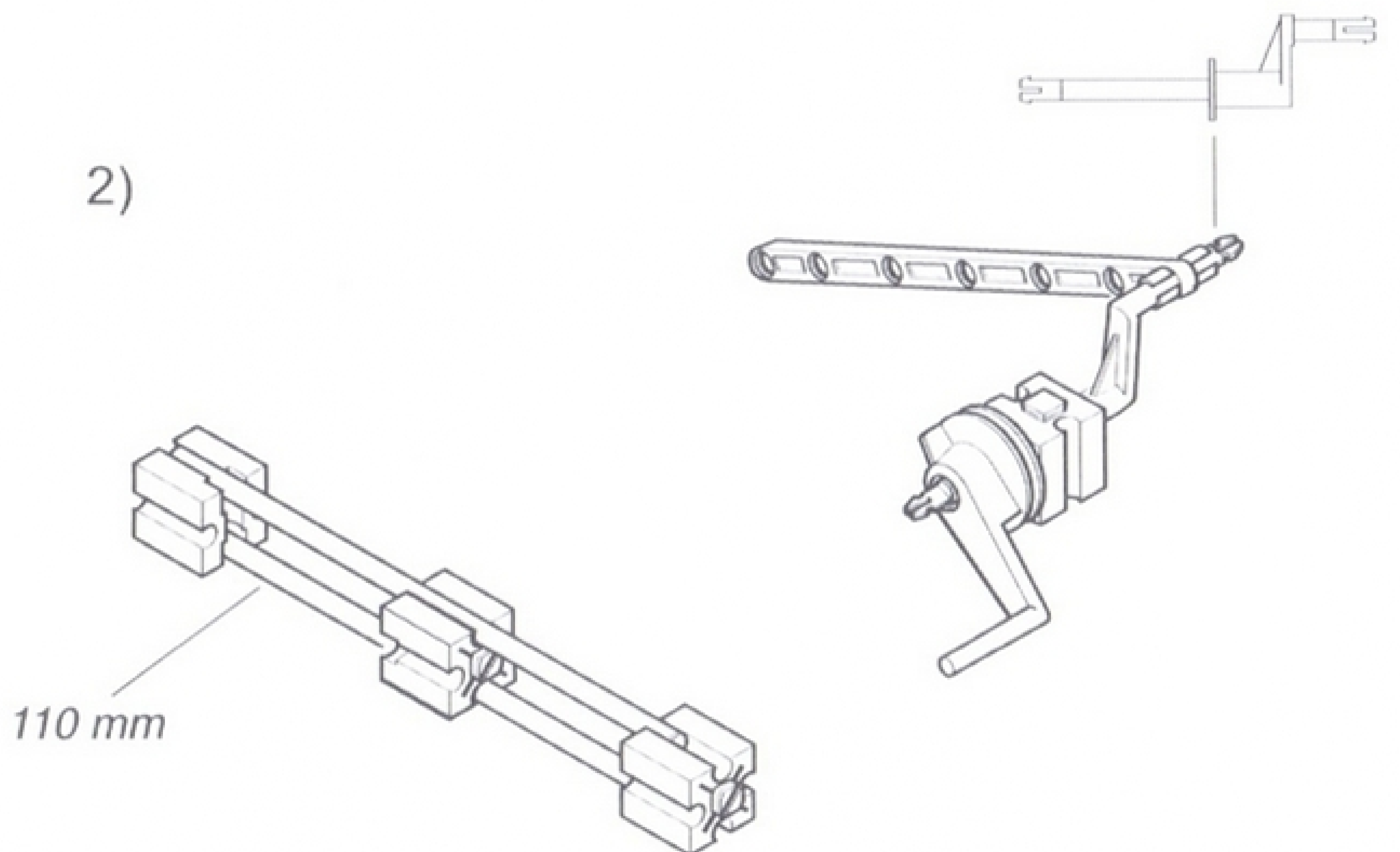
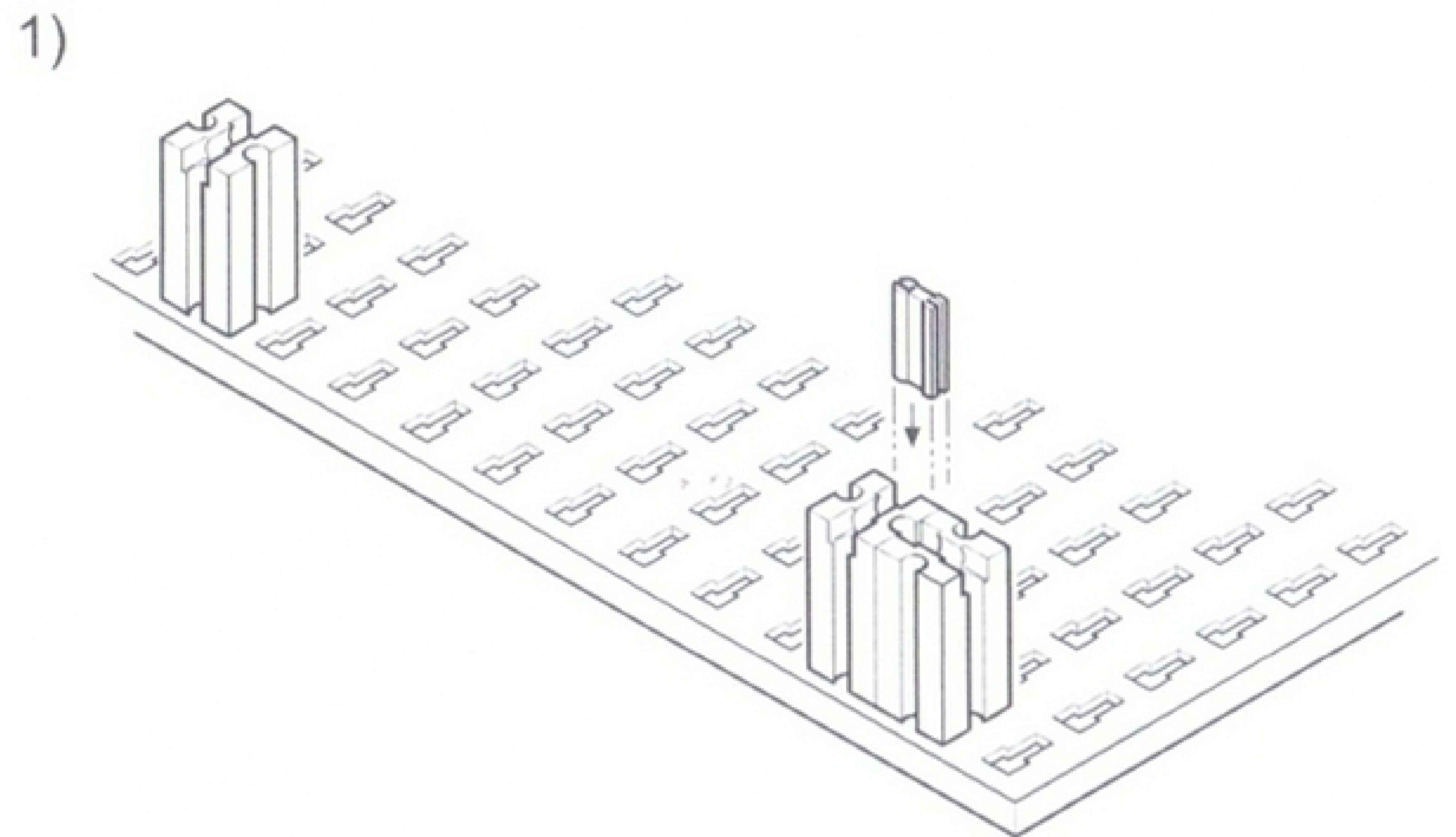
Abb. 4
Kurbel und Hebel mit
einem parallelen Gelenk



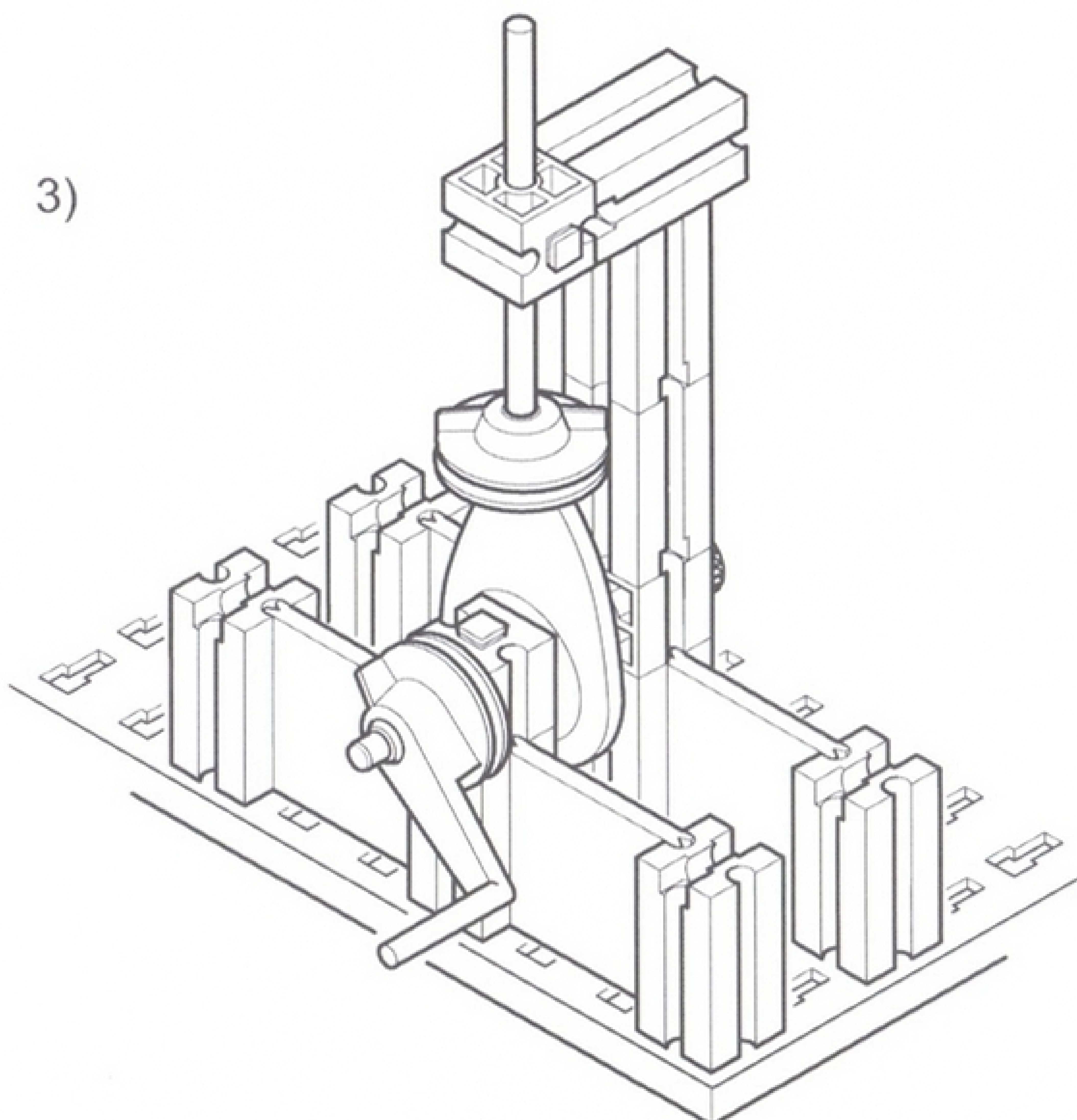
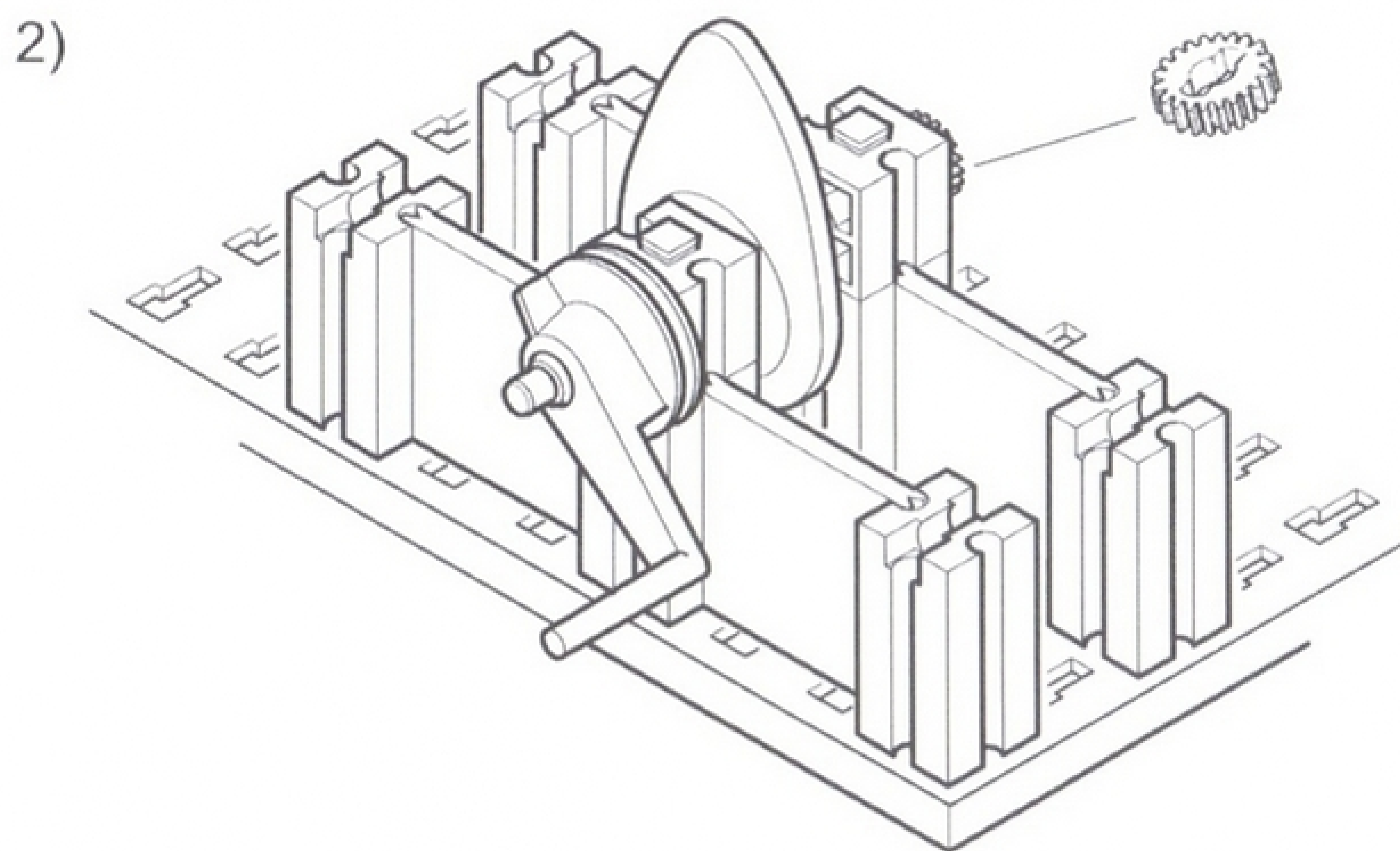
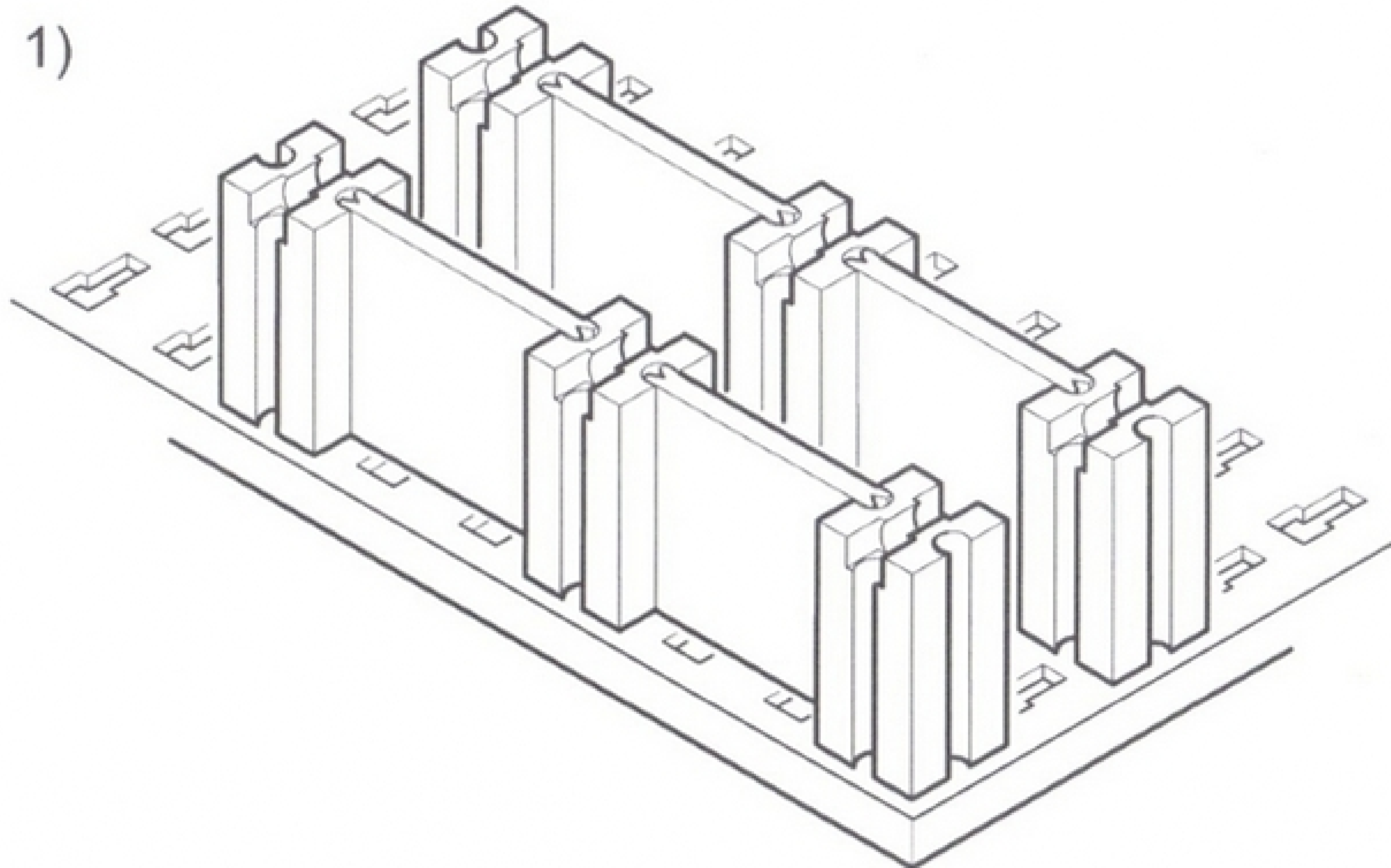
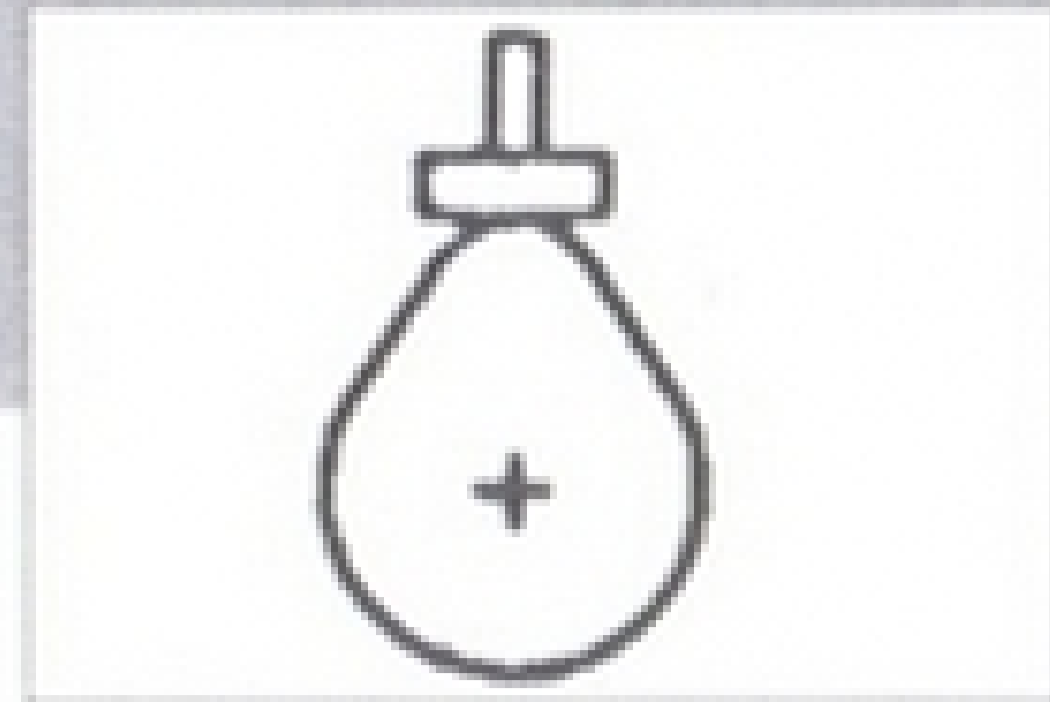
Kurbel und Schieber



- 3 x 
- 3 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x  60 mm
- 2 x  110 mm
- 6 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x  45 mm



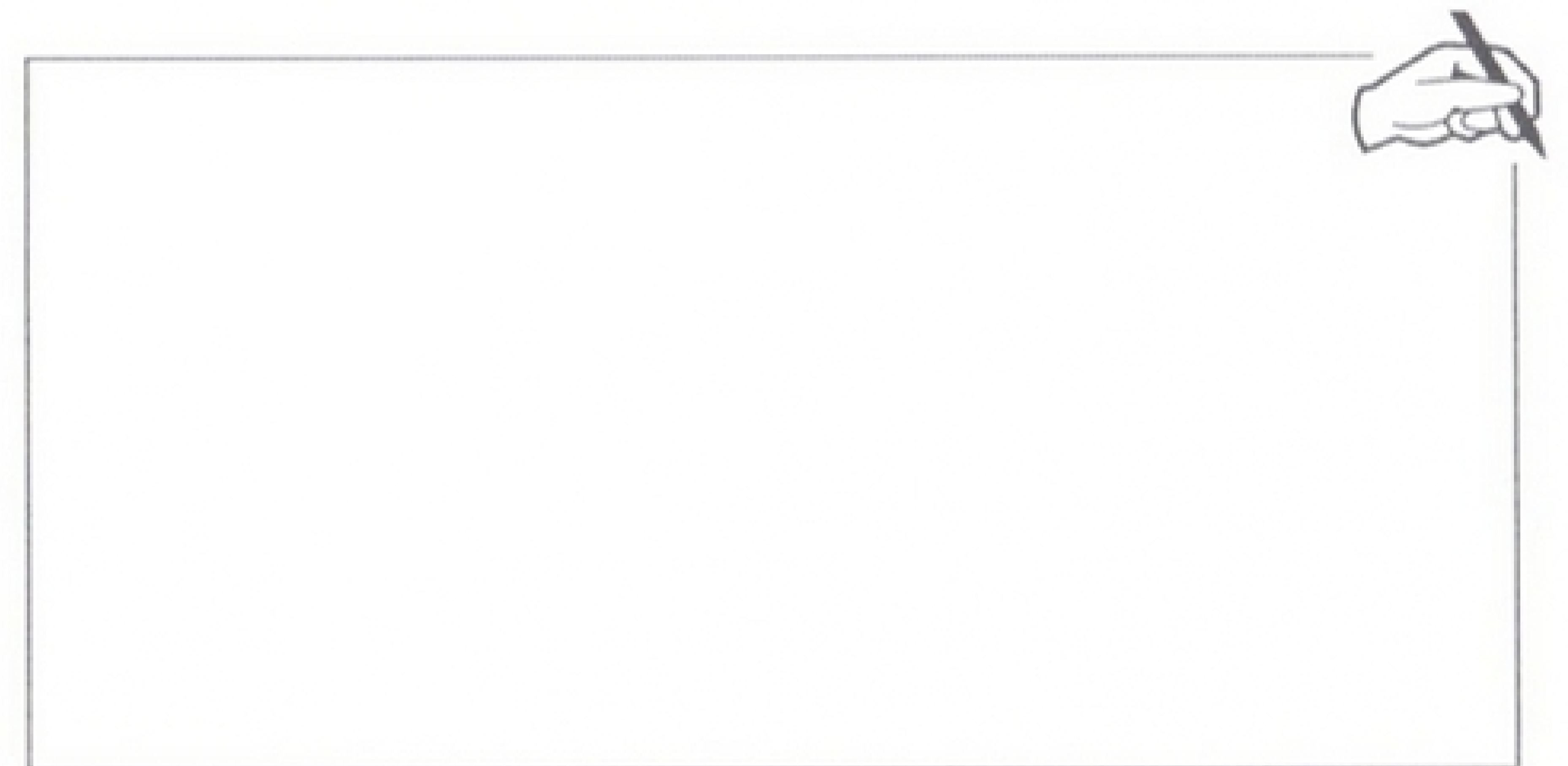
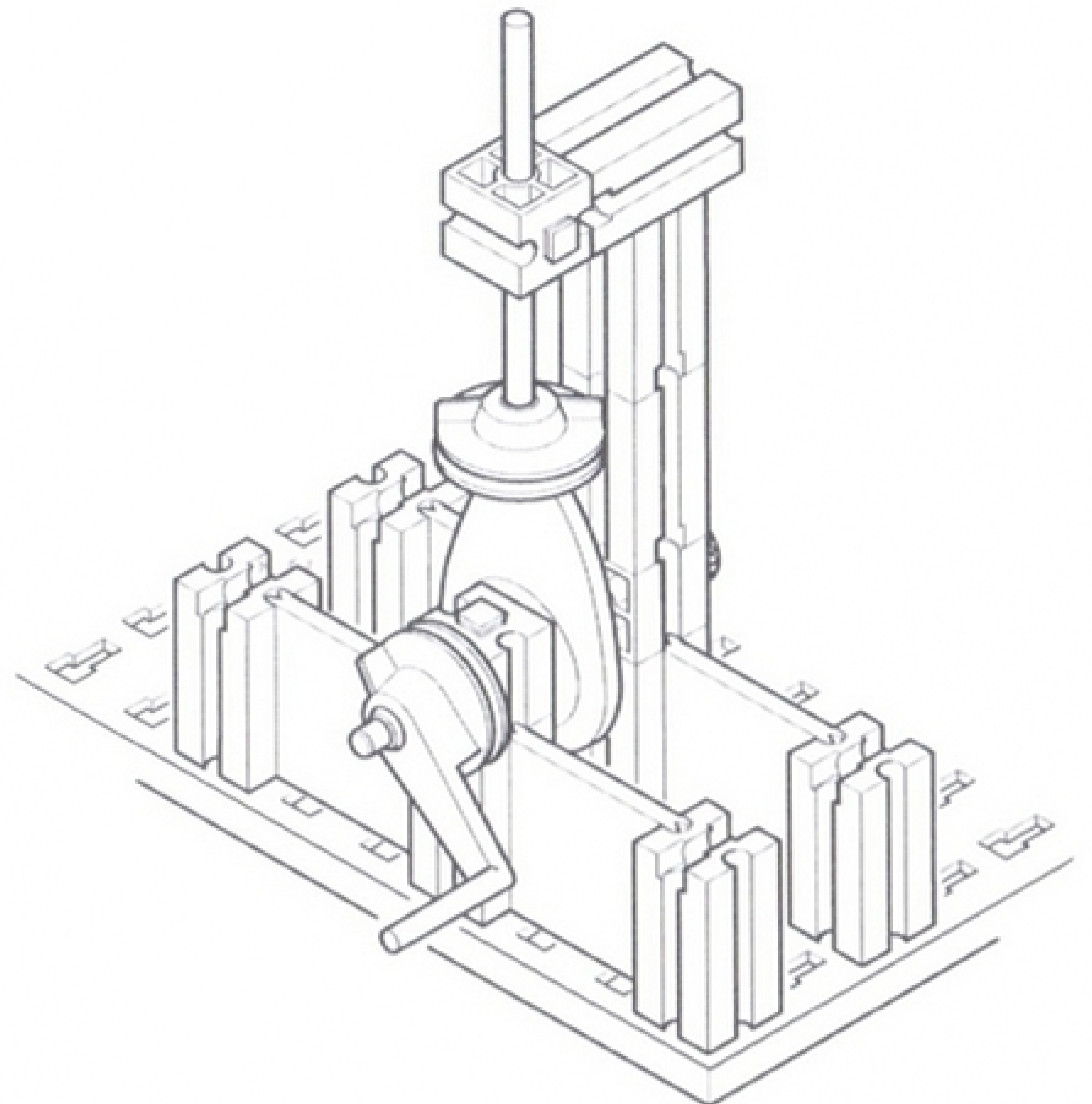
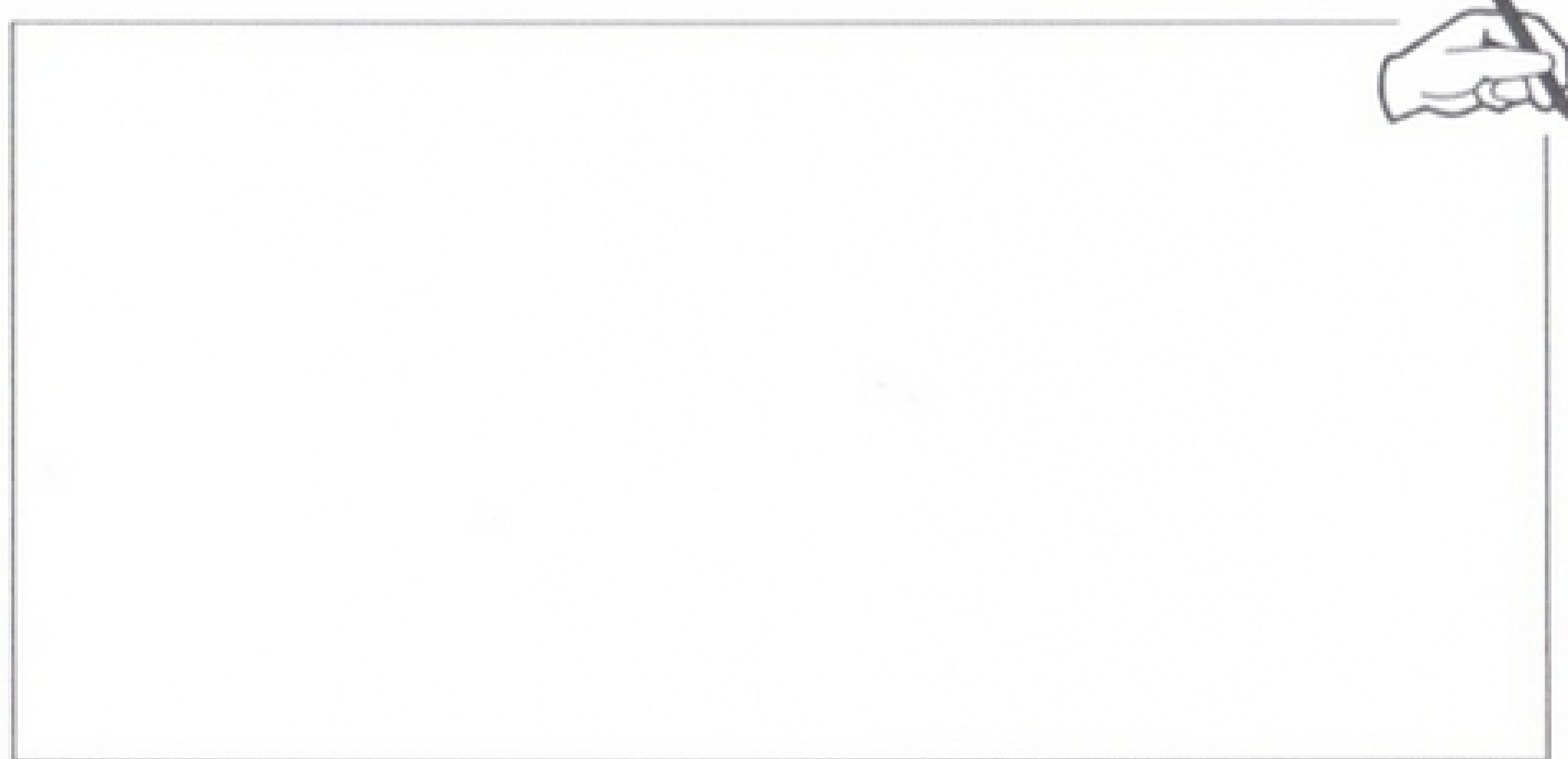
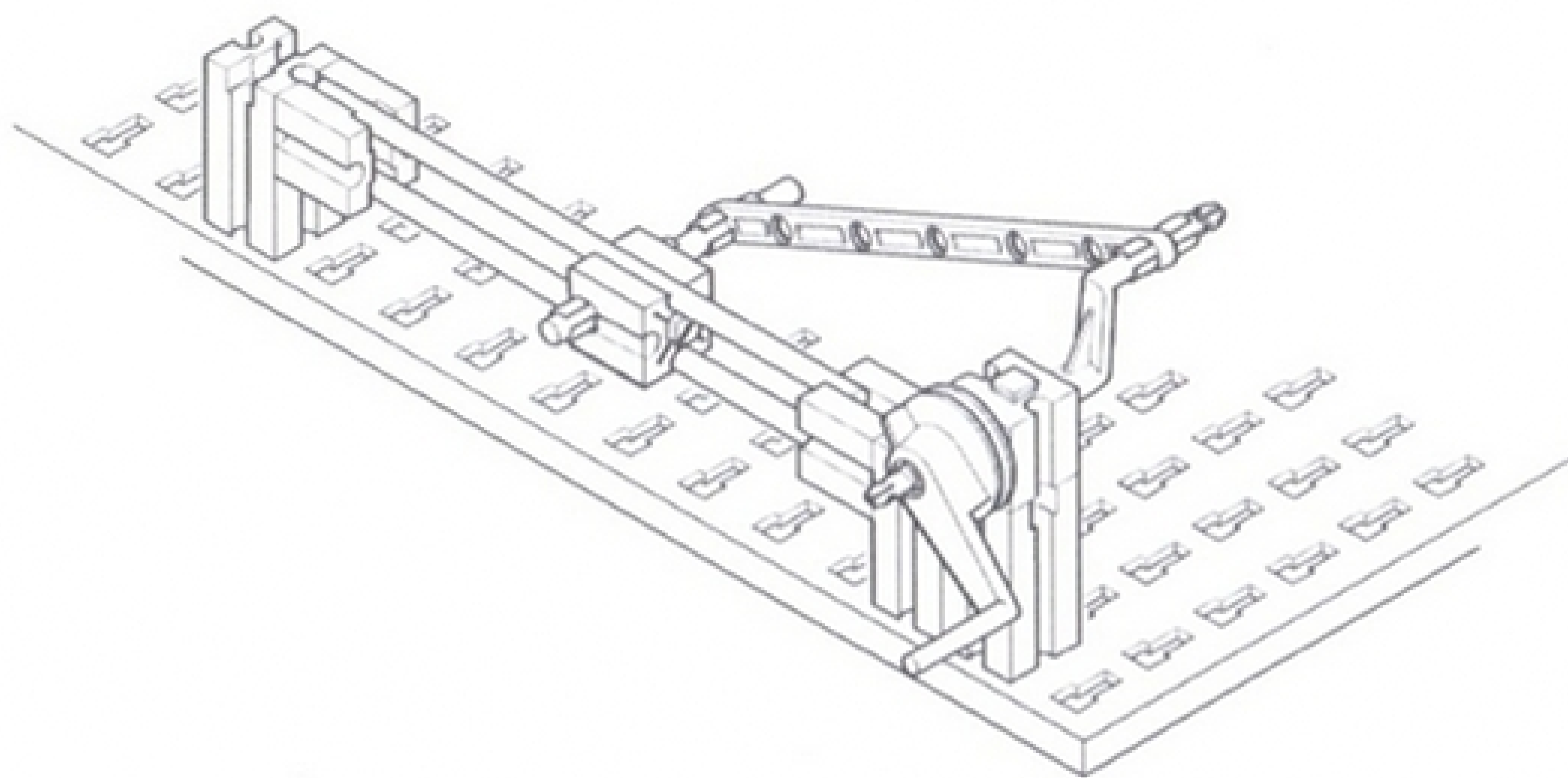
Nocken und Stößel



mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

Hausaufgabe 3 zum Thema „Mechanismen“

1) Die unten stehenden Bilder zeigen die beiden Mechanismen, die ihr in der Lektion verwendet habt. Kennzeichnet jeden Mechanismus und schreibt einen Merksatz auf, um zu erläutern, wie der Mechanismus die Bewegung umwandelt.



2) Maschinenbügelsägen wie diejenige, die in Abb. 1 gezeigt ist, werden in vielen Werkstätten verwendet. Bei ihnen wird ein Kurbel- und Schiebermechanismus verwendet, um die Eingabe einer Drehbewegung von einem Elektromotor in eine Hin- und Herbewegung des Sägeblattes umzuwandeln. Wenn die Länge der Kurbel 60 mm beträgt, wie weit bewegt sich dann das Blatt?

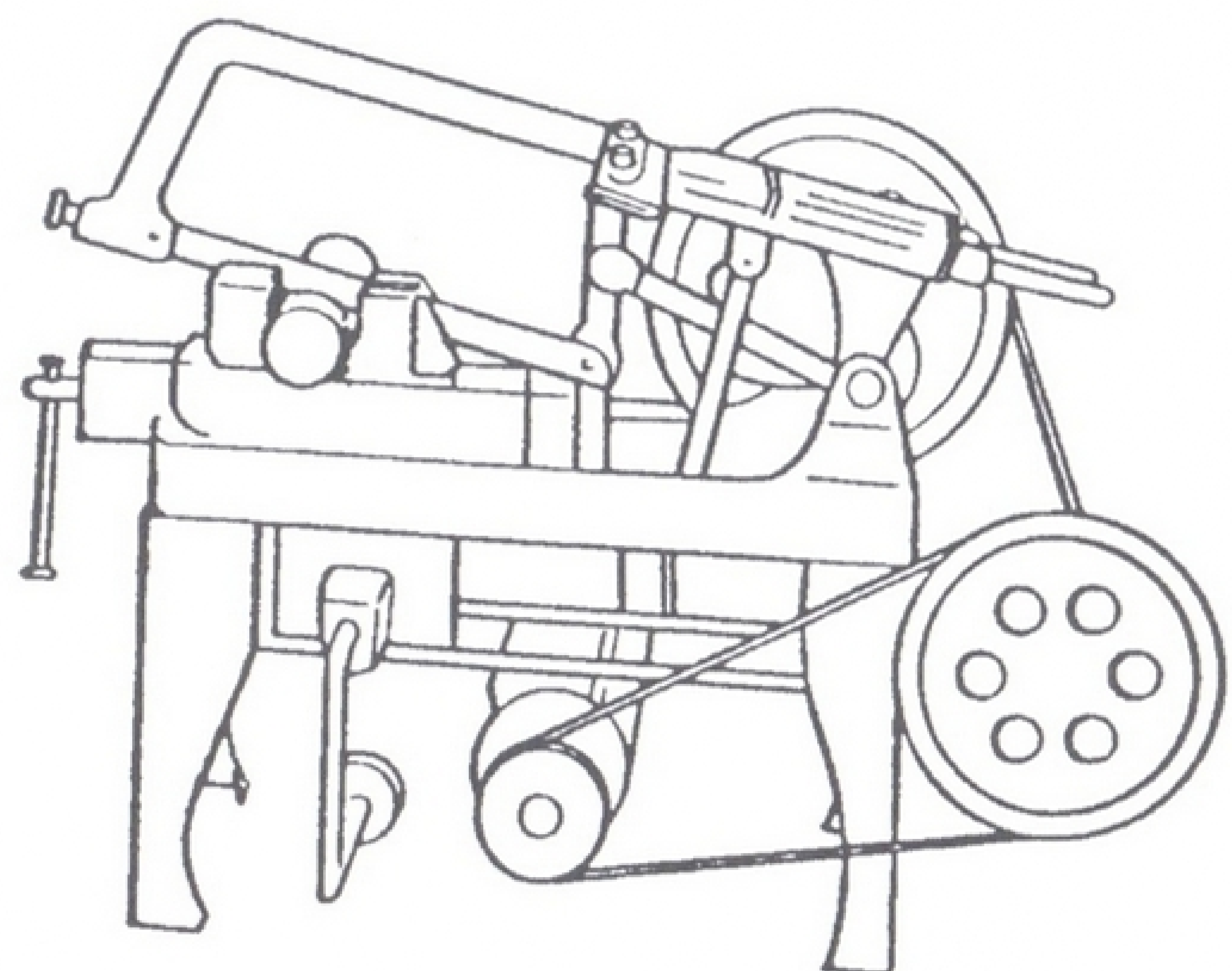
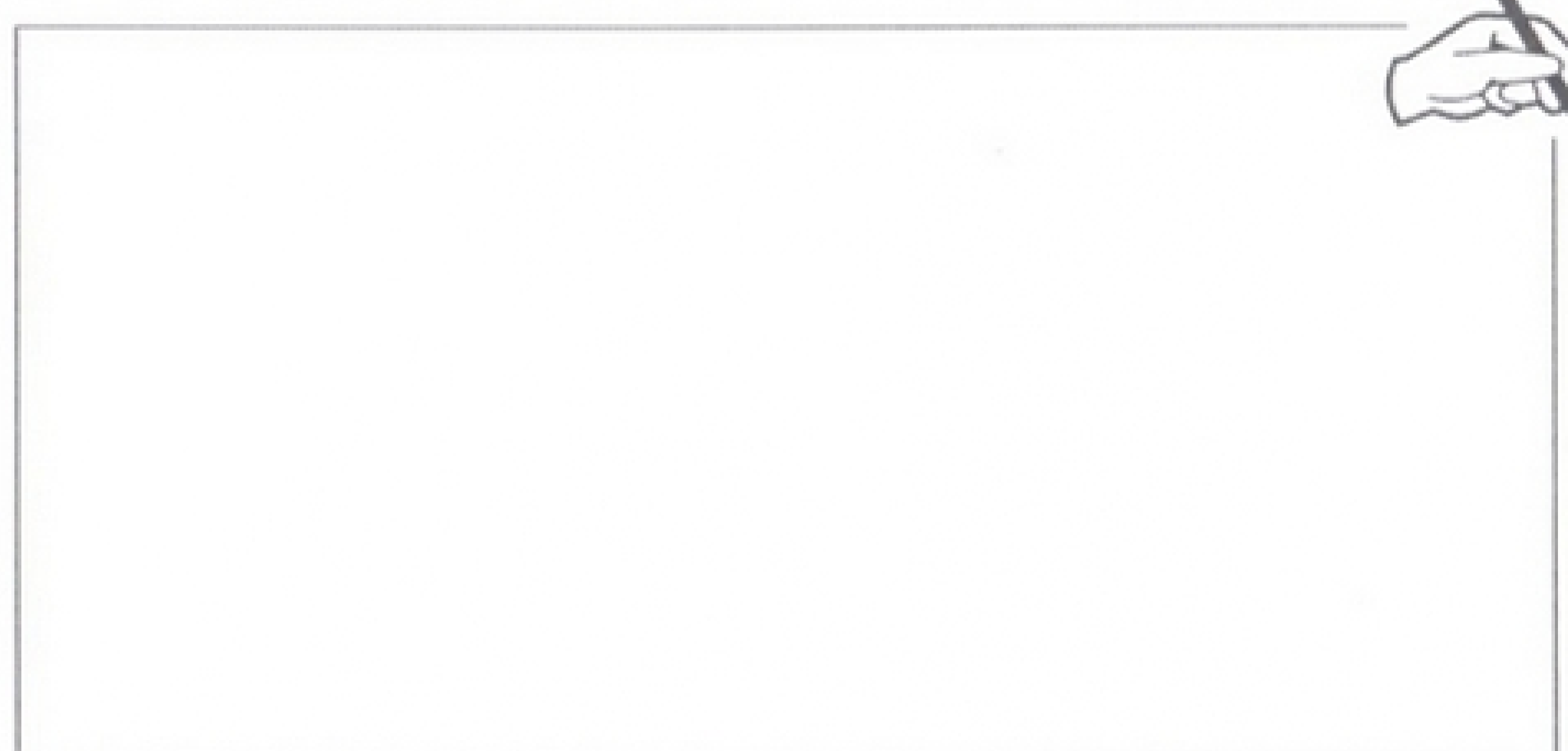


Abb. 1 Maschinenbügelsäge

3) Zeichnet eure Ideen für ein mechanisches Spielzeug mit einem Griff auf, zum Beispiel wie bei Kasperle und Gretel. Zeigt den Mechanismus, den ihr verwenden

würdet. Fügt Anmerkungen hinzu um zu erläutern, wie der Mechanismus die Ausgangsbewegungen erzeugt, die ihr benötigt.



A large, empty rectangular frame intended for drawing a mechanical toy design. The frame is defined by a thin black border and occupies most of the page's width and height.

Eine Drehbewegung übertragen: 3

Baut die **Riemenscheiben-** und **Riemen-**Modelle und die **Getriebe-**Modelle auf separaten Grundplatten.

Diese Mechanismen übertragen eine Drehbewegung von einer Achse auf eine andere. Die folgenden Untersuchungen zeigen, wie die Mechanismen ebenfalls die Geschwindigkeit, das Drehmoment und die Richtung der Bewegung ändern können.

Geschwindigkeit und Drehmoment ändern

1) Riemenscheiben und Riemen

Untersucht die Riemenscheiben- und Riemen-Mechanismen, um die Antworten auf folgende Fragen zu finden:

a) Was dreht sich schneller, die Eingabe oder die Ausgabe?

b) Macht den folgenden Versuch: Haltet die Ausgabeachse fest und versucht sie anzuhalten, während ihr die Eingabe (den Griff) dreht. Ist es schwierig, die Achse anzuhalten, dann wisst ihr, dass das Drehmoment durch den Mechanismus erhöht wird. Wird das Drehmoment durch den Mechanismus erhöht?

Verändert das Modell jetzt so, dass sich der Griff an derselben Achse befindet wie die kleine Riemenscheibe.

c) Was dreht sich jetzt schneller, die Eingabe oder die Ausgabe?

d) Wird das Drehmoment durch den Mechanismus jetzt erhöht?

e) Tragt die Worte ein, die in den folgenden Absätzen fehlen:

Wenn eine kleine Riemenscheibe eine große Riemenscheibe antreibt, liefert die

Ausgabe ein(e) höhere(s), jedoch ein(e) höhere(s)/geringere(s)

..... als der Eingang. Wenn eine große Riemenscheibe eine kleine Riemenscheibe antreibt, liefert die Aus-

gabe ein(e) höhere(s), jedoch ein(e) höhere(s)/geringere(s)

..... als der Eingang.

2) Einfaches Getriebe

Untersucht den Mechanismus eines einfachen Getriebes, um die Antworten auf die folgenden Fragen zu finden:

a) Was dreht sich jetzt schneller, die Eingabe oder die Ausgabe?

b) Wird das Drehmoment durch den Mechanismus erhöht?

Verändert das Modell jetzt so, dass sich der Griff an derselben Achse befindet wie das große Zahnrad.

c) Was dreht sich jetzt schneller, die Eingabe oder die Ausgabe?

d) Wird das Drehmoment durch den Mechanismus jetzt erhöht?

e) Tragt die Worte ein, die in den folgenden Absätzen fehlen: Wenn ein kleines Zahnrad ein großes Zahnrad antreibt, liefert die Ausgabe ein(e) höhere(s)


....., jedoch ein(e) höhere(s)/geringere(s)


..... als der Eingang. Wenn ein großes Zahnrad ein kleines Zahnrad antreibt, liefert die Aus-

gabe ein(e) höhere(s), jedoch ein(e) höhere(s)/geringere(s)

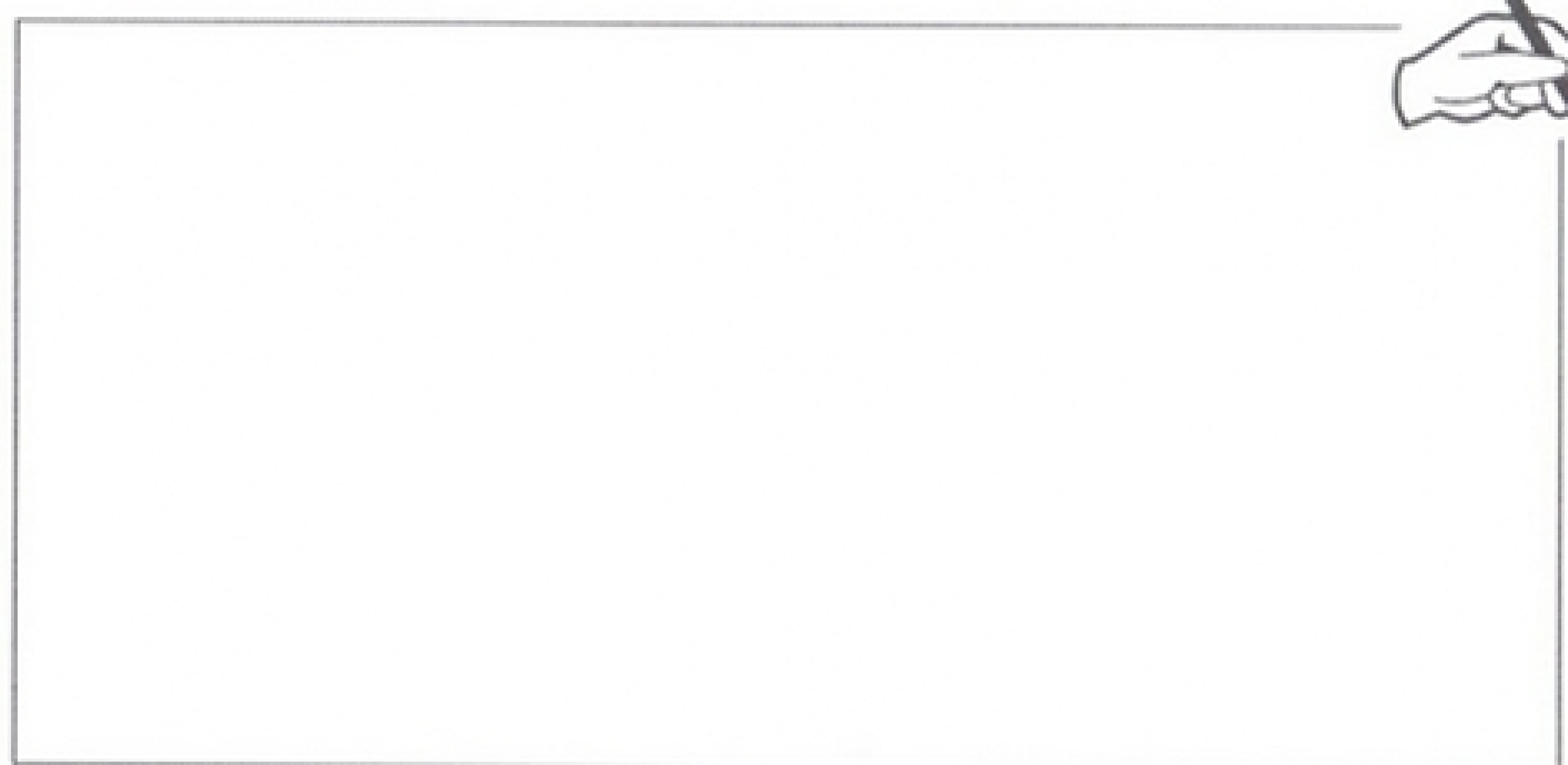
..... als der Eingang.

Die Richtung ändern

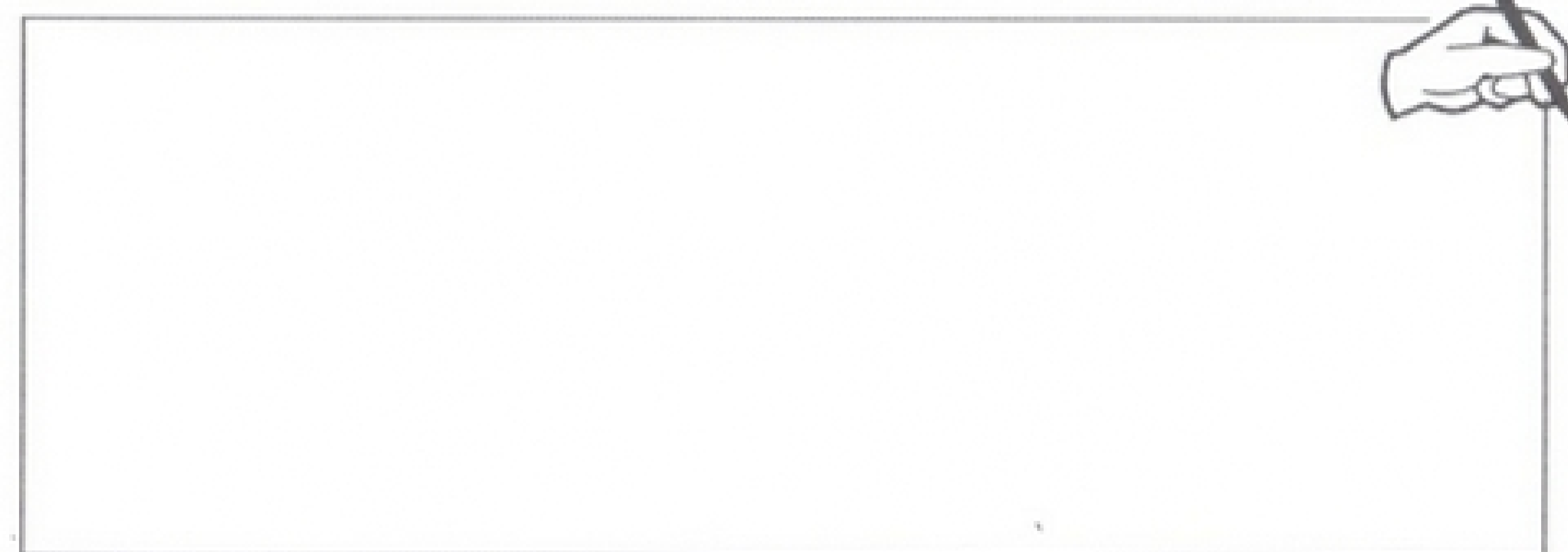
a) Drehen sich beide Riemenscheiben in die gleiche Richtung? 

b) Drehen sich beide Zahnräder in die gleiche Richtung? 

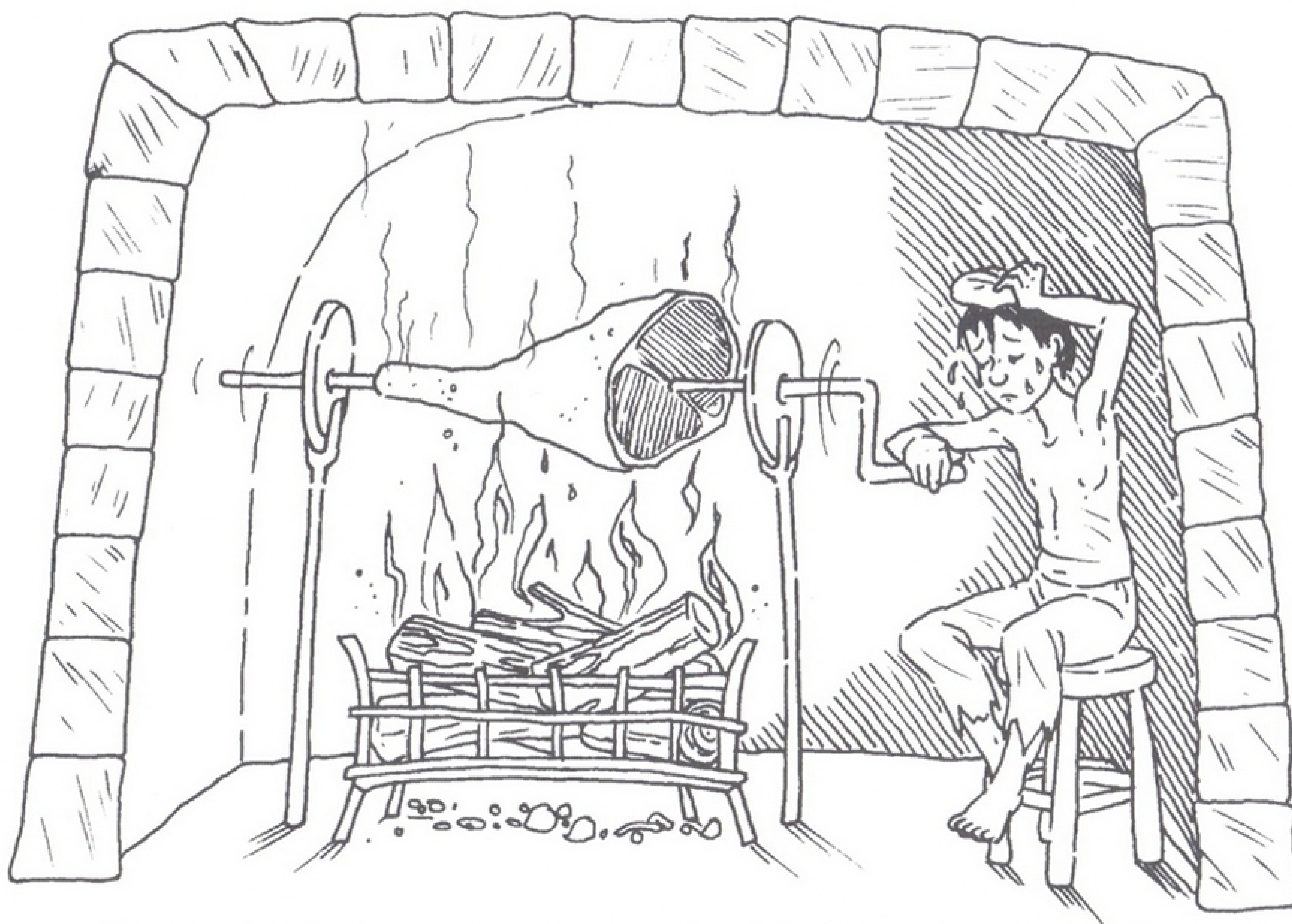
c) Legt den Riemen über Kreuz (siehe Rückseite des Konstruktionsblattes). Welchen Unterschied macht dies?



d) Fügt ein zusätzliches kleines Zahnrad zum Getriebe hinzu (siehe Rückseite des Konstruktionsblattes). Welchen Unterschied macht dies?



Systeme aus Riemenscheiben und Riemern sind billig und ruhig, wenn sie laufen, aber sie können **rutschen**. Ein System mit Ketten und Zähnen (siehe Rückseite des Konstruktionsblattes) ergibt einen **direkteren Antrieb**. Verwendet beides bei dem nächsten Versuch, um den Unterschied zwischen beiden Systemen herauszufinden.



Baut euer eigenes Modell

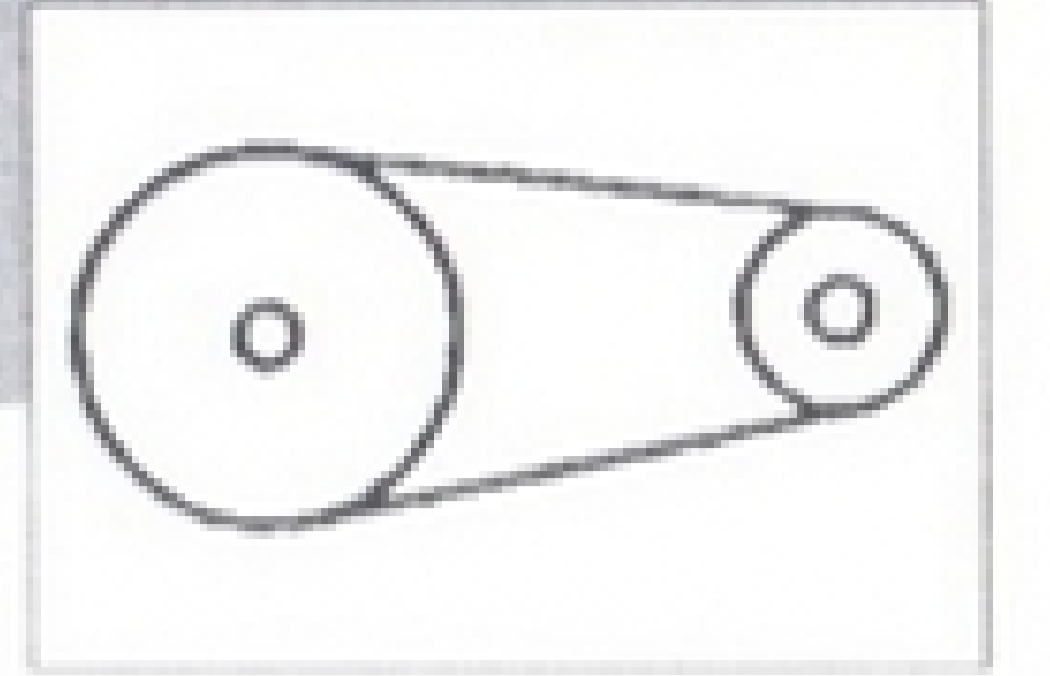
Diesem Küchenjungen ist sehr heiß, weil er so nah am Feuer sitzen muss.

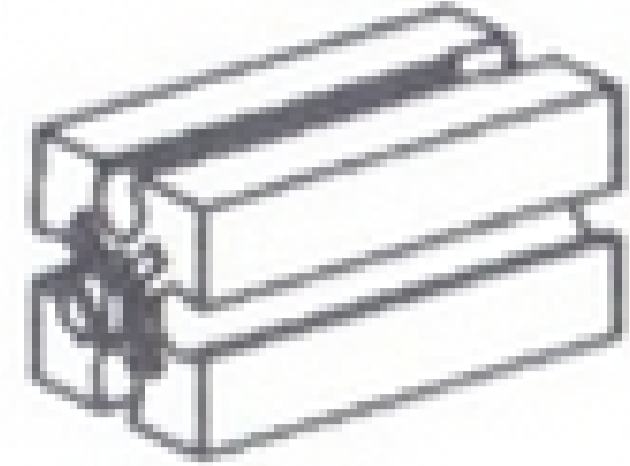





Verwendet den Baukasten Focus Mechanik um ein mechanisches System zu bauen, das es ihm ermöglicht, den Spieß von einer bequemen Entfernung vom Feuer aus zu drehen.

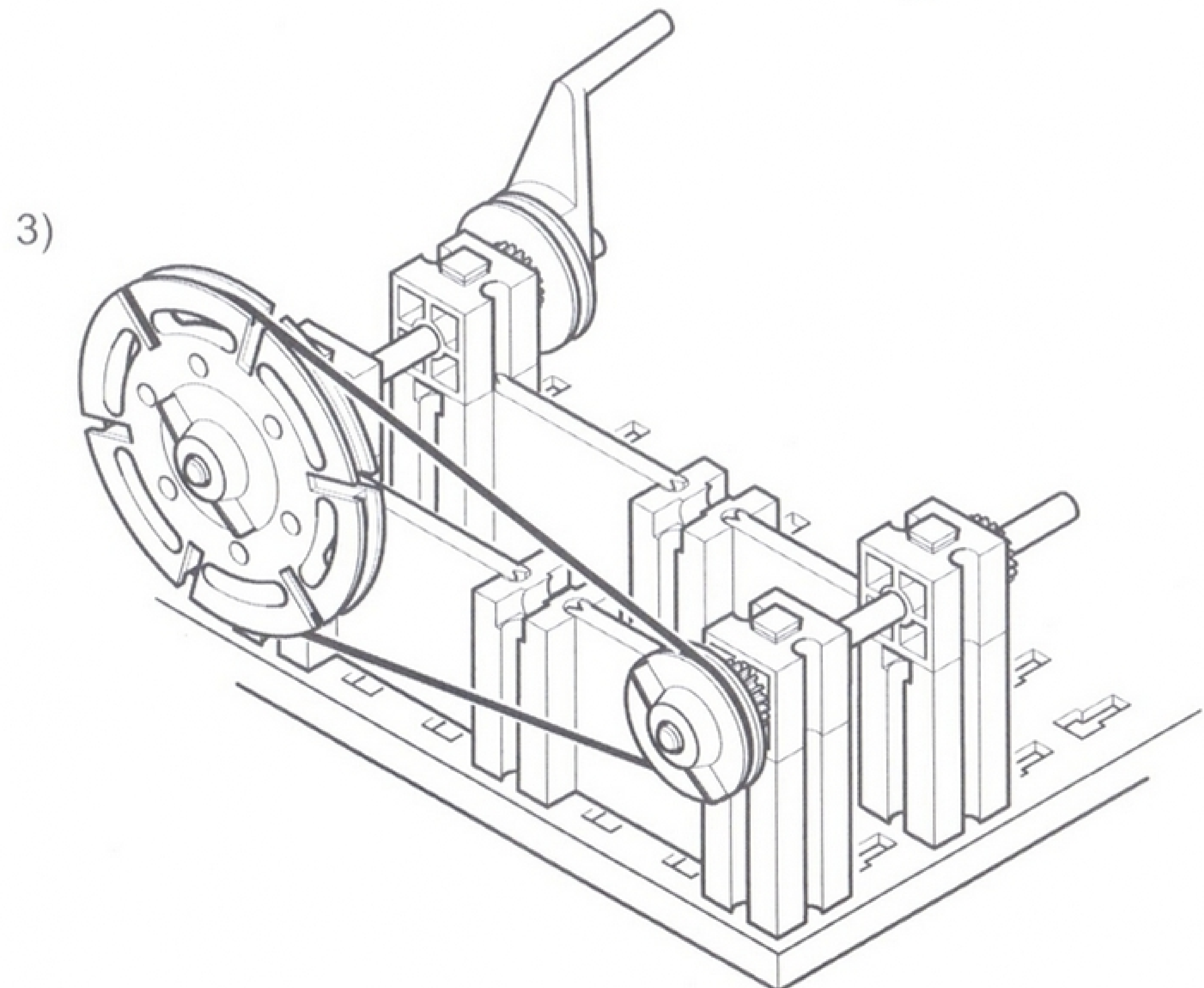
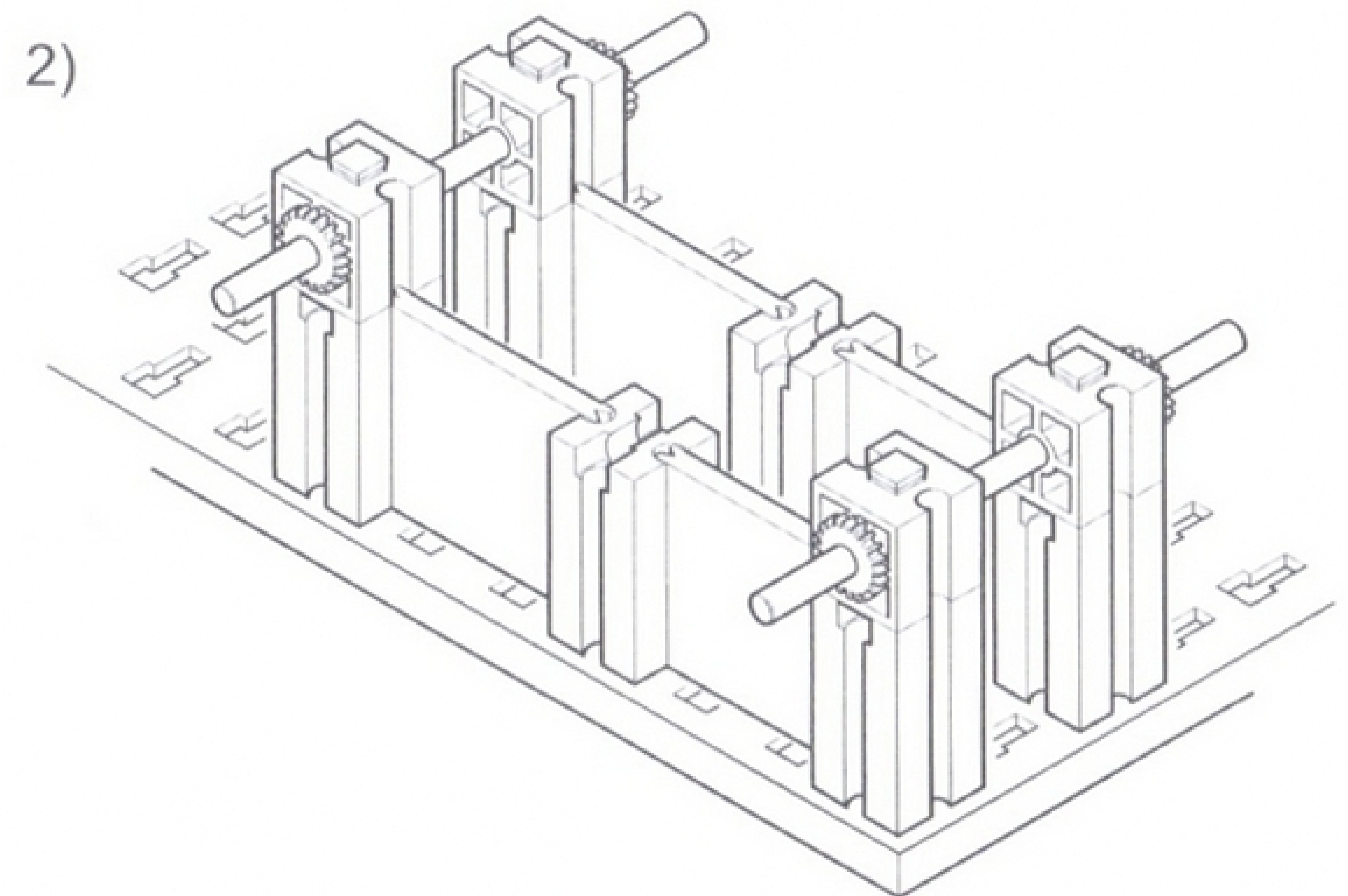
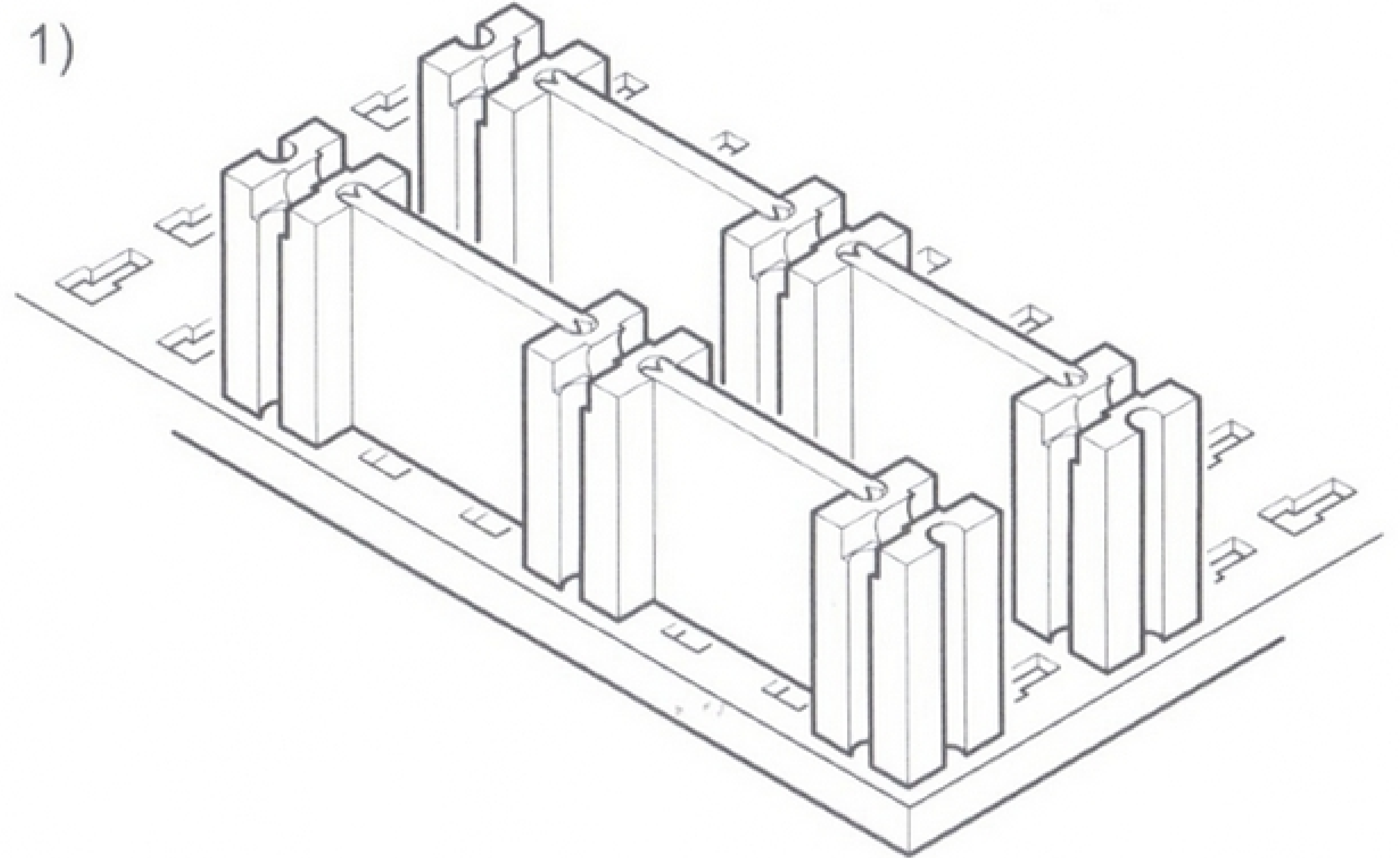
Das System muss ebenfalls eine Ausgabe liefern, die langsam ist (um das Fleisch gleichmäßig zu braten) und das Drehmoment erhöht (die Schweinekeule ist sehr schwer!).

Stellt sicher, dass der Mechanismus keine anderen Personen behindert, die außerdem noch in der Küche herumlaufen.

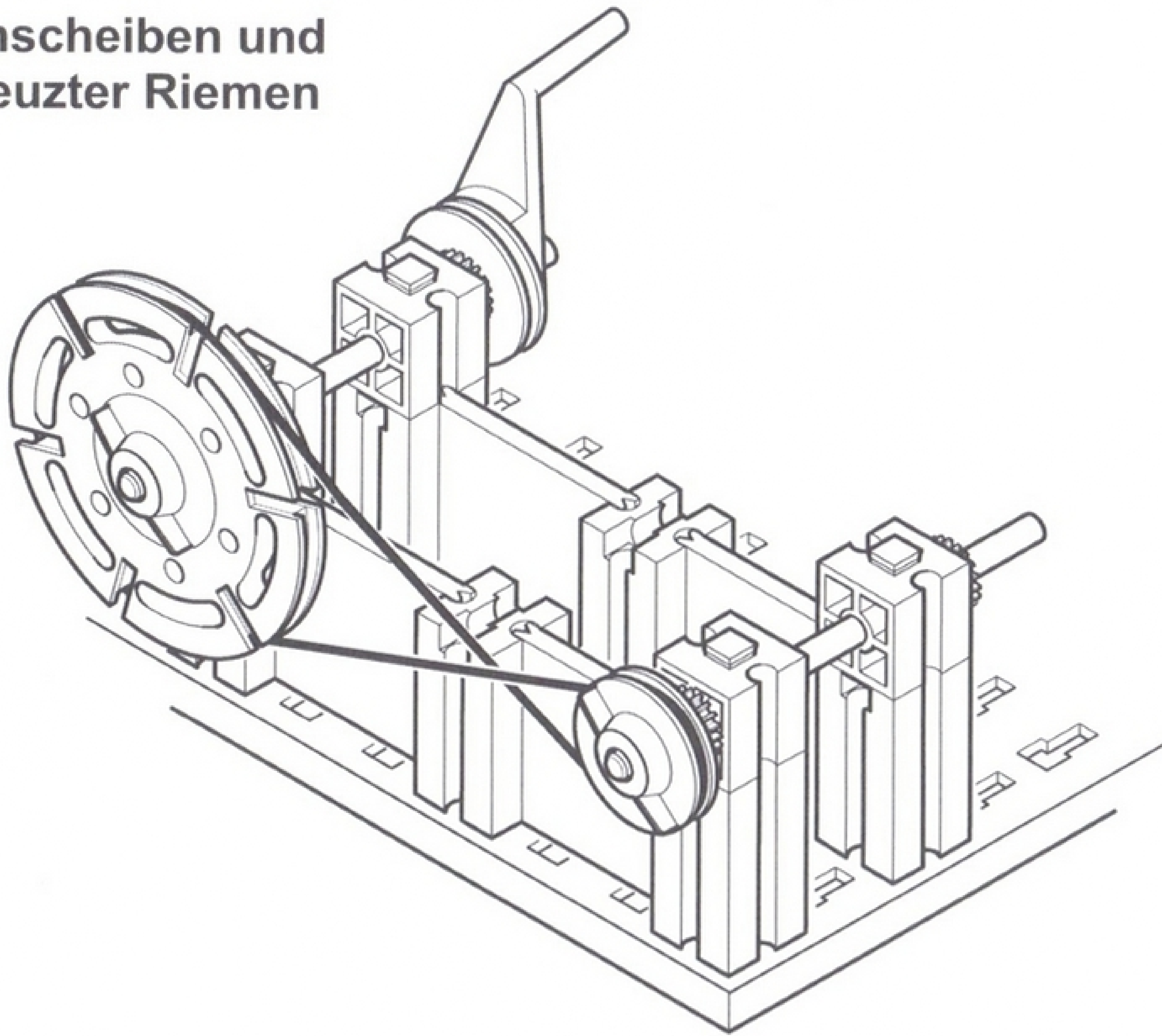
Riemenscheiben und Riemen



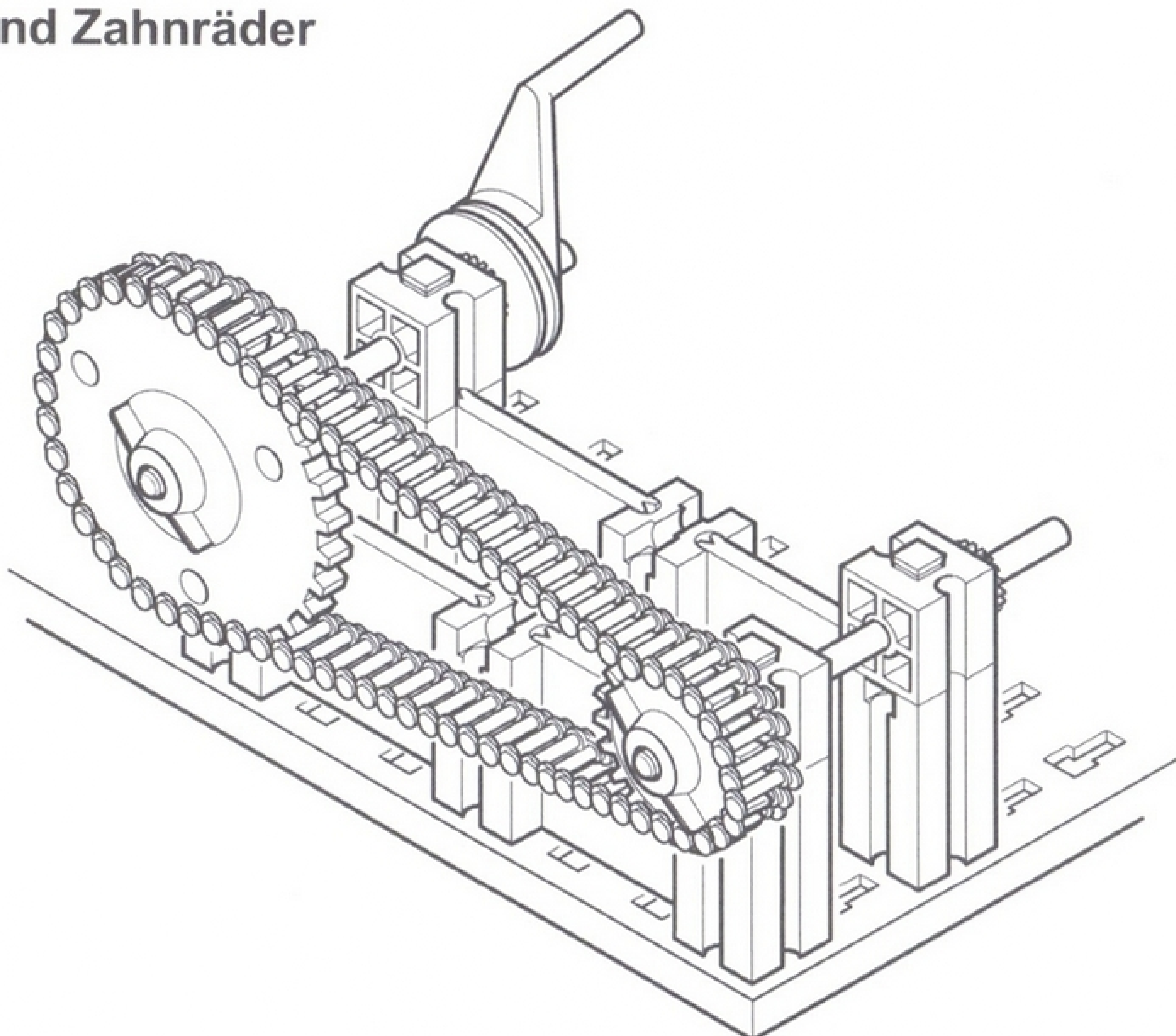
- 6 x 
- 4 x 
- 4 x 
- 4 x 
- 2 x  80 mm
- 3 x 
- 3 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 



Riemenscheiben und überkreuzter Riemen

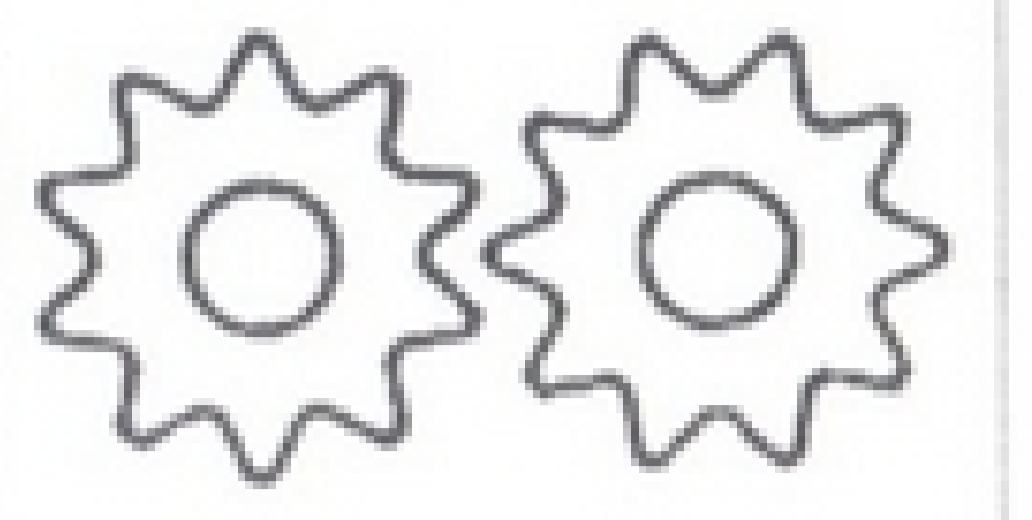


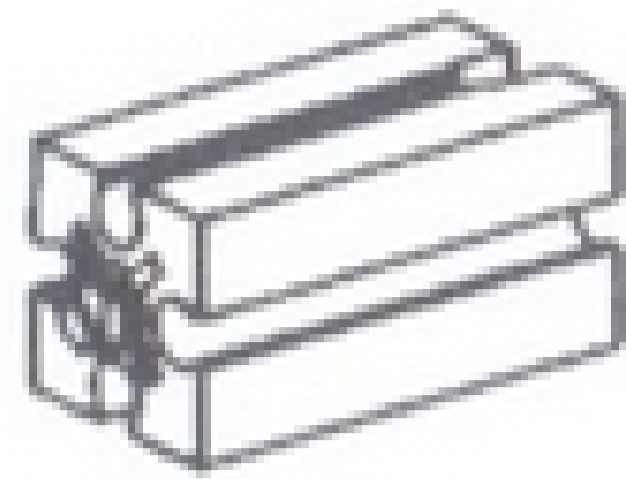
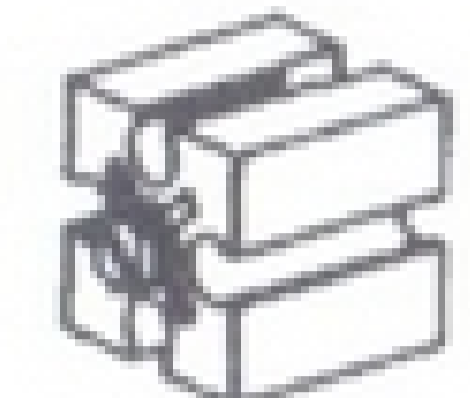








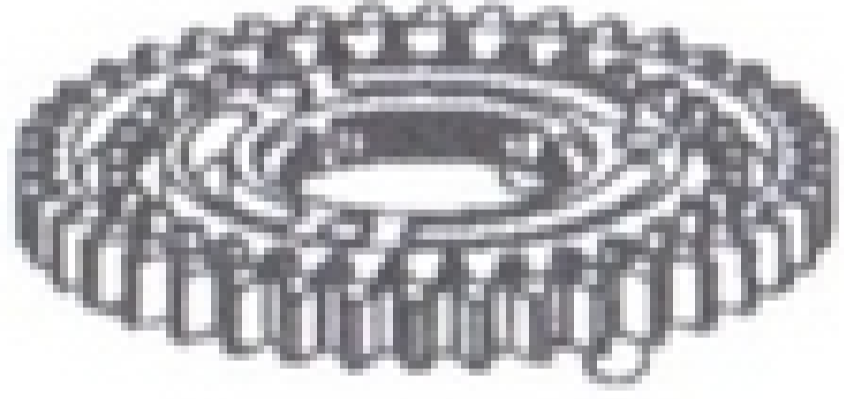
Kette und Zahnräder



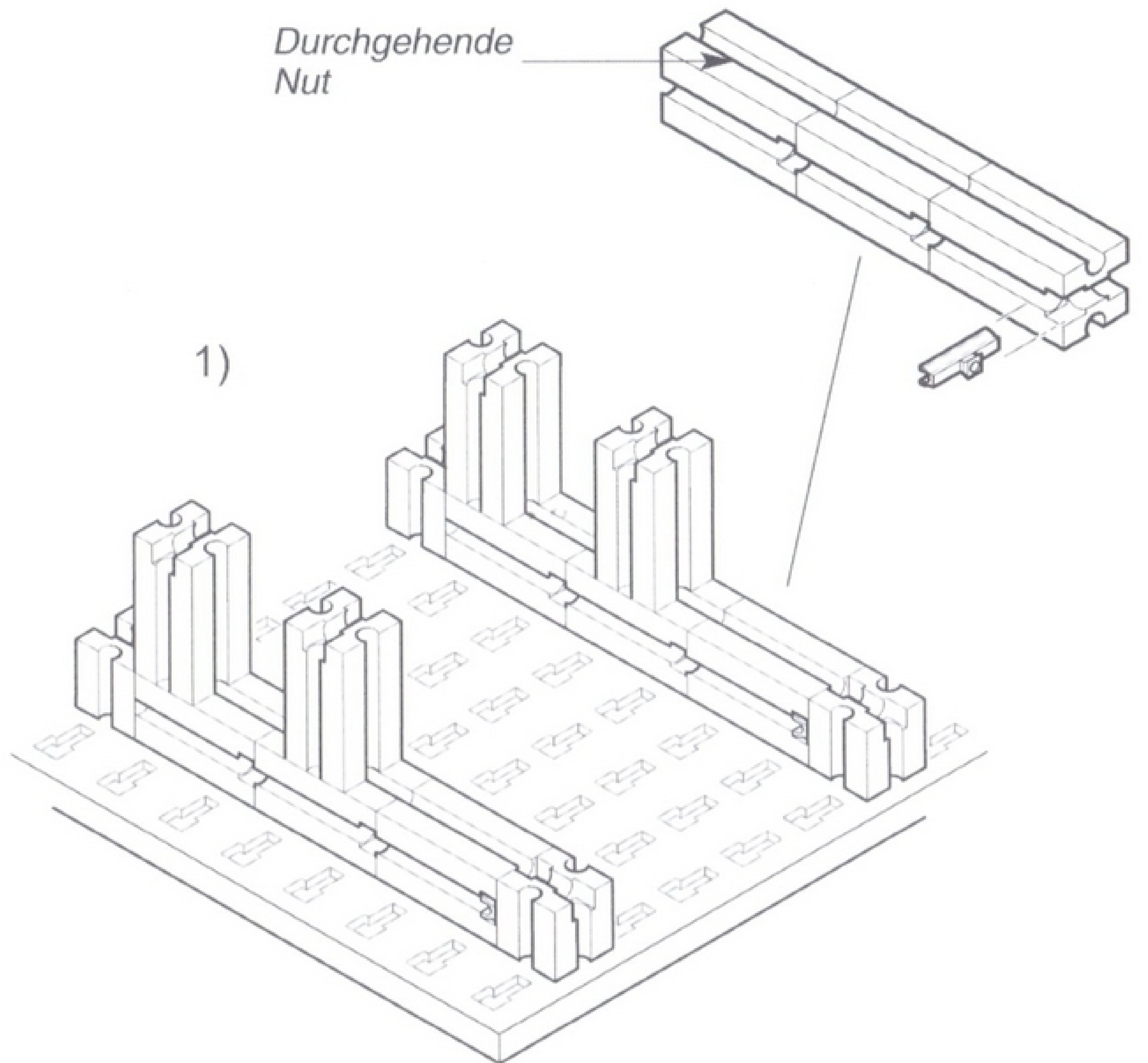
mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

Einfaches Getriebe

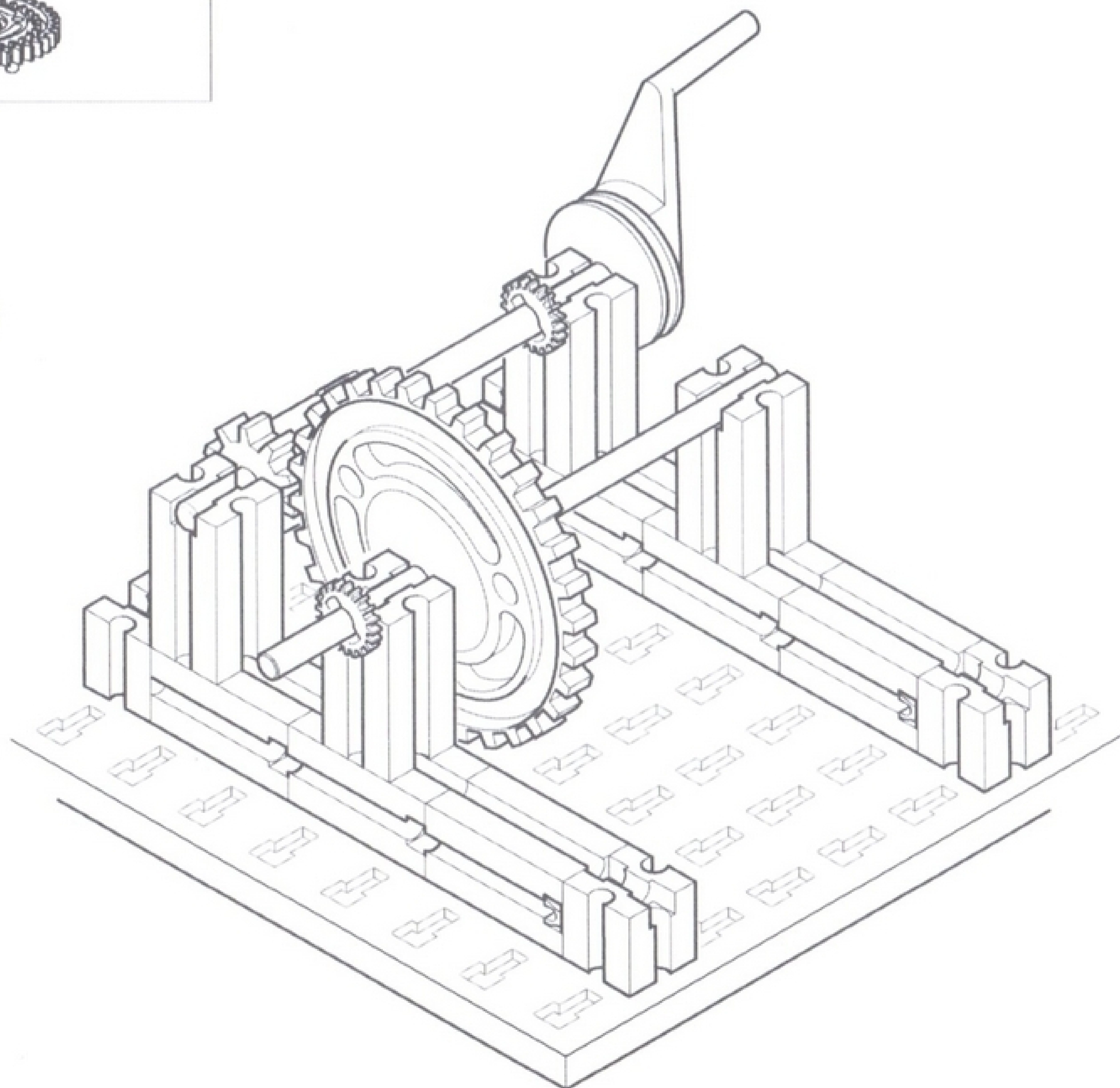


- 10 x 
- 4 x 
- 2 x  110 mm
- 2 x 
- 2 x 
- 2 x 
- 2 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 

Durchgehende Nut



2)



Einfaches Getriebe mit Zwischenzahnrad

Zusätzliche Teile für
das Zwischenzahnrad

2 x



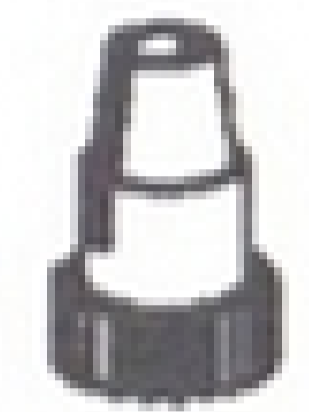
1 x



1 x



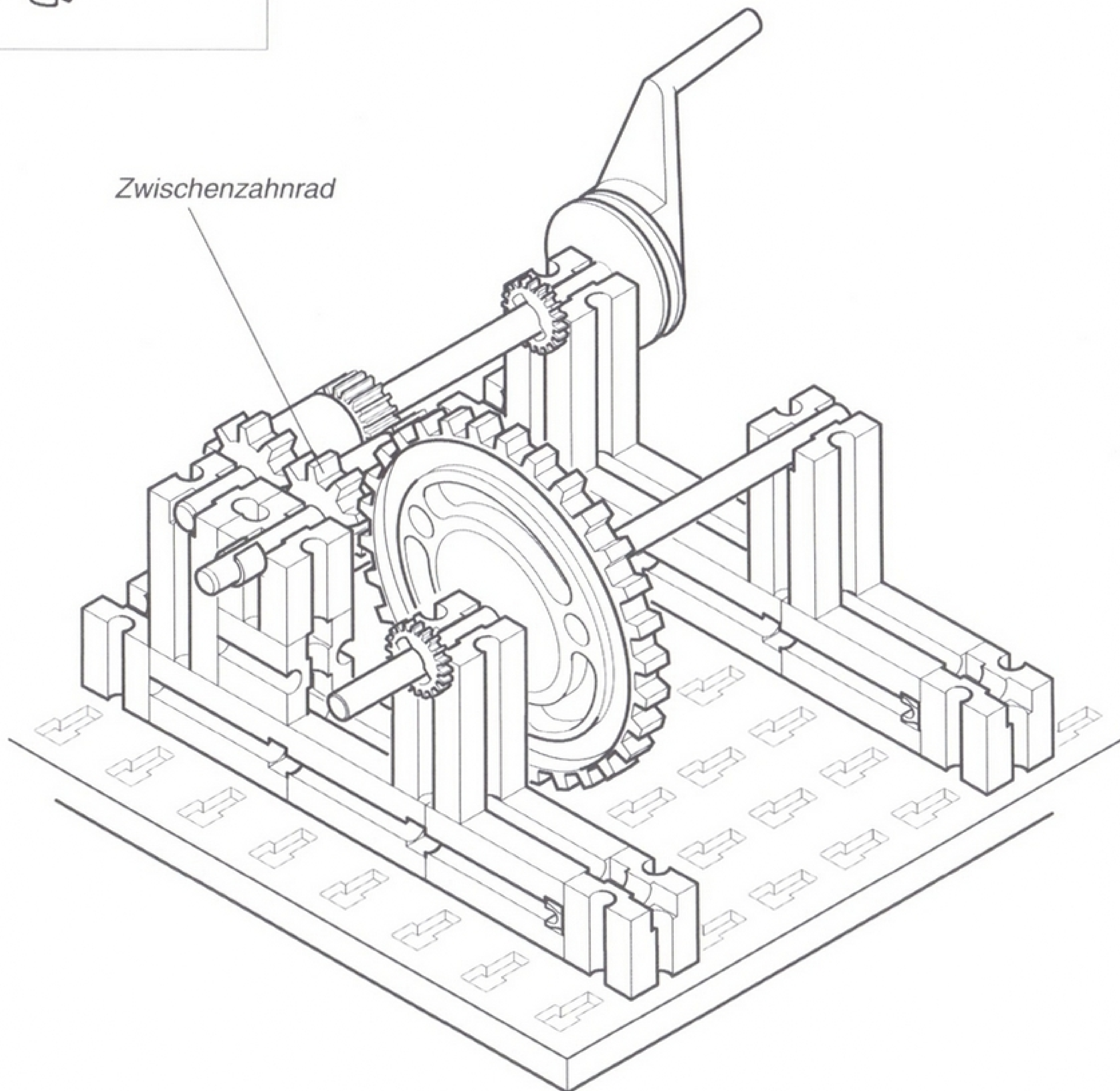
1 x



1 x



Das **Zwischenzahnrad** beeinflusst die Richtung der Drehbewegung. Es beeinflusst jedoch nicht die Änderungen der Geschwindigkeit und des Drehmoments des Getriebes.



Aufgabe 1 zum Thema „Konstruktion eines Mechanismus“

Situation

Kleine Kinder mögen Spielzeuge, die sie hinter sich herziehen können. Wenn sie diese Spielzeuge auf dem Boden hinter sich herziehen, entsteht eine lustige Bewegung – ein Kopf nickt, ein Schwanz wedelt oder eine Figur springt auf und ab.



Das hier gezeigte Spielzeug stellt einen Zirkuszug dar. Spielzeuge wie diese basieren oft auf Zeichentrickfiguren oder Puppen, die aus dem Fernsehen bekannt sind – auf Feuerwehrgewagen, Zügen oder Tieren, die auf einer Trommel spielen oder Becken schlagen.

Konstruiert und baut ein fischertechnik-Modell eines Spielzeugs, das man hinter sich herziehen kann, und zwar mit einem Thema und einer Bewegung, die eurer Meinung nach einem kleinen Kind gefallen würden.

Problemstellung

Bei jedem Spielzeugwagen handelt es sich um ein kleines Fahrzeug mit vier Rädern. Die Drehbewegung von den Rädern wird auf einen anderen Mechanismus übertragen, der die Bewegung in die Ausgabebewegung umwandelt.

Zeichnet eure Ideen auf einem separaten Blatt Papier auf. Führt die Einzelheiten des Mechanismus auf.

Die Situation erforschen

Schreibt auf, welche Art von Ausgabebewegung für jedes der Fahrzeuge benötigt wird.



Welche Mechanismen könnten verwendet werden um diese Bewegungen zu erzeugen?

Aufgabe 2 zum Thema „Konstruktion eines Mechanismus“

Situation

Die Direktoren eines Museums in München möchten mehr Besucher aus Schulen anziehen, daher eröffnen sie eine „Erlebnis“-Abteilung. In einem Bereich möchten sie von Hand gedrehte Modelle einsetzen um zu zeigen, wie Wasserräder zum Antrieb von Maschinen, wie z.B. Sägen, Hämmer, Mühlsteine und Flaschenzüge verwendet wurden.



Konstruiert und baut ein fischertechnik-Modell, das sie verwenden könnten.

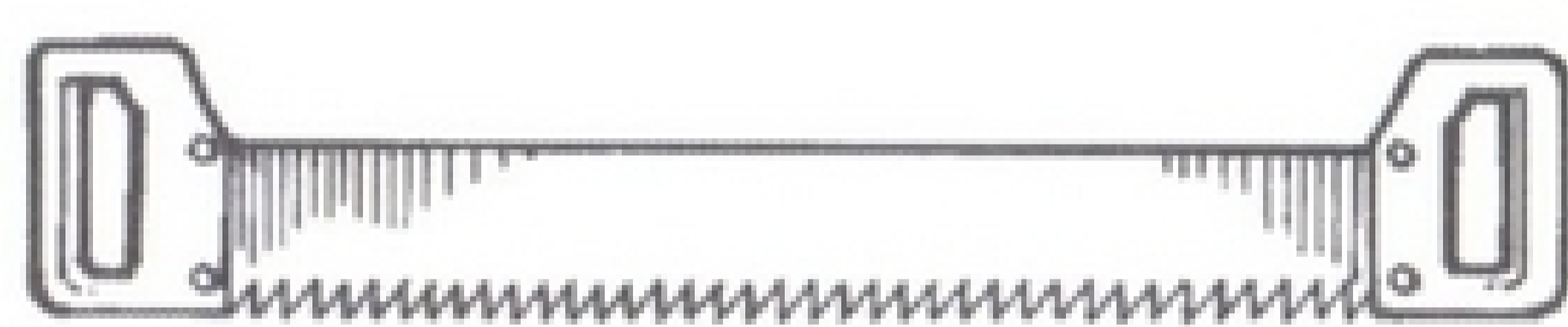
Problemstellung

Das Modell muss ein einfaches Wasserrad beinhalten, das die Besucher, für den Fall, dass kein Wasser fließt, mit einem Griff drehen können. Die Drehbewegung vom Rad wird als Eingabe für einen Mechanismus verwendet, der die Bewegung erzeugt, die zum Betrieb der „Maschine“ erforderlich ist.

Skizziert eure Ideen auf einem separaten Blatt Papier. Führt die Einzelheiten der Mechanismen auf.

Die Situation erforschen

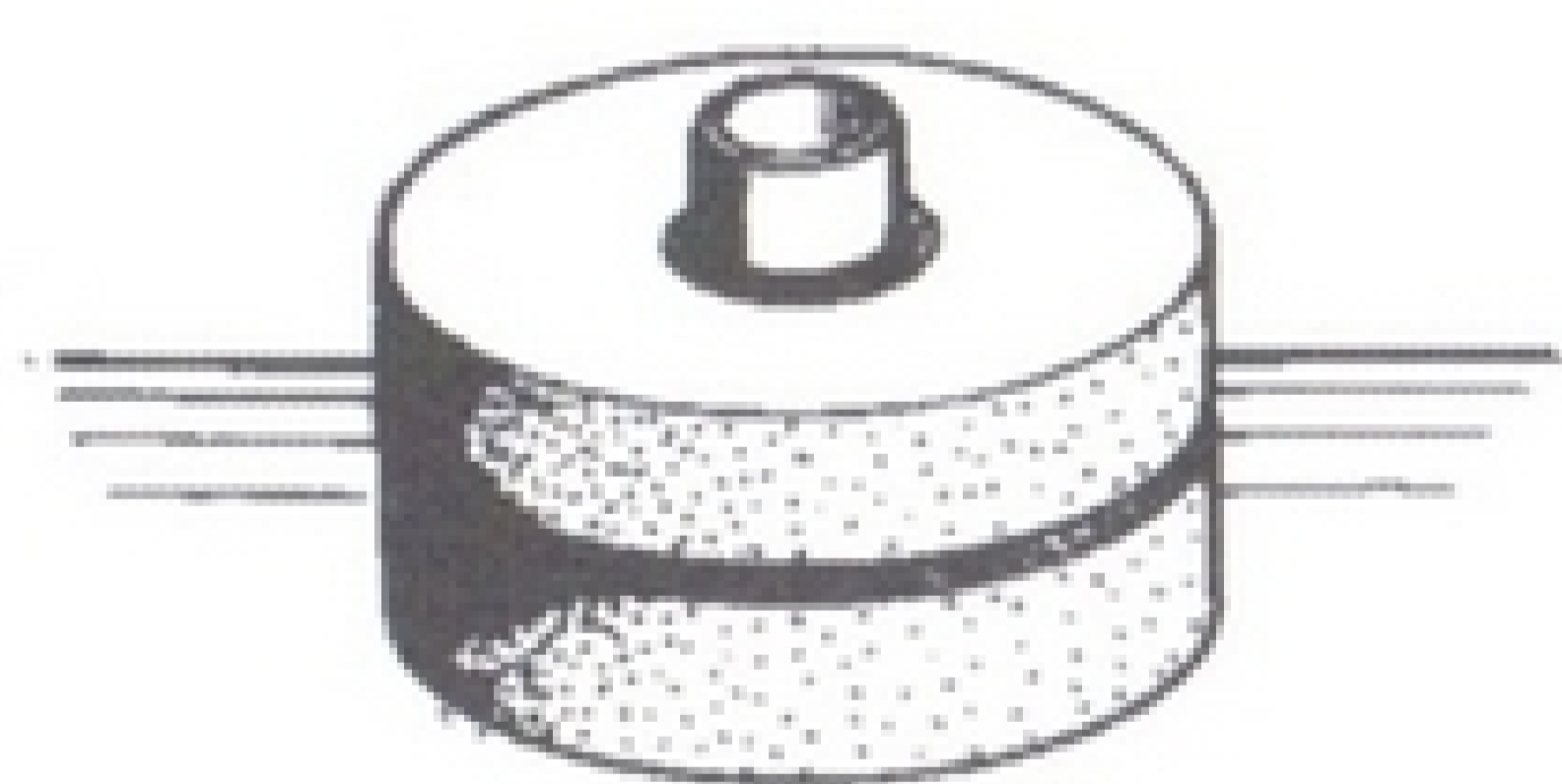
Schreibt auf, welche Art von Ausgabebewegung für jede der Maschinen benötigt wird.



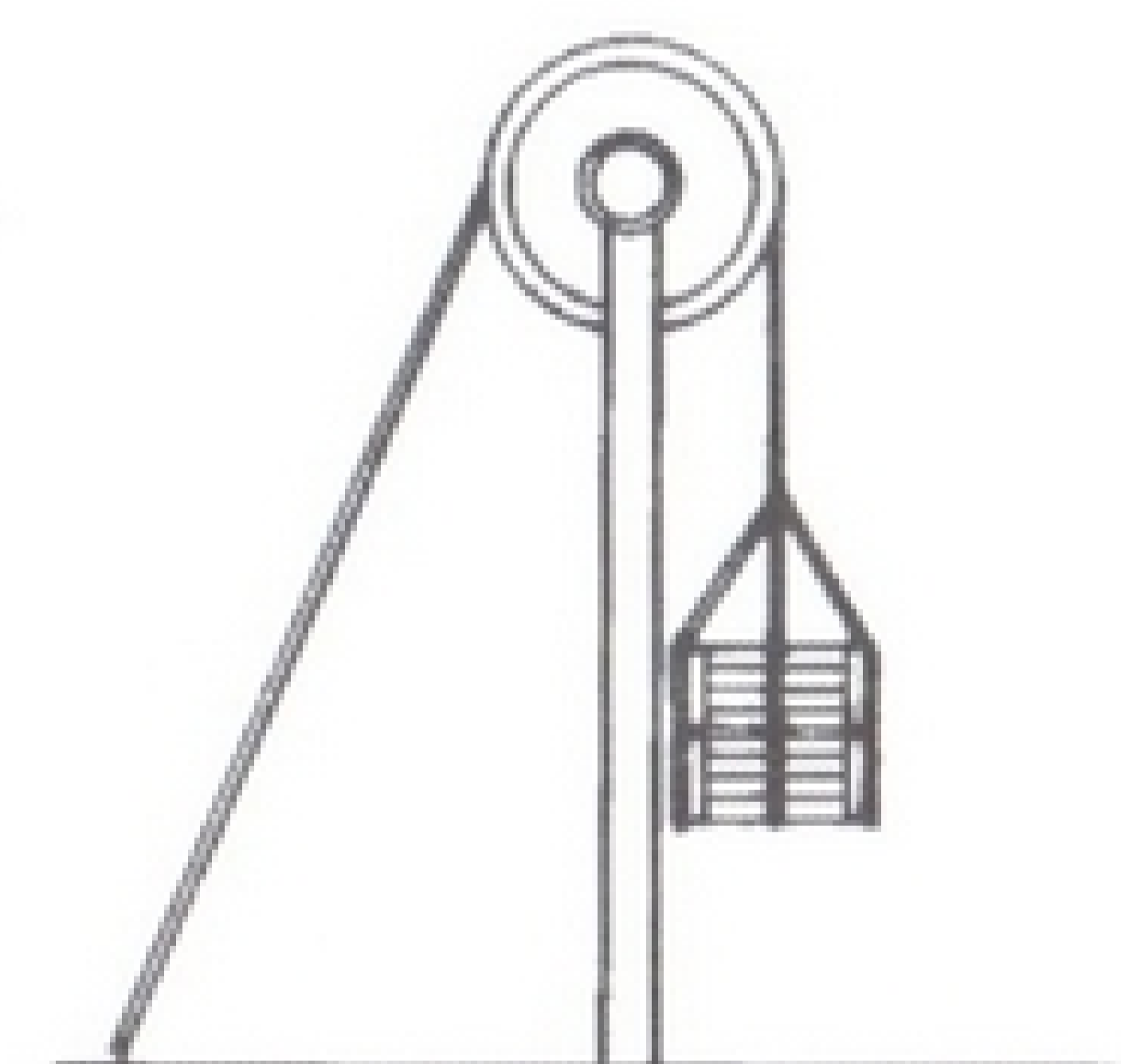
Säge



Hammer



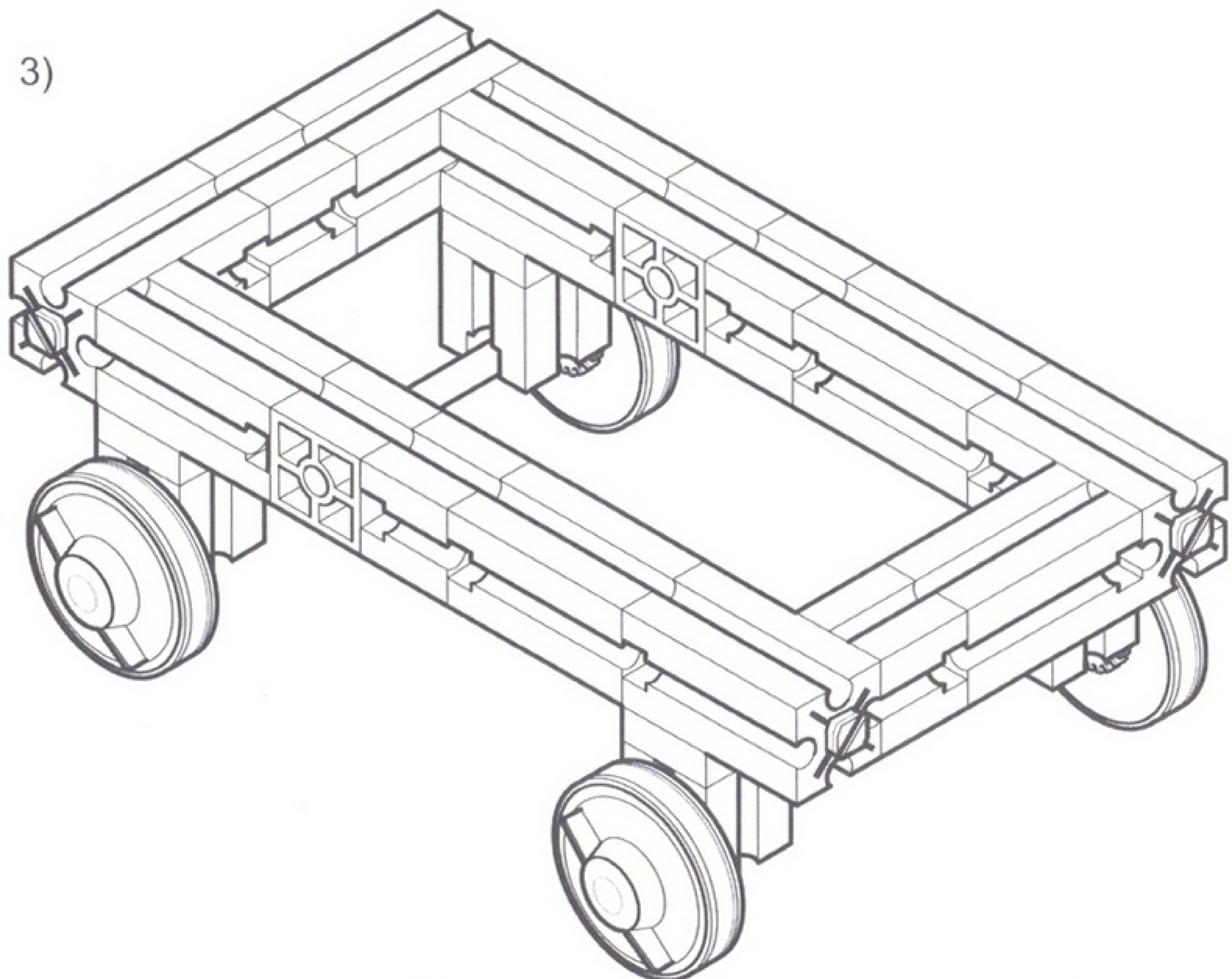
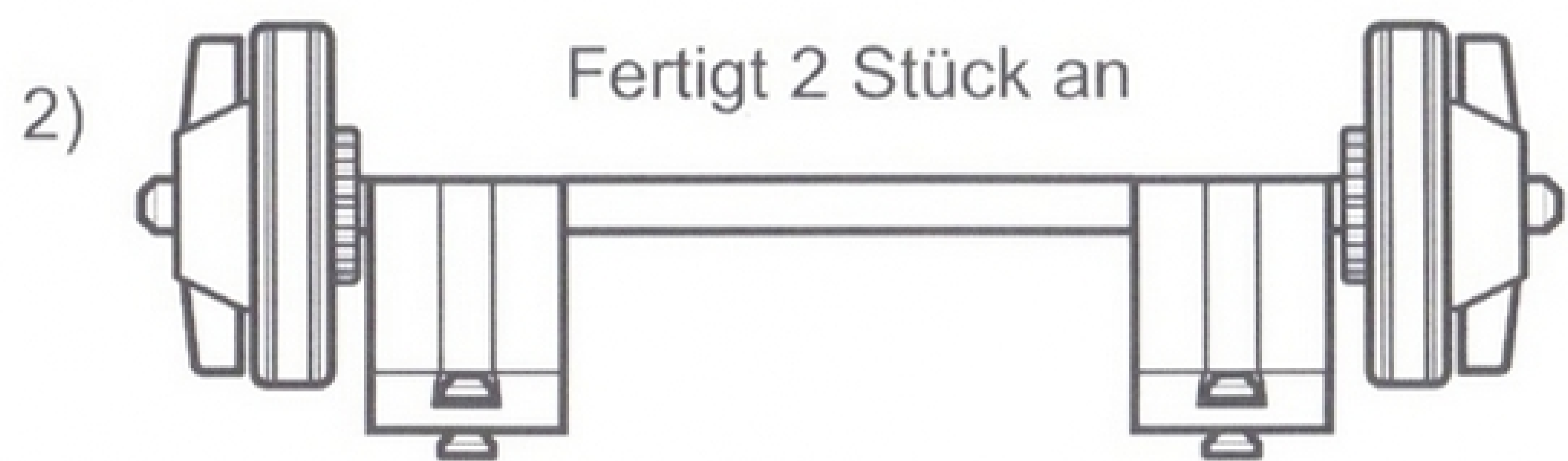
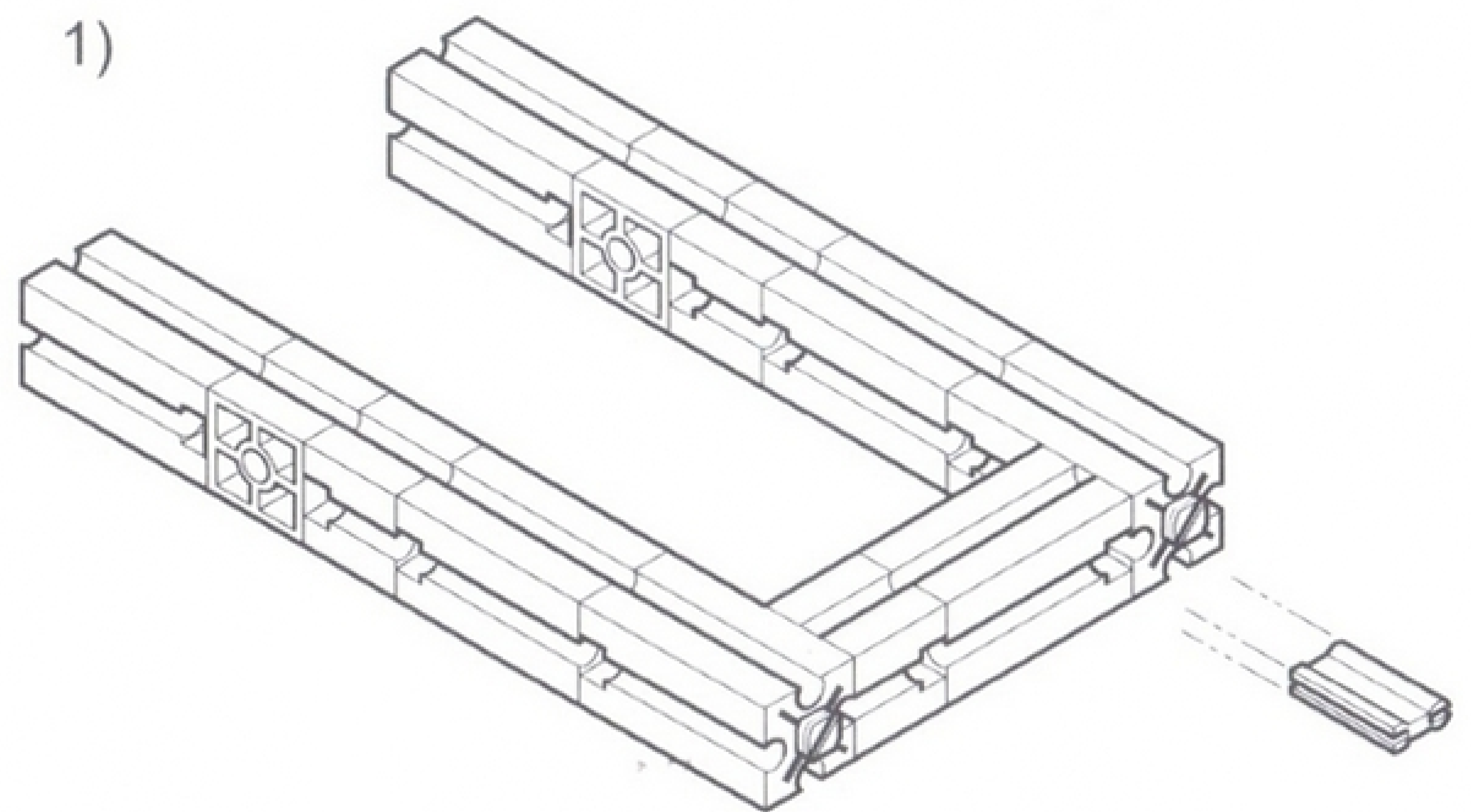
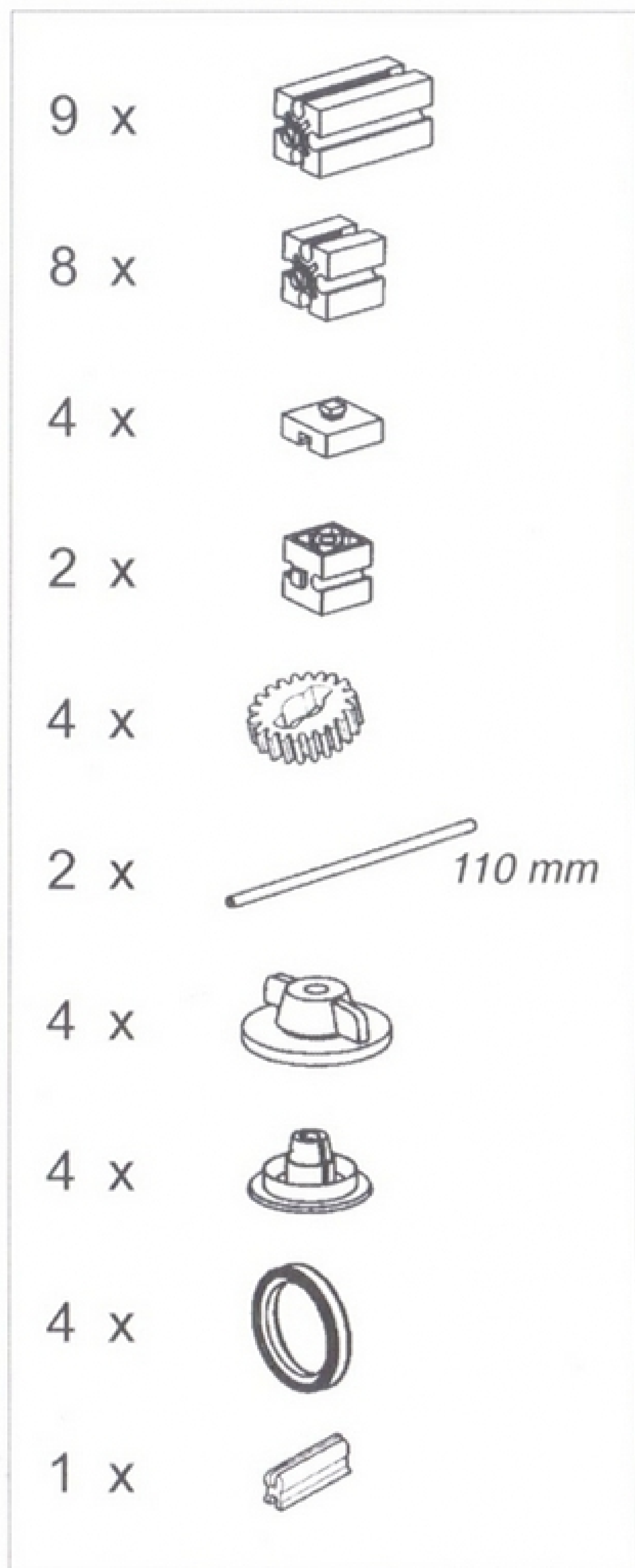
Mühlsteine
(die Bewegung wird um 90° geändert)



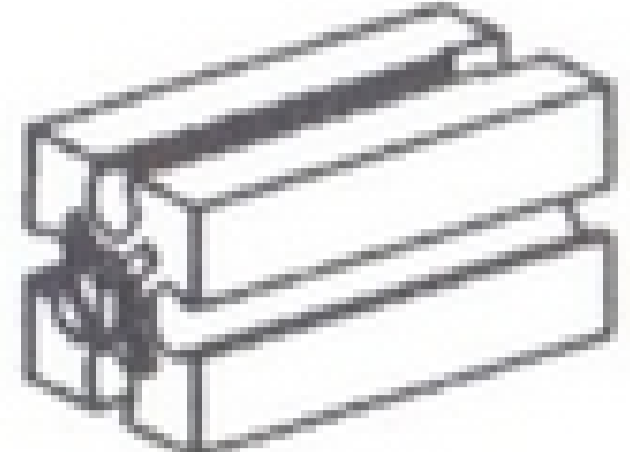
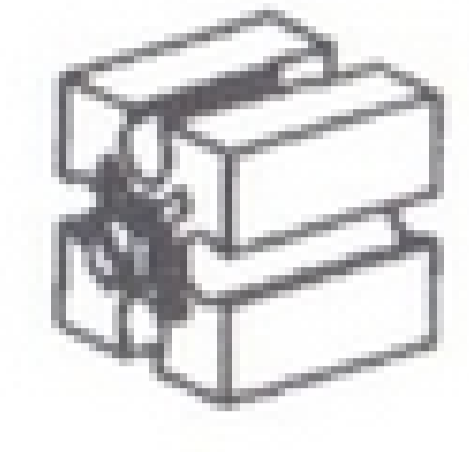
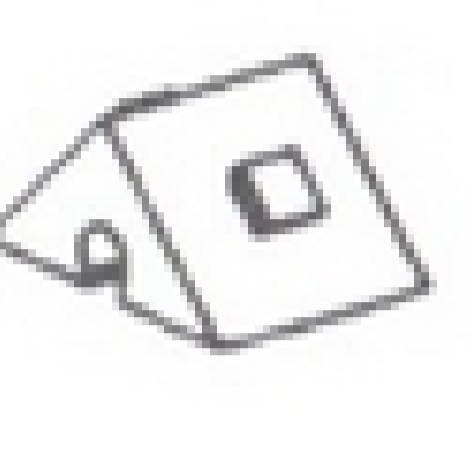
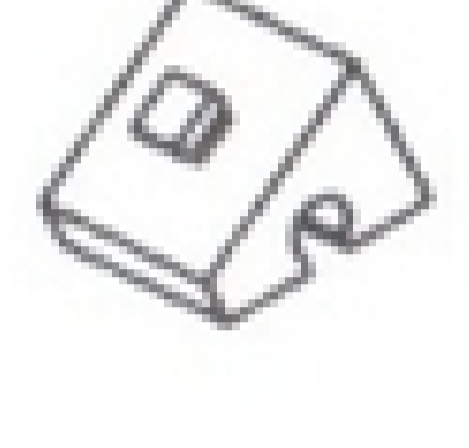



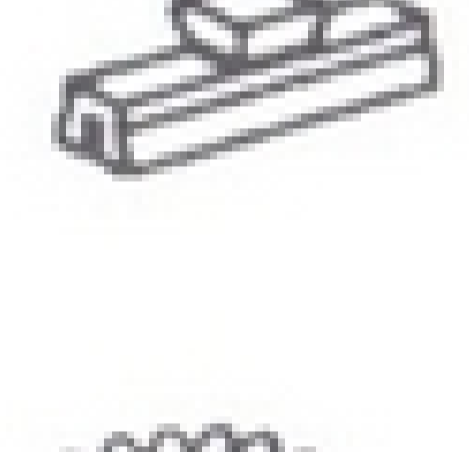





Flaschenzug

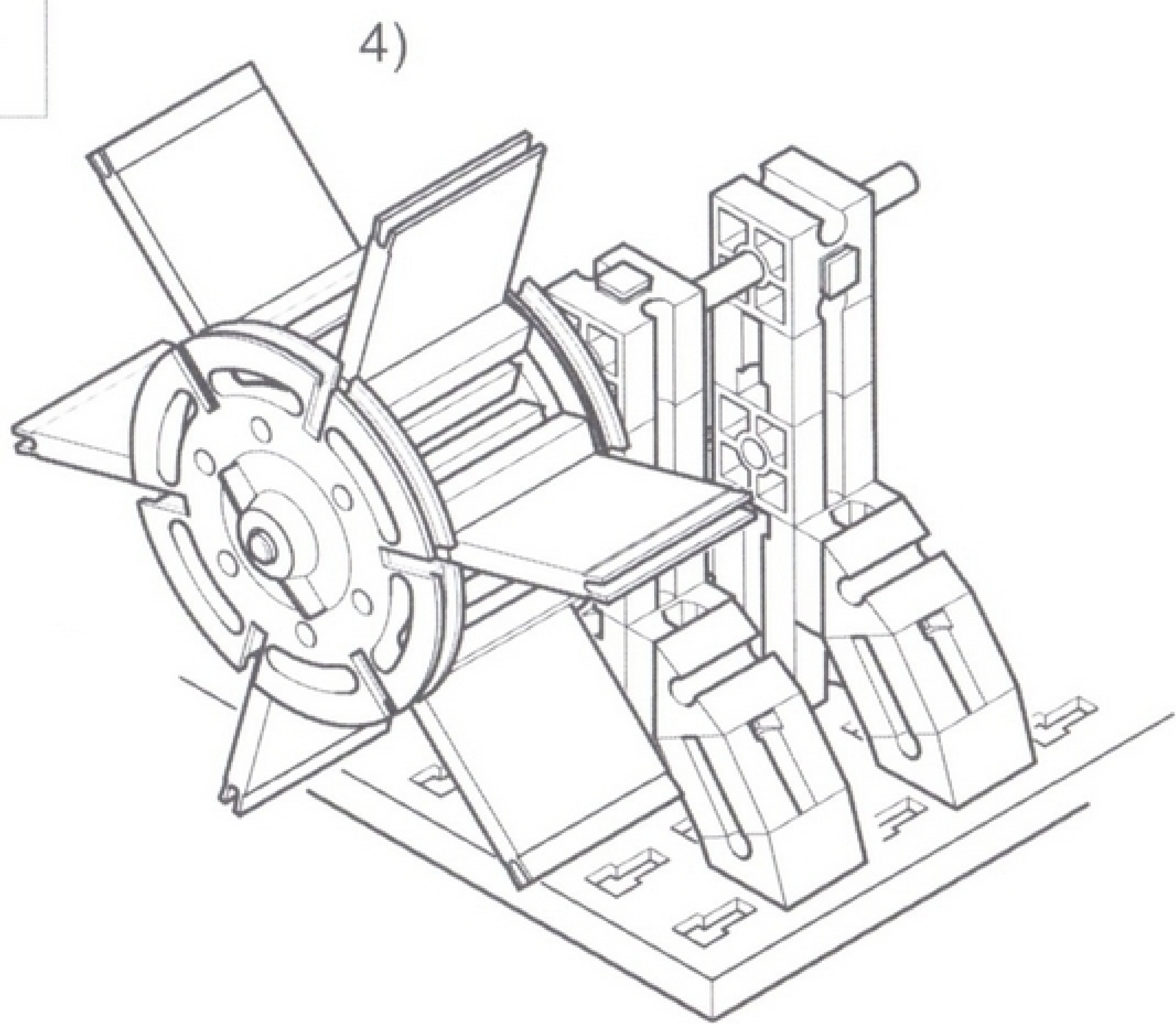
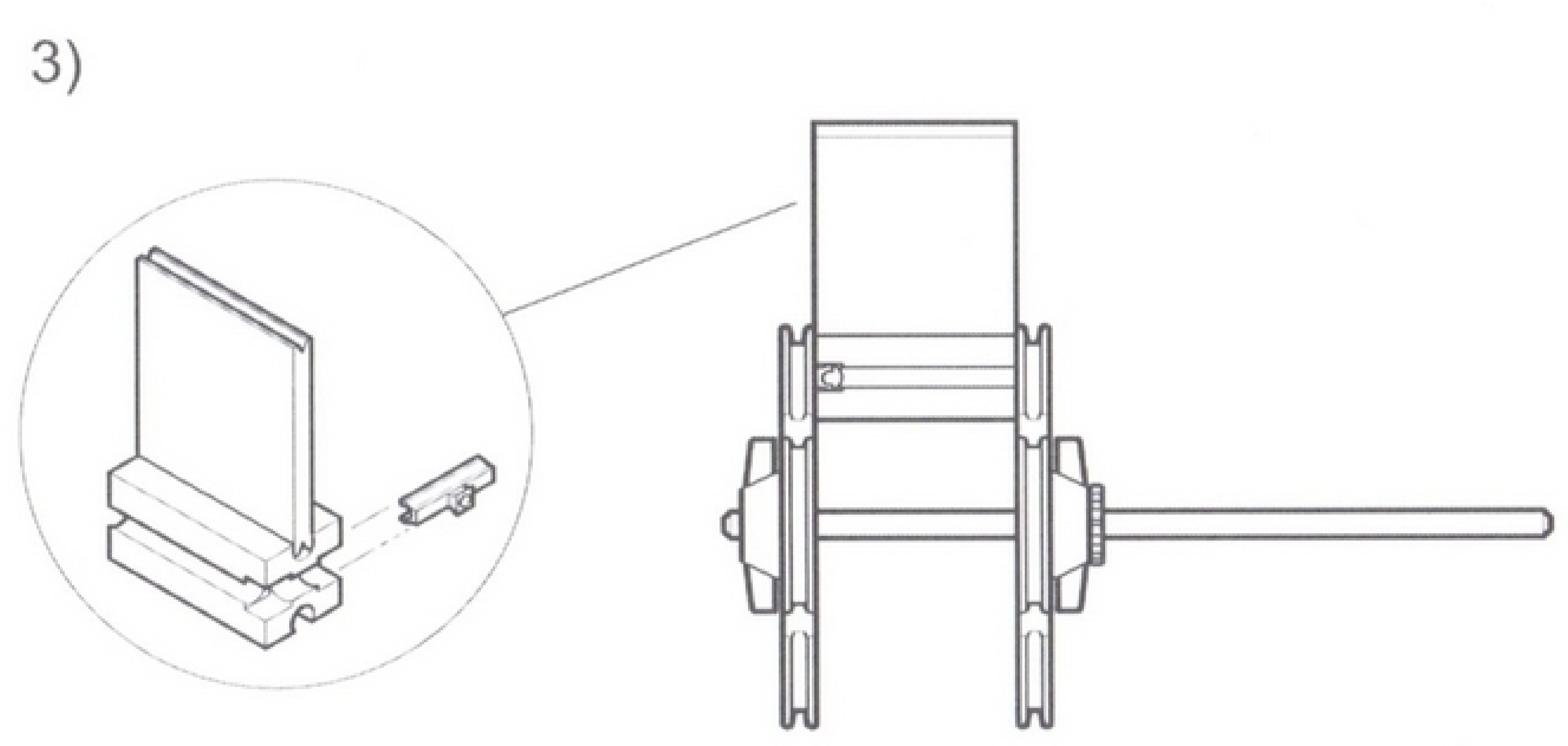
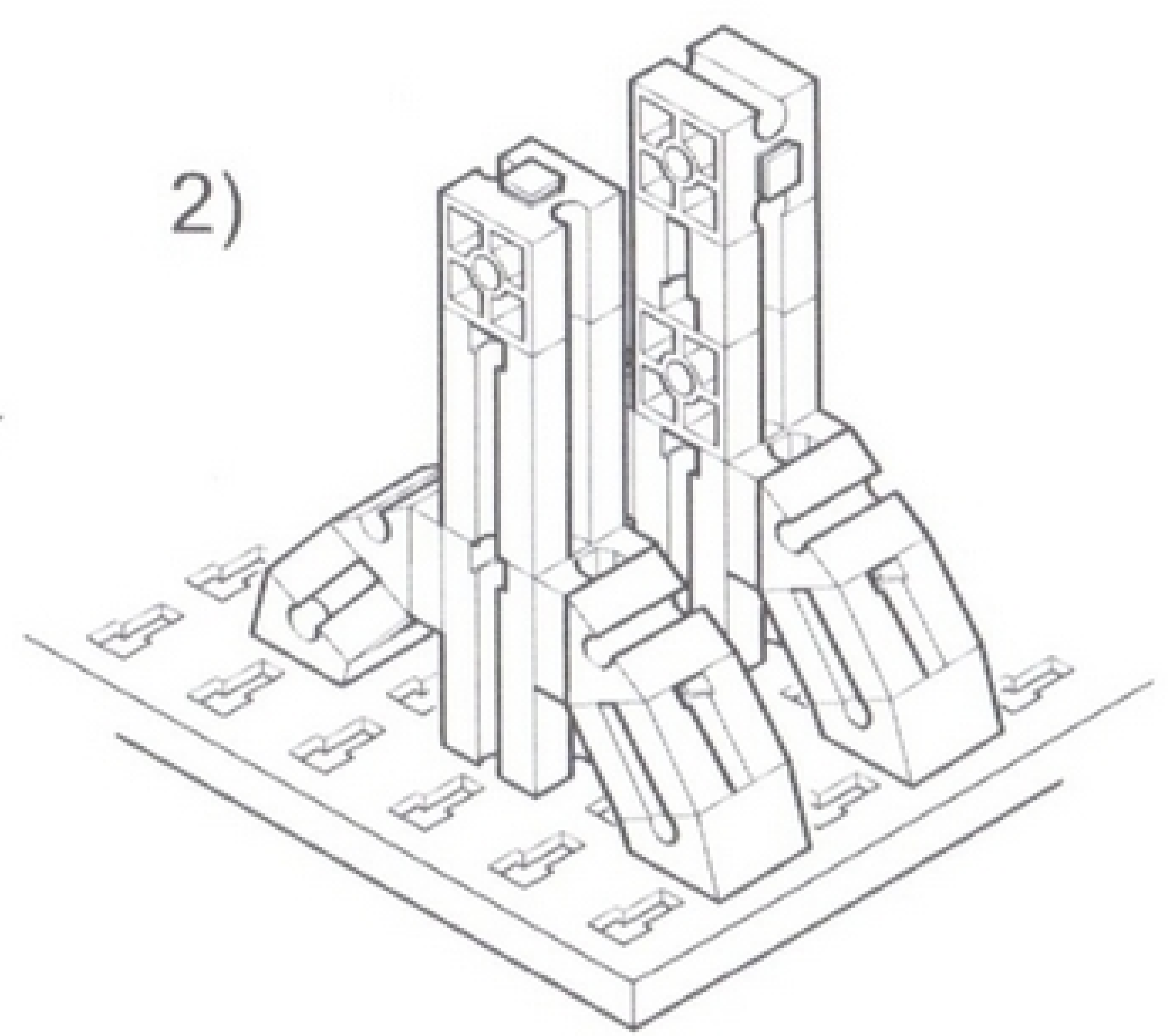
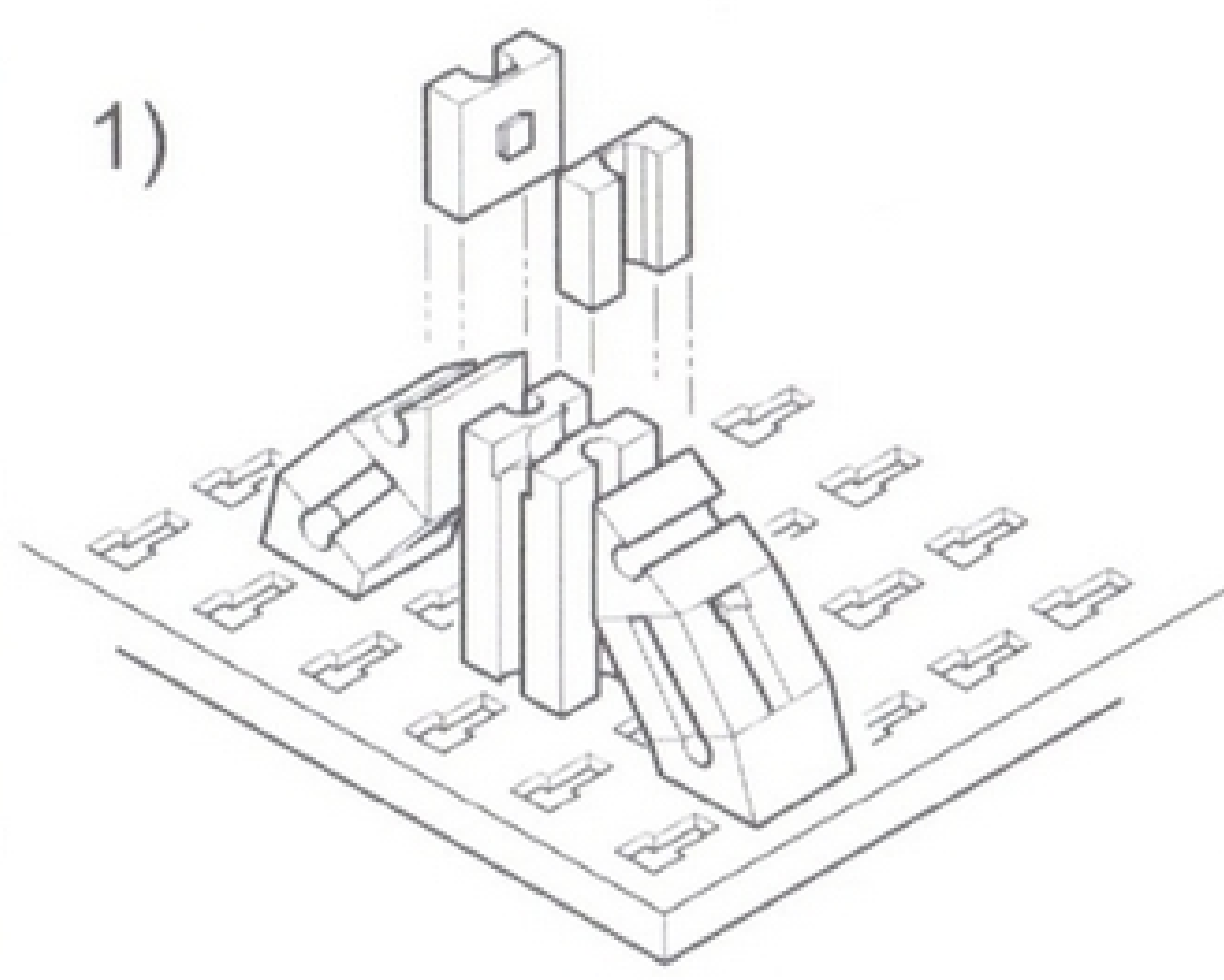
Welche Mechanismen könnten verwendet werden um diese Bewegungen zu erzeugen?

Fahrgestell



Wasserrad

- 9 x 
- 5 x 
- 4 x 
- 4 x 
- 4 x 
- 3 x 
- 6 x 
- 6 x 
- 2 x 
- 1 x  125 mm
- 2 x 
- 2 x 
- 2 x 



Hebel: 1

Baut das mit Hebel 1 bezeichnete Modell auf dem Konstruktionsblatt für Hebel. Es ist ein Versuchsmodell eines mechanischen Systems für eine Vorrichtung zum Zerdrücken von Dosen (siehe Abb. 1).

Schaut euch sorgfältig das in Abb. 2 gezeigte Diagramm des Systems an. Führt anschließend die Untersuchung auf der Rückseite dieses Blattes durch.

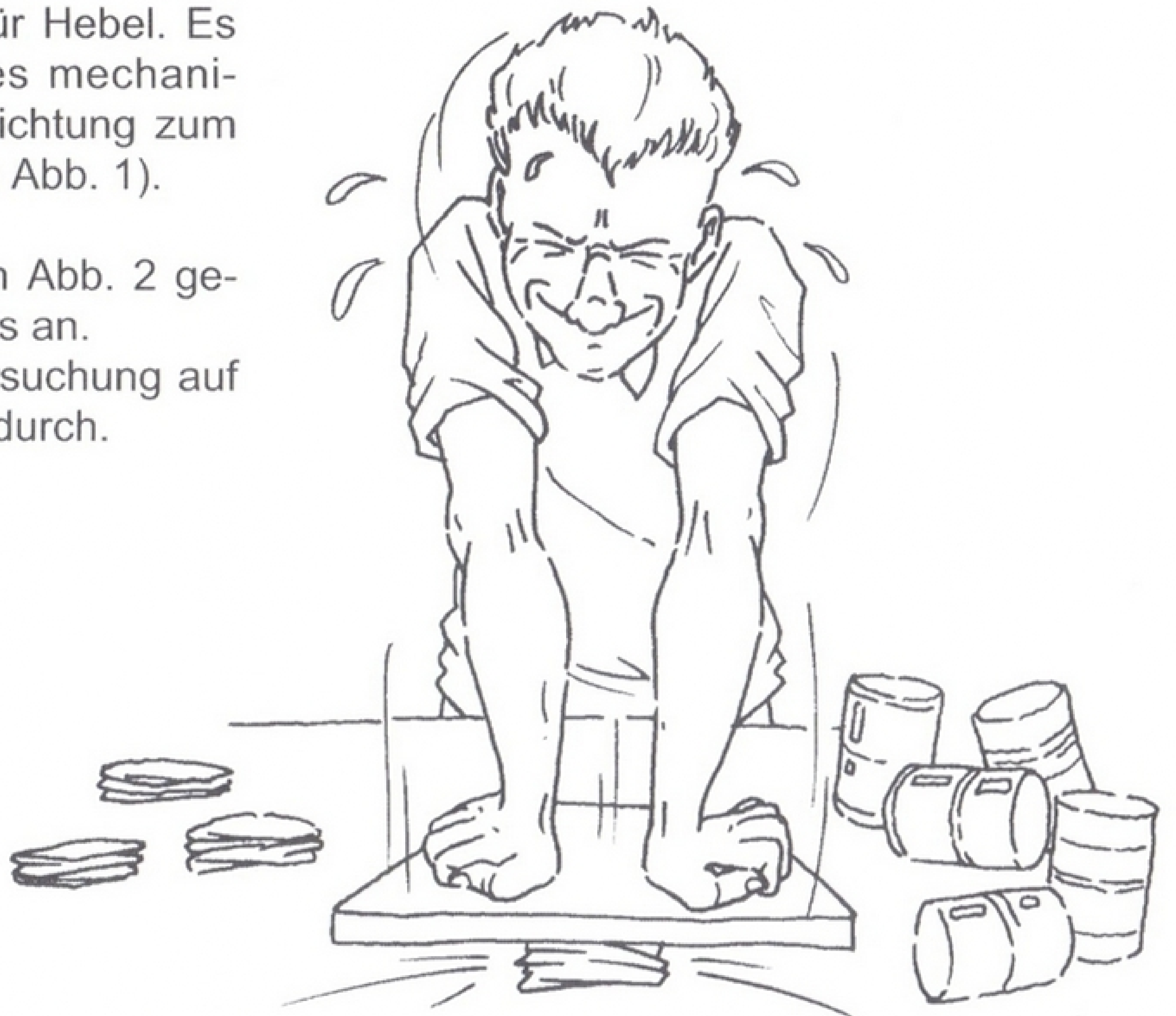
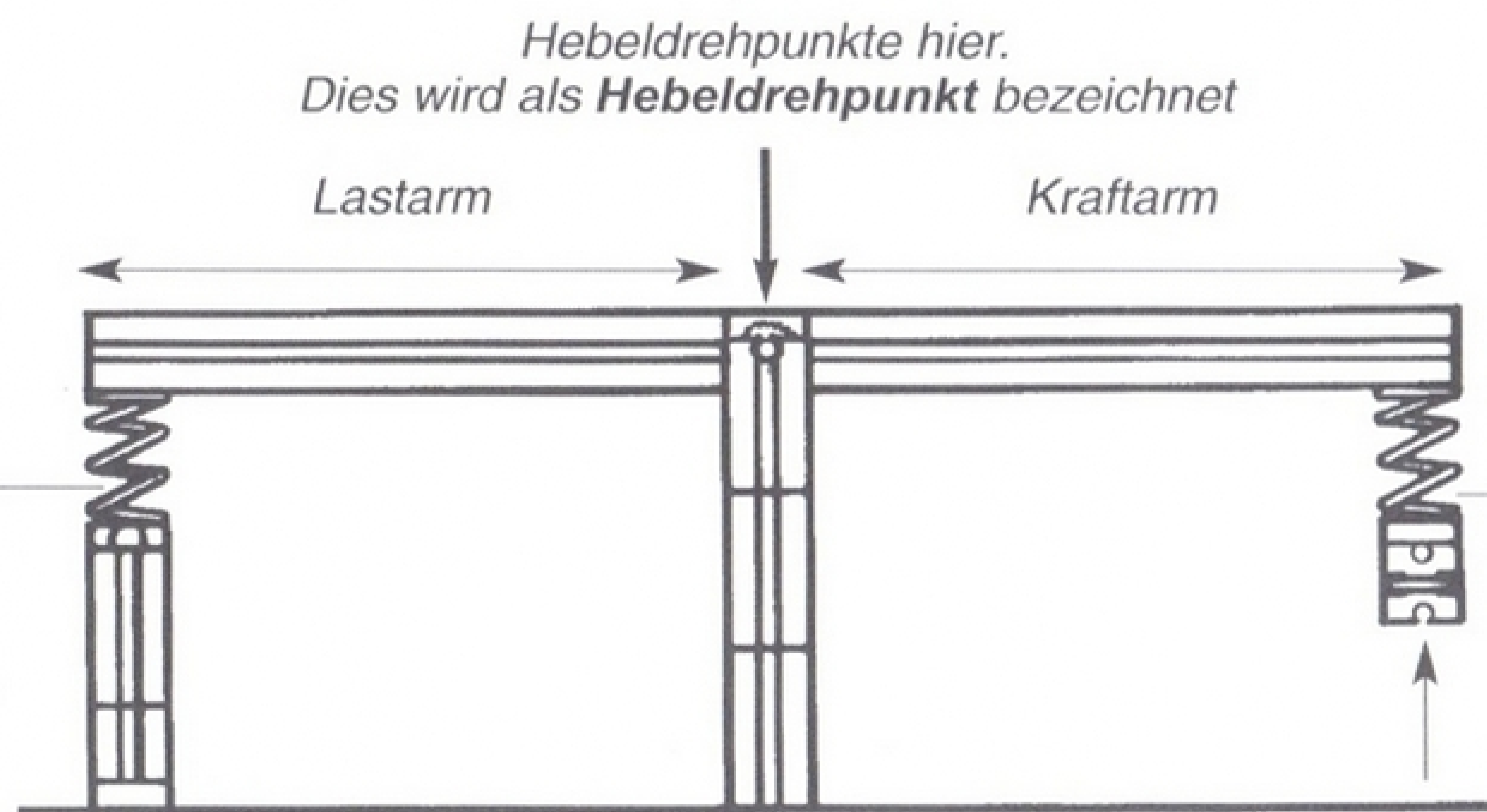


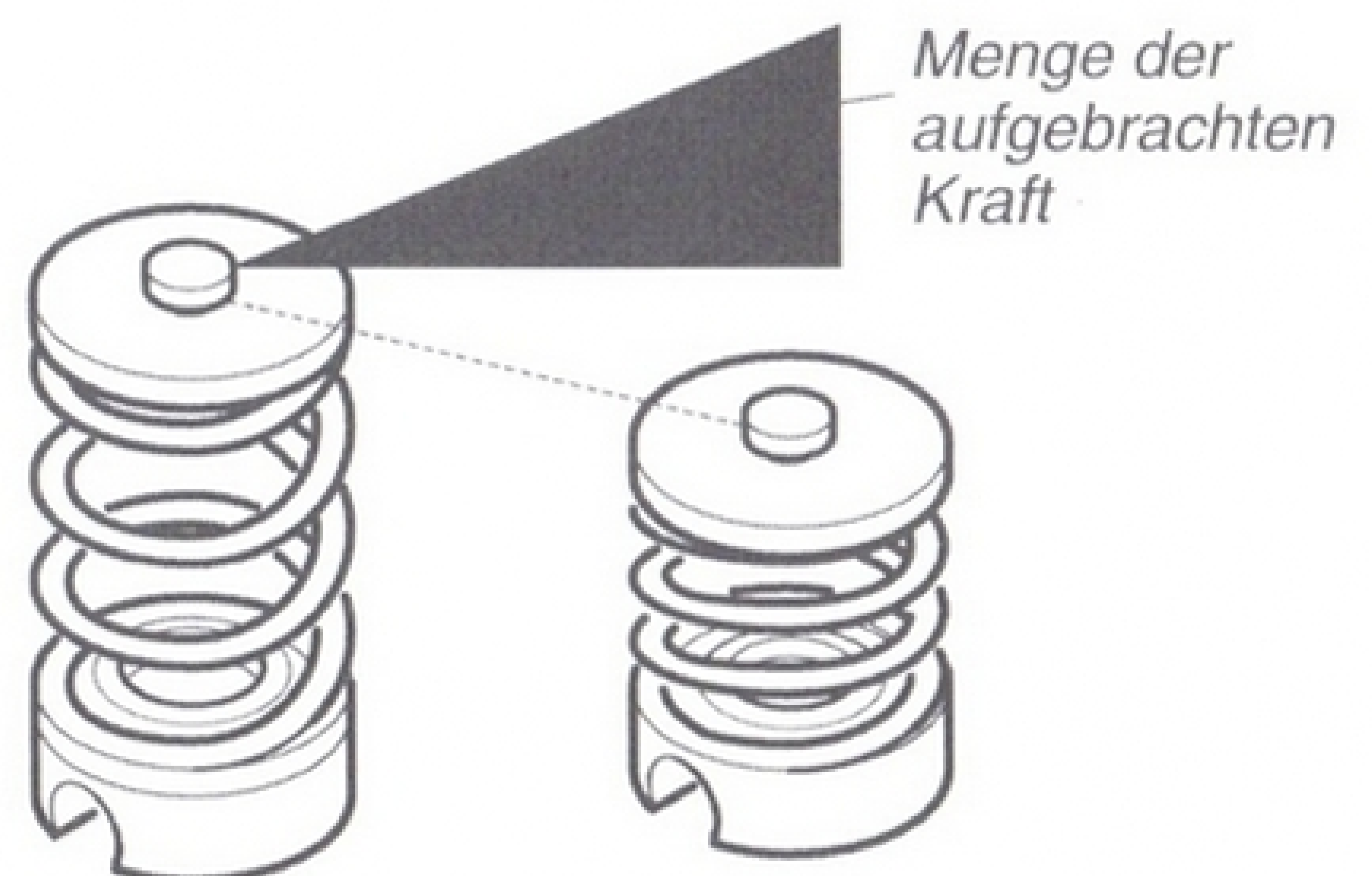
Abb. 1 Zerdrückte Dosen können leichter für das Recycling aufbewahrt werden.

Abb. 2

Ein vollständiges Zusammen-drücken dieser Feder stellt die Kraft dar, die erforderlich ist, um eine Dose zu zerdrücken. Dies wird als die **Last** bezeichnet.



Im Modell werden Federn verwendet, die als Anhaltspunkt fungieren, an dem zu sehen ist, wie viel Kraft an der Eingabe und der Ausgabe des System aufgebracht wird. Die Feder drückt sich im Verhältnis zur Menge an Kraft zusammen, die auf sie aufgebracht wird.



Untersuchung

I) Bringt die Kraft auf, die erforderlich ist, um die Lastfeder vollständig zusammenzudrücken. Beobachtet beide Federn, wenn ihr dies tut.

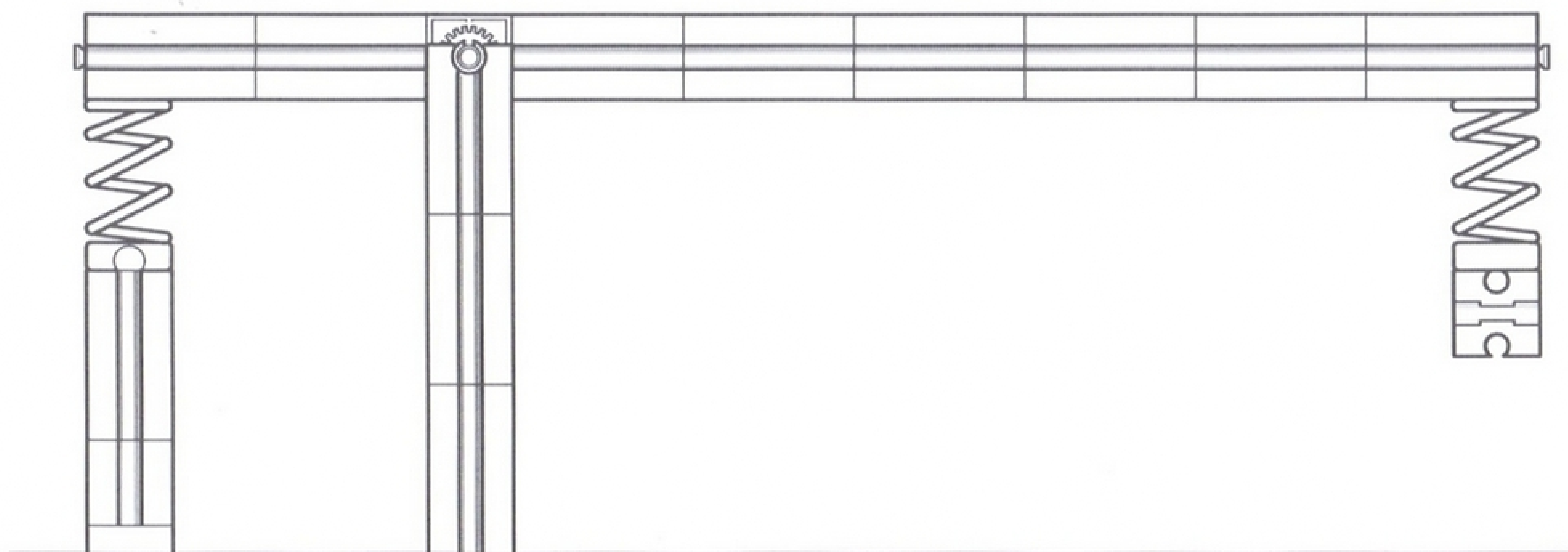
II) Verlängert den Kraftarm um das Modell 2 des Hebels 1 zu bauen, wie in Abb. 3 gezeigt. Bringt die erforderliche Kraft auf um die Lastfeder vollständig zusammenzudrücken. Beobachtet beide Federn, wenn ihr dies tut.

III) Welche Ausführung des Modells hat den längeren Arm?

IV) Für welche Ausführung ist die wenigste Kraft zum Zerdrücken einer Dose erforderlich?

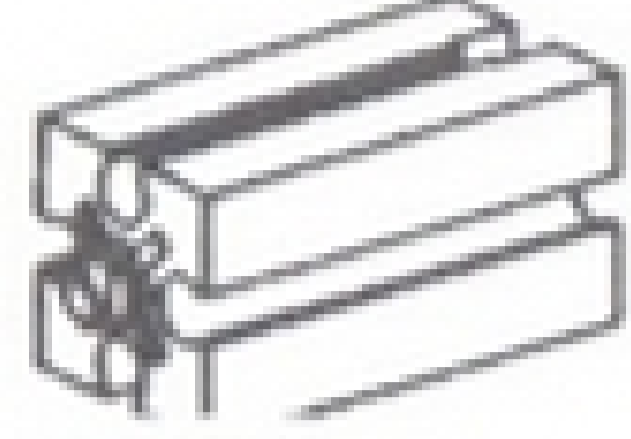
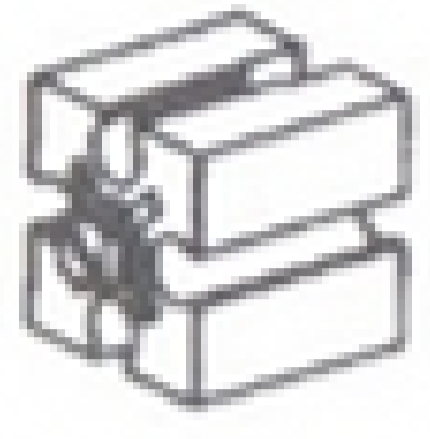







Lest nun das Blatt „Wie Hebel funktionieren“.

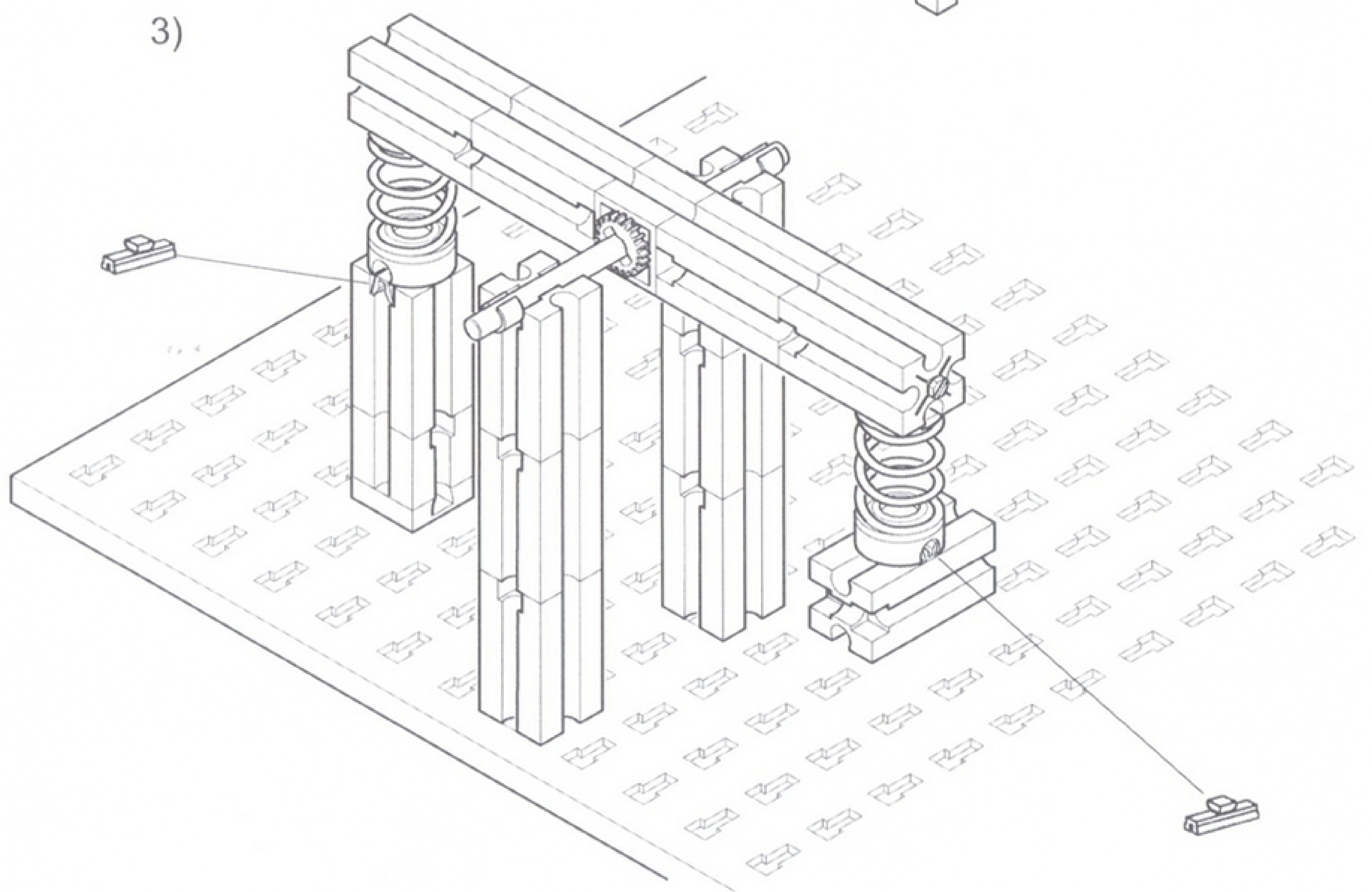
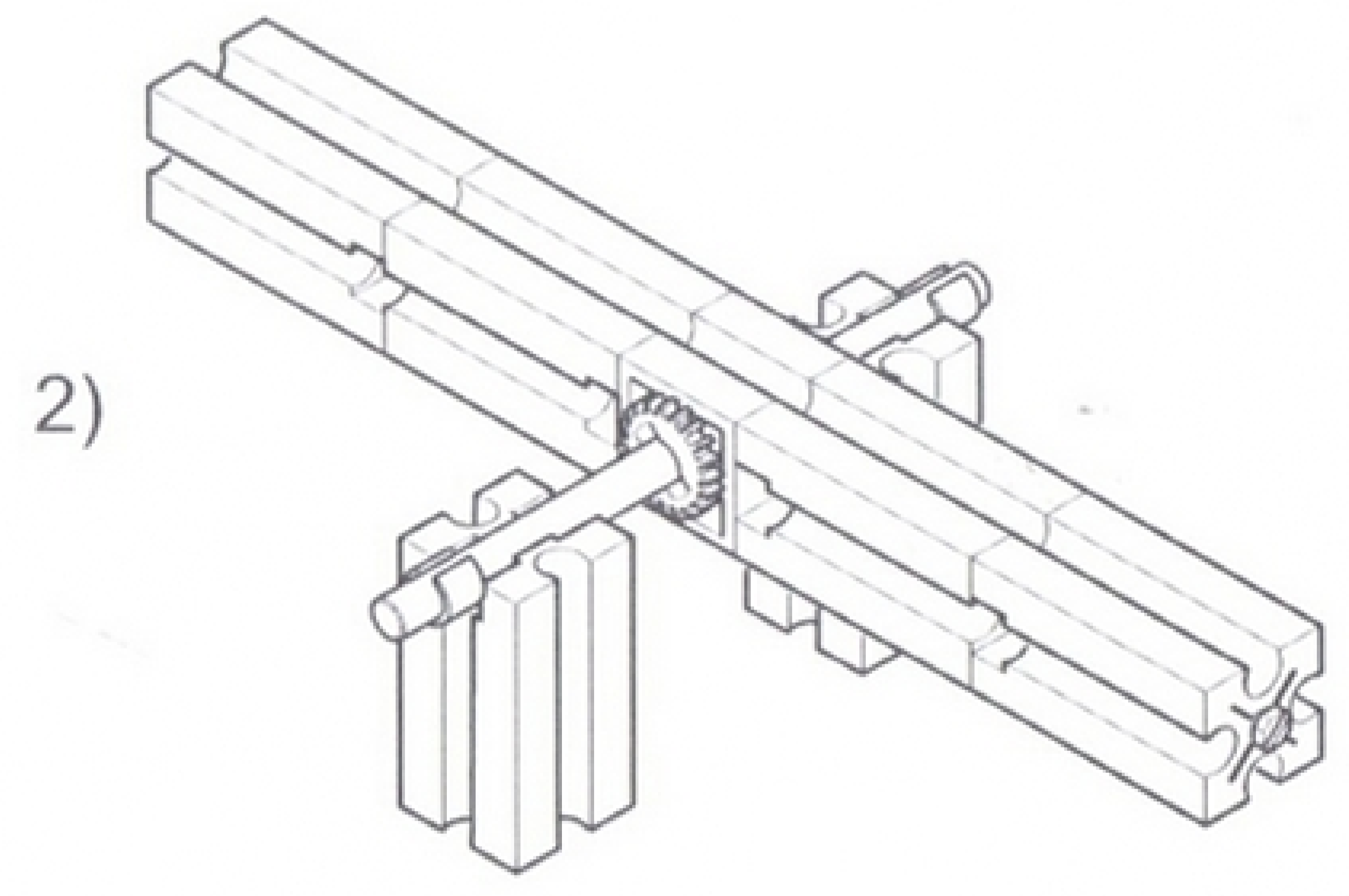
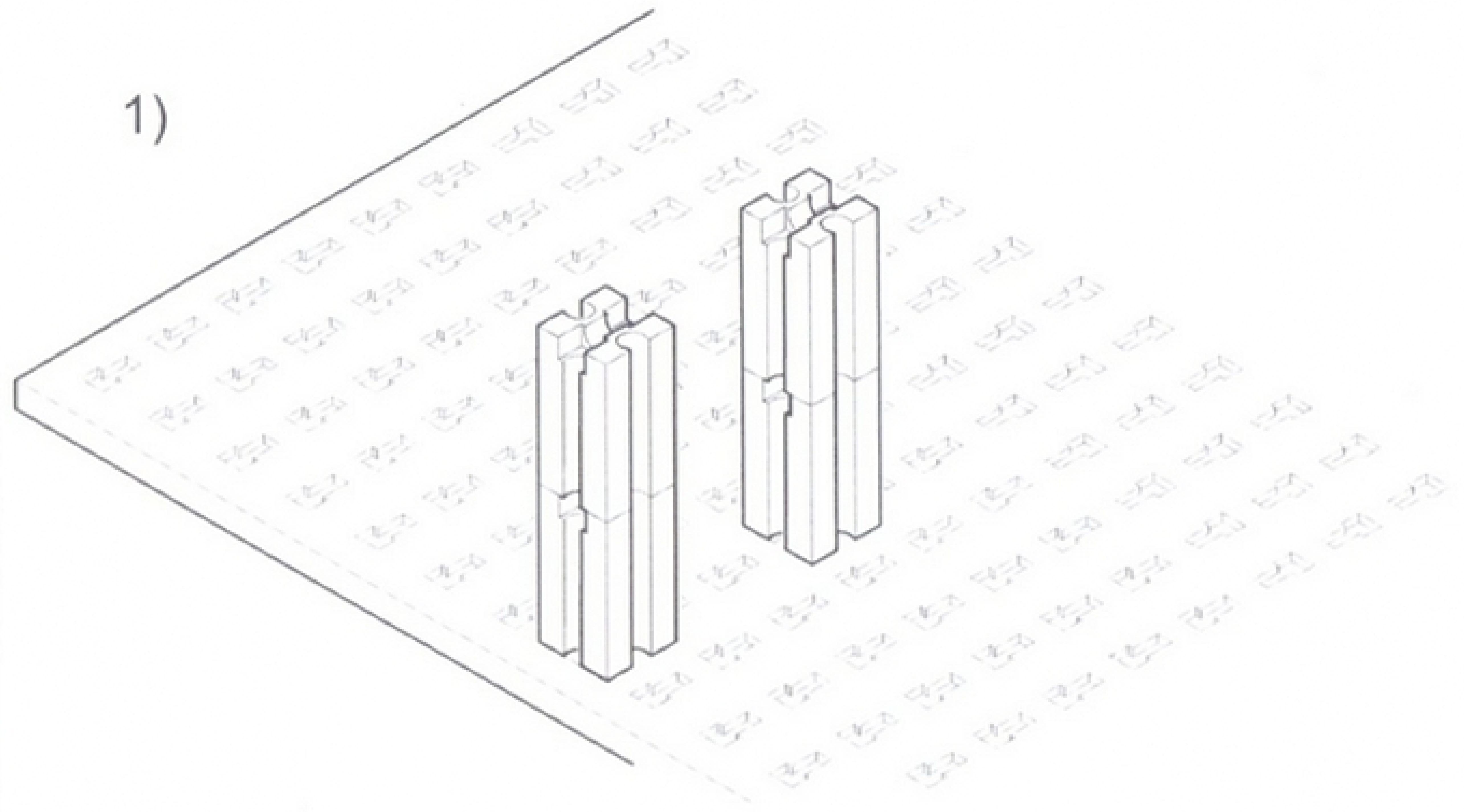
Abb. 3
Modell 2 des Hebels 1



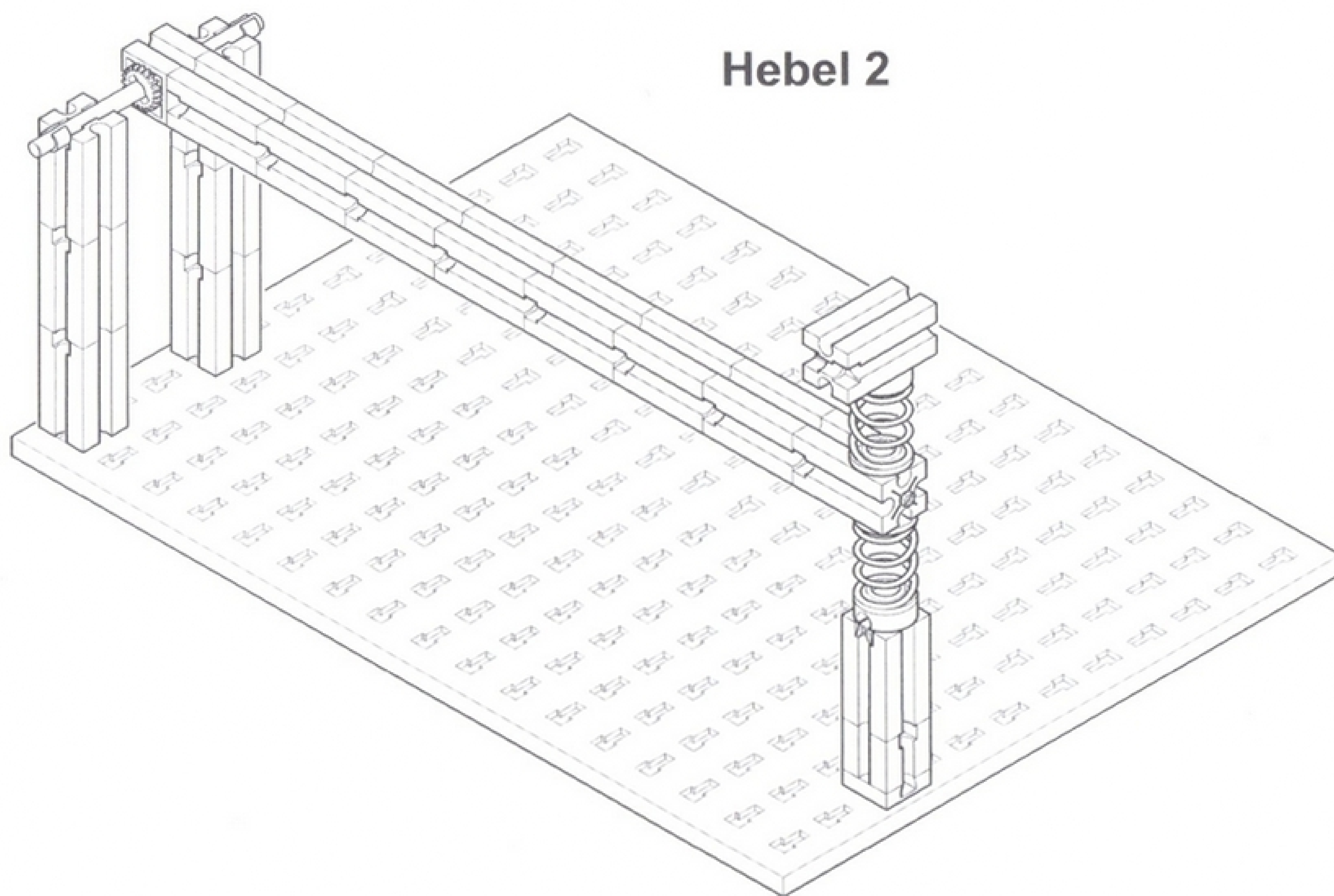
Hebel

Hebel 1

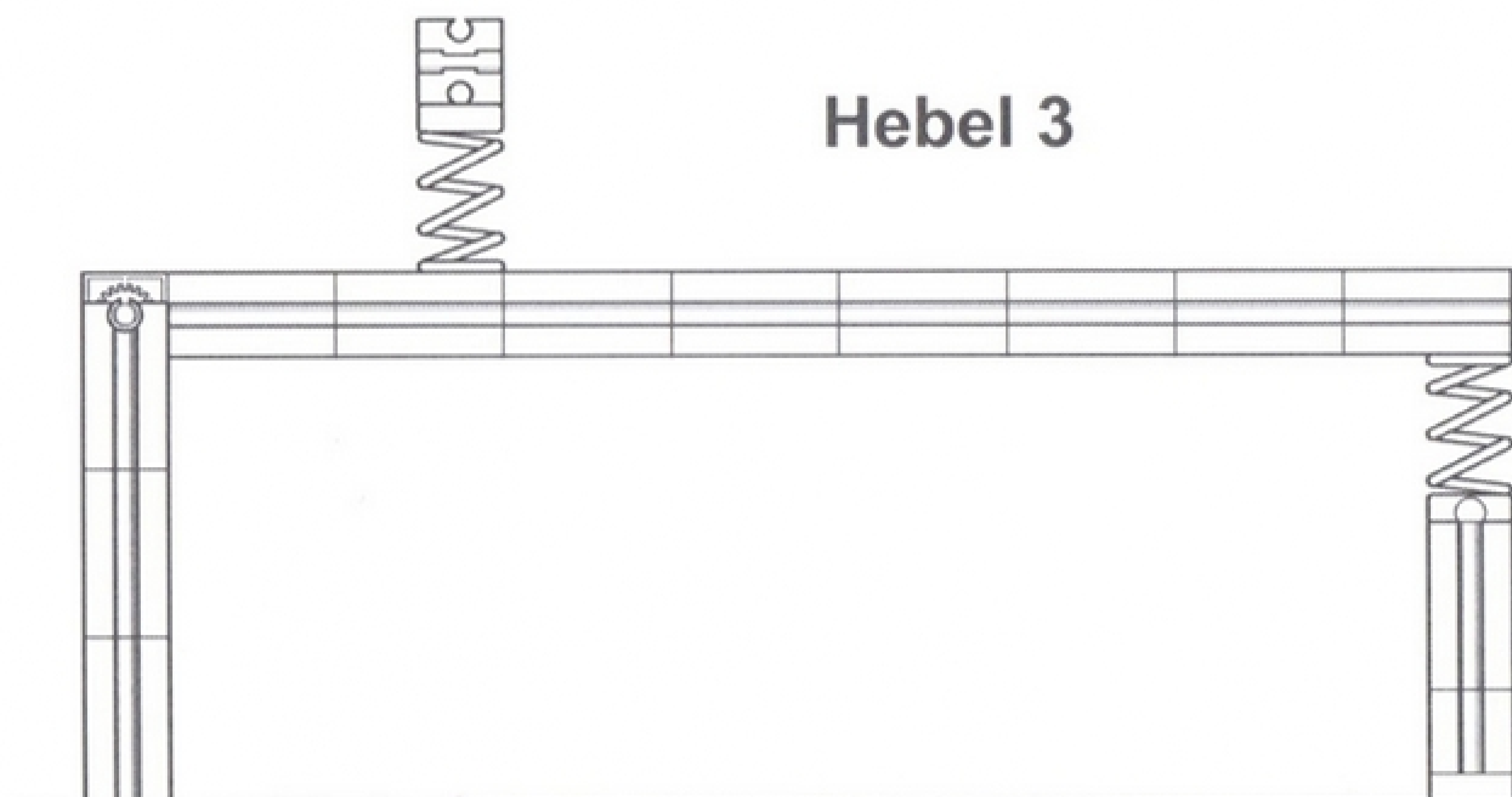
- 12 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 2 x 
- 2 x 
- 1 x  80 mm
- 2 x 
- 2 x 



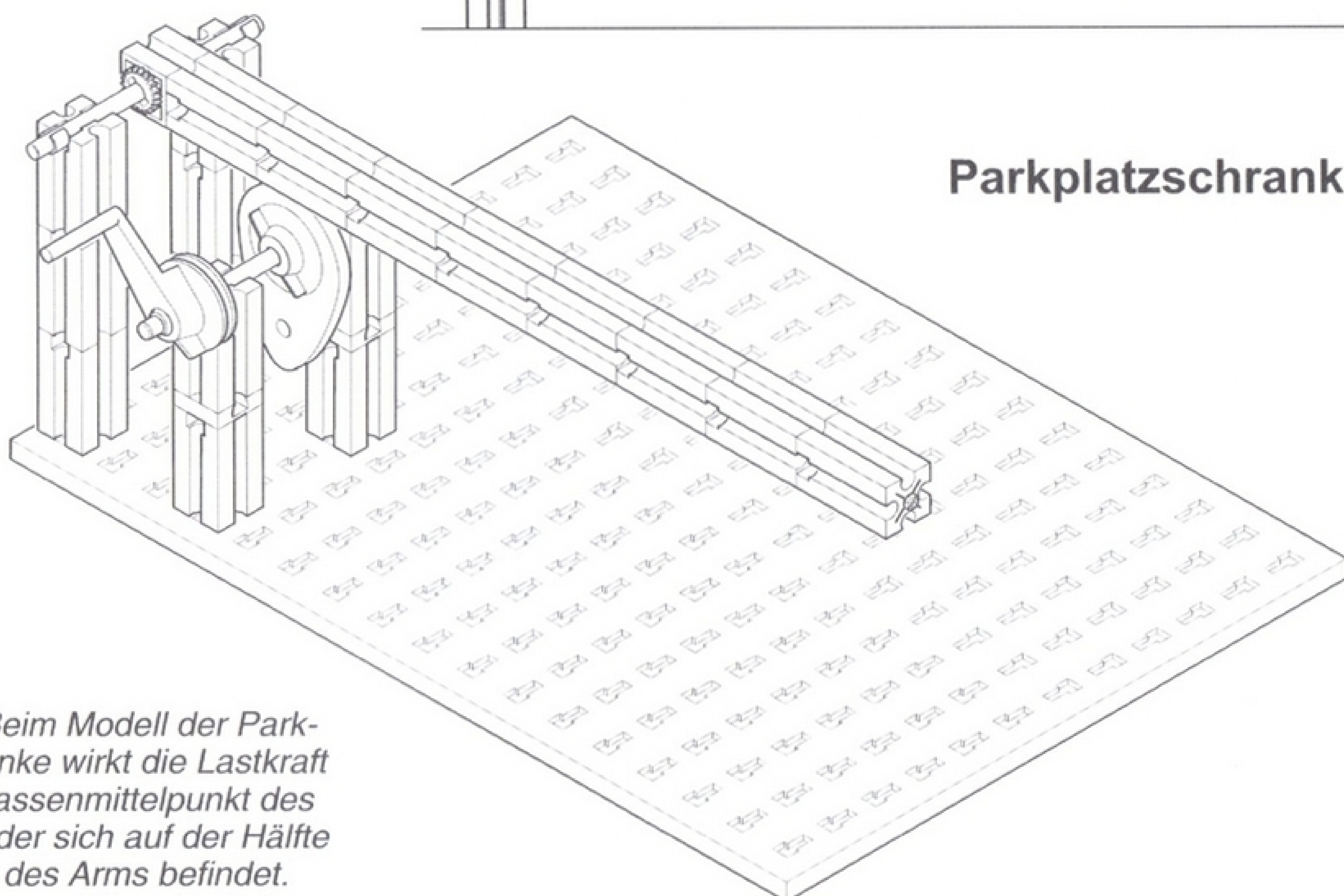
mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160



Hebel 2



Hebel 3



Parkplatzschranke

Hinweis: Beim Modell der Parkplatzschranke wirkt die Lastkraft auf den Massenmittelpunkt des Arms ein, der sich auf der Hälfte der Länge des Arms befindet.

Wie Hebel arbeiten

Die Untersuchung der Vorrichtung zum Zerdrücken von Dosen zeigt, wie ein Hebel als Möglichkeit zur Erhöhung der Kraft verwendet werden kann.

Eine kleine Eingangskraft (Kraft) erzeugt eine größere Ausgangskraft (Last). Dies geschieht jedoch nur, wenn der Kraftarm länger als der Lastarm ist.

Betätigt das Modell 2 der Vorrichtung zum Zerdrücken von Dosen erneut und merkt euch, wie weit sich das Kraftende des Hebels im Vergleich zum Lastende bewegt. Lest anschließend die folgende Erklärung.

1) Die Länge des Lastarms beträgt 60 mm (2 Bausteine). Die Länge des Kraftarms beträgt 180 mm (6 Bausteine).

Das Verhältnis lautet:

$$\frac{\text{Länge des Kraftarms}}{\text{Länge des Lastarms}} = \frac{180}{60} = \frac{3}{1}$$

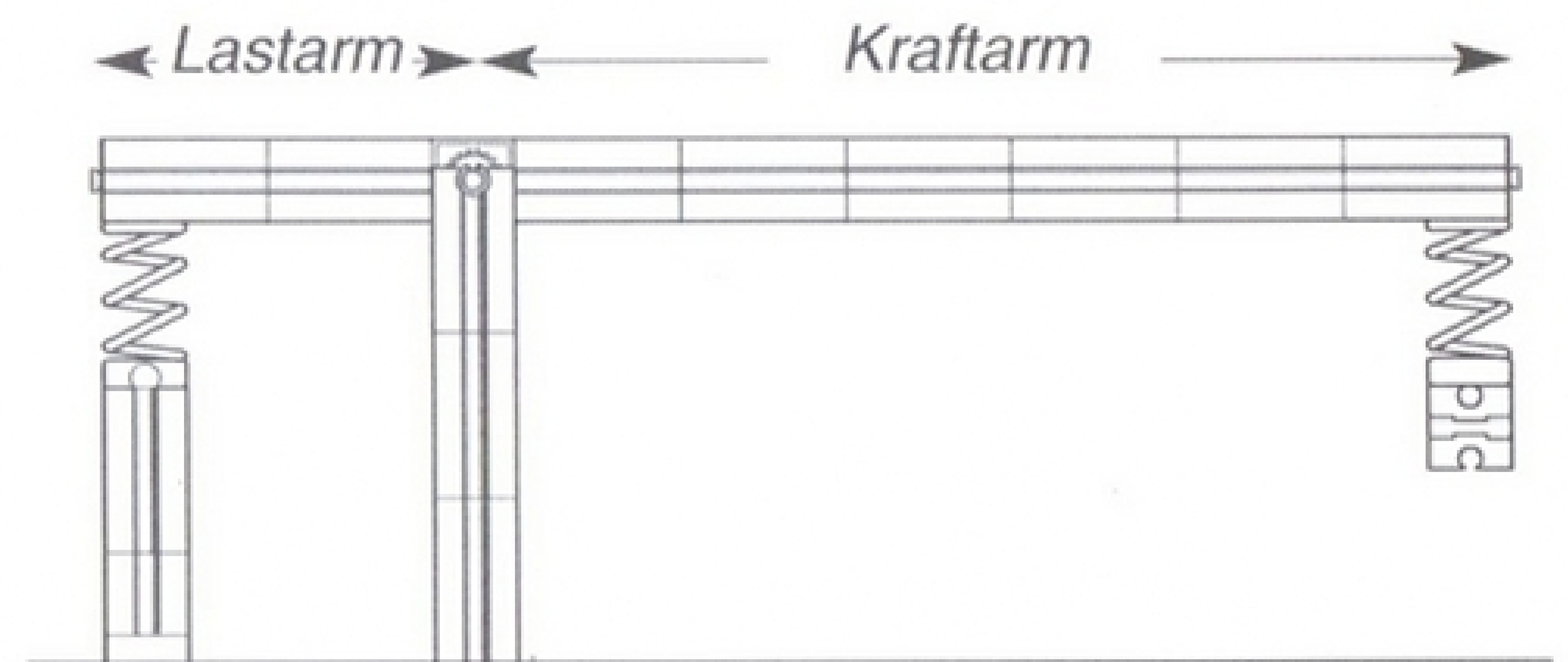
2) Beide Arme des Hebels bewegen sich durch denselben Winkel, aber die Kraft bewegt sich weiter, da sie sich am Ende eines längeren Arms befindet.

Die vertikale, von jedem Ende des Hebels zurückgelegte Entfernung ist proportional zur Länge seines Arms.

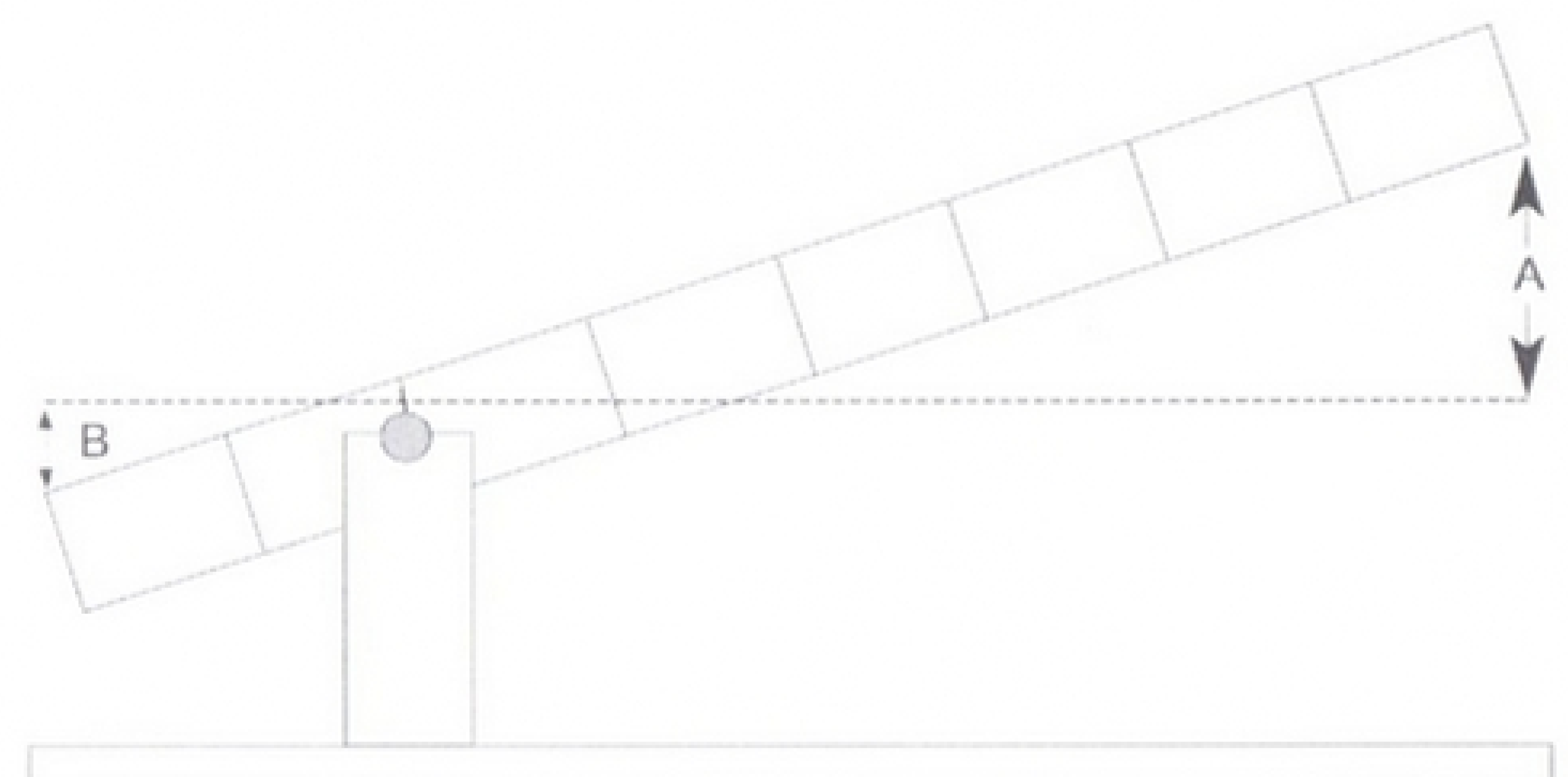
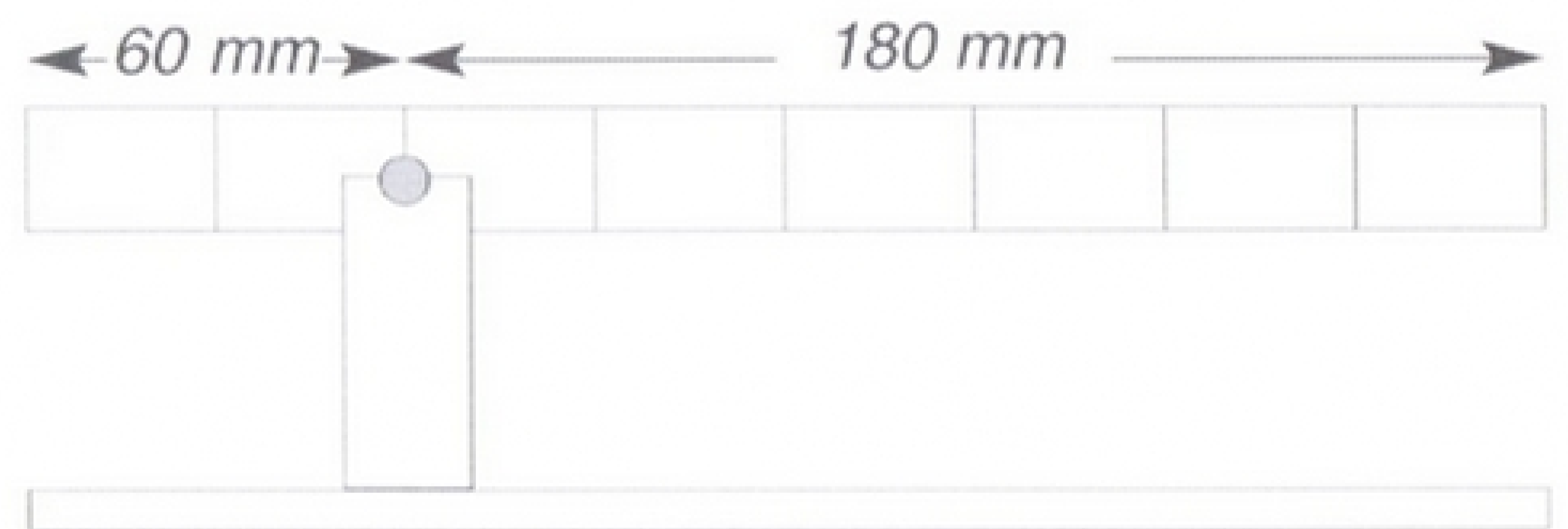
Das Verhältnis lautet:

$$\frac{\text{Von der Kraft zurückgel. Entf. (Entf. A)}}{\text{Von der Last zurückgel. Entf. (Entf. B)}} = \frac{3}{1}$$

Dies wird als das **Geschwindigkeitsverhältnis** des Hebels bezeichnet.



Bei Modell 2 der Vorrichtung zum Zerdrücken von Dosen wird die Kraft verstärkt, da der Kraftarm länger ist als der Lastarm.



3) Ein Hebel ist eine einfache **Maschine**. Ein theoretisches Maschinengesetz besagt, dass der Arbeitseinsatz der Arbeitsleistung entsprechen muss, daher gilt:

$$\text{Kraft} \times \text{von der Kraft zurückgel. Entf.} = \text{Last} \times \text{von der Last zurückgel. Entf.}$$

Dies kann auch folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$\frac{\text{von der Kraft zurückgelegte Entfernung}}{\text{von der Last zurückgelegte Entfernung}} = \frac{\text{Last}}{\text{Kraft}}$$

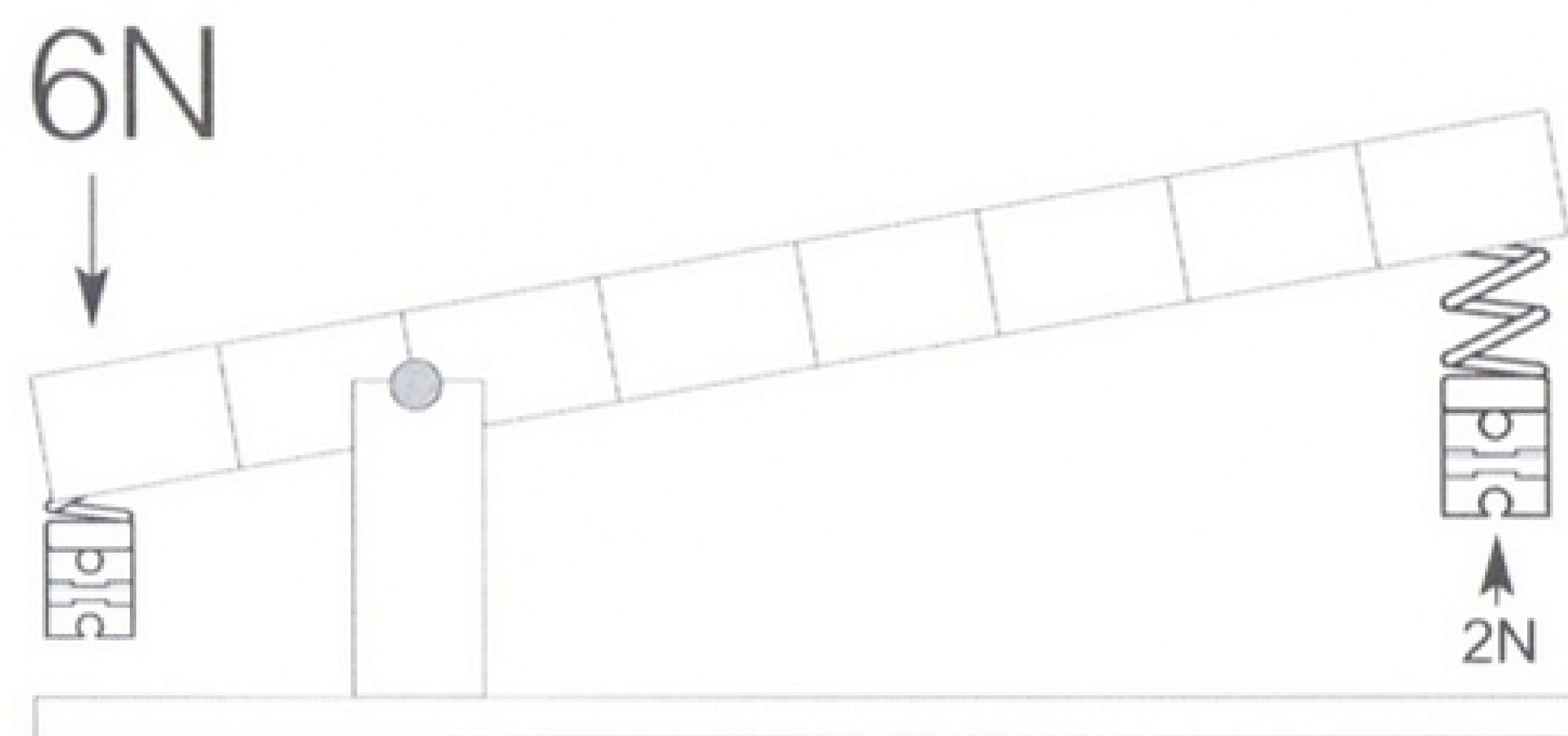
Ihr kennt das Verhältnis von

$$\frac{\text{Von der Kraft zurückgelegte Entf.}}{\text{Von der Last zurückgelegte Entf.}} = \frac{3}{1} \quad \text{Daher muss das Verhältnis von} \quad \frac{\text{Last}}{\text{Kraft}} = \frac{3}{1} \quad \text{sein}$$

Dies wird als **Last-Kraft-Verhältnis** des Hebels bezeichnet.

Dies bedeutet, dass das Modell 2 der Vorrichtung zum Zerdrücken von Dosen die Kraft um einen Faktor von 3 erhöht. Es werden 6 N benötigt, um die Lastfeder vollständig zusammenzudrücken, wobei die hierfür erforderliche Eingangskraft nur 2 N beträgt.

Die Kraft wird in **Newton** (N) gemessen. Die durch 1 kg bei normaler Schwerkraft (d.h. die Schwerkraft der Erde) angewendete Kraft beträgt ungefähr 10 N.



Zusammenfassung

Das Geschwindigkeitsverhältnis ist das Verhältnis von

$$\frac{\text{von der Kraft zurückgelegte Entfernung}}{\text{von der Last zurückgelegte Entfernung}}$$

Ist das Geschwindigkeitsverhältnis eines Hebels **größer als 1**, bedeutet dies, dass sich die Kraft weiter bewegt als die Last.

Im Vergleich zur Entfernung, die von der Eingabe zurückgelegt wurde, gibt es eine **Verringerung der Entfernung**, die von der Ausgabe **zurückgelegt** wurde.

Das Last-Kraft-Verhältnis ist das Verhältnis von

$$\frac{\text{Last}}{\text{Kraft}}$$

Ist das Last-Kraft-Verhältnis eines Hebels **größer als 1**, führt dies zu einer **Zunahme der Kraft**.

Das theoretische Maschinengesetz besagt folgendes: Last-Kraft-Verhältnis = Geschwindigkeitsverhältnis.

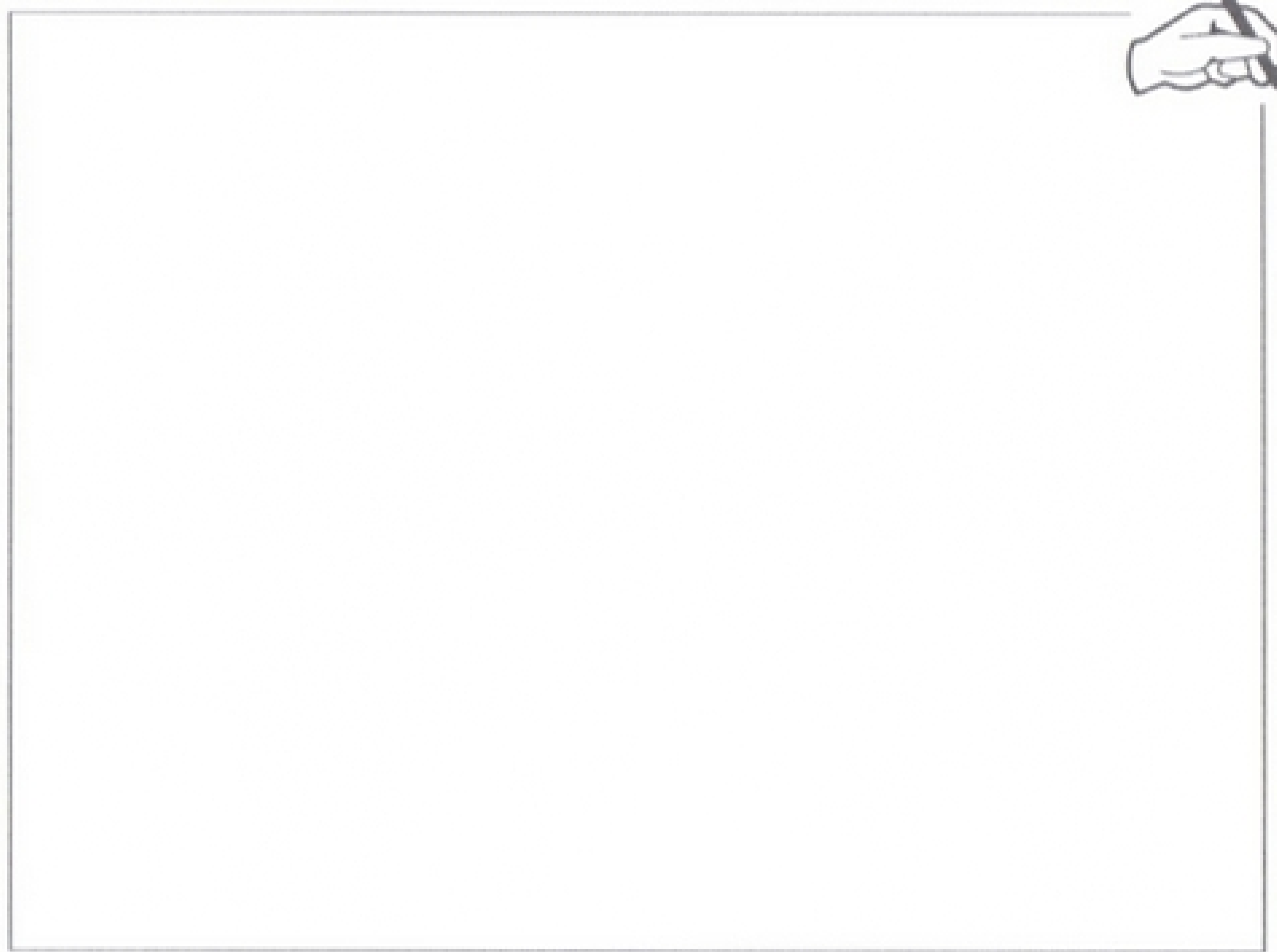
Hebel: 2

Baut das mit Hebel 2 bezeichnete Modell auf dem Konstruktionsblatt für Hebel. Schaut euch sorgfältig das in Abb. 1 gezeigte Diagramm des Systems an. Führt anschließend die Untersuchung 1 durch.

Untersuchung 1

I) Bringt die Kraft auf, die erforderlich ist, um die Lastfeder vollständig zusammenzudrücken. Beobachtet beide Federn, wenn ihr dies tut.

II) Die Federn zeigen, dass die Kraftkraft und die Lastkraft gleich sind. Erläutert, warum dies eurer Meinung nach so ist.



III) Ändert jetzt das Modell, wie in Abb. 2 gezeigt.

Abb. 2

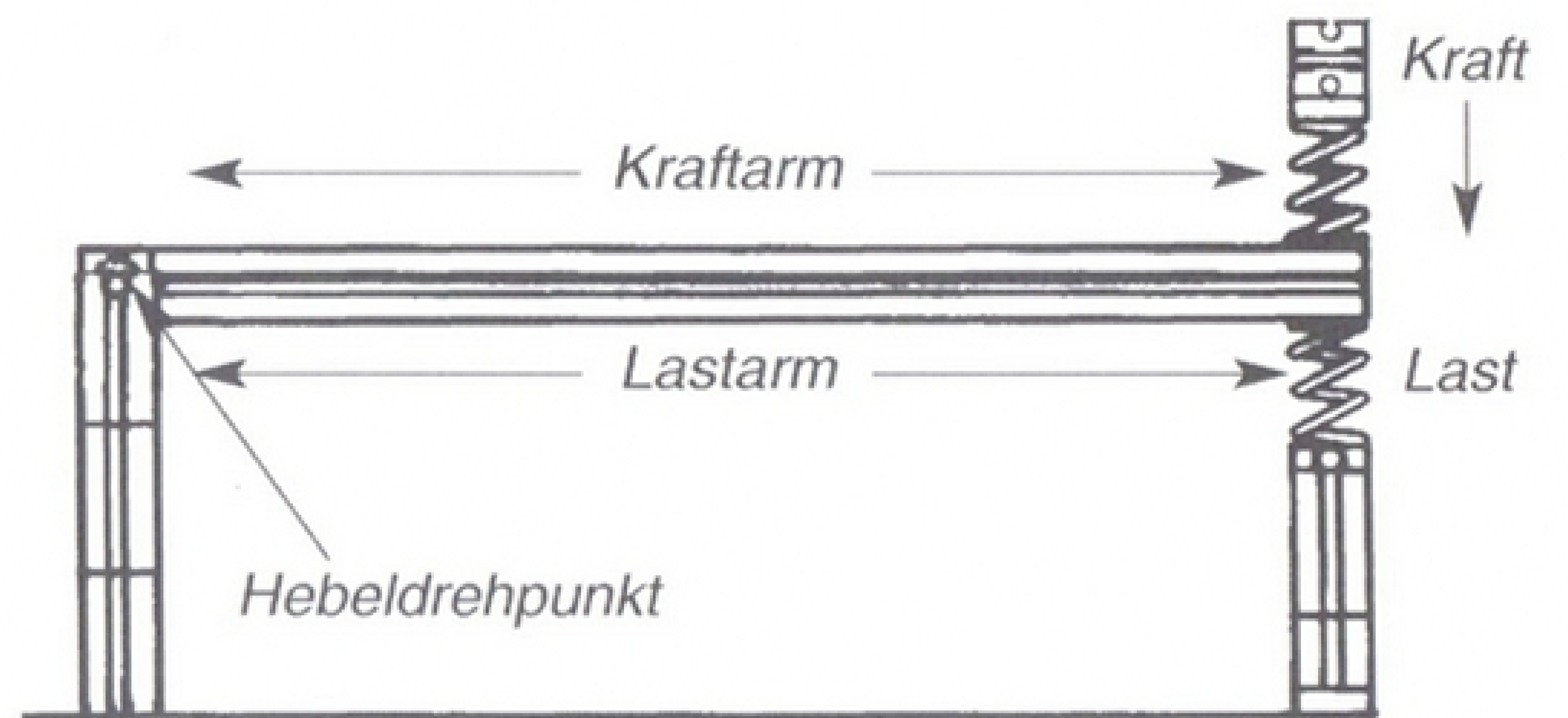
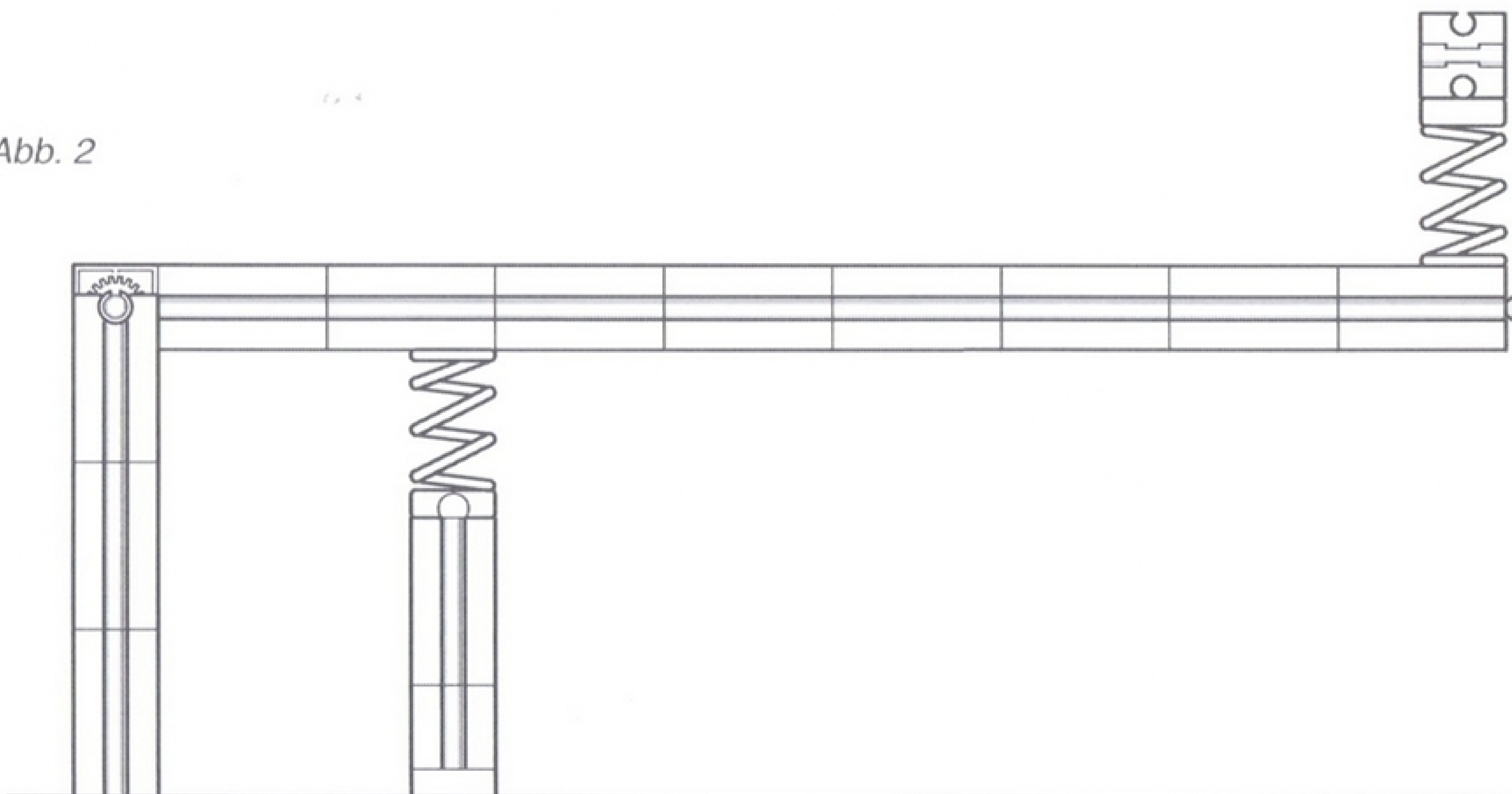


Abb. 1 Beachtet, dass bei dieser Hebelanordnung die Eingangs- und Ausgangskräfte beide in der gleichen Richtung aufgebracht werden. In der Anordnung Hebel 1 wurden sie in gegenüberliegenden Richtungen aufgebracht.

IV) Bringt die Kraft auf, die erforderlich ist, um die Lastfeder vollständig zusammenzudrücken. Beobachtet beide Federn, wenn ihr dies tut.

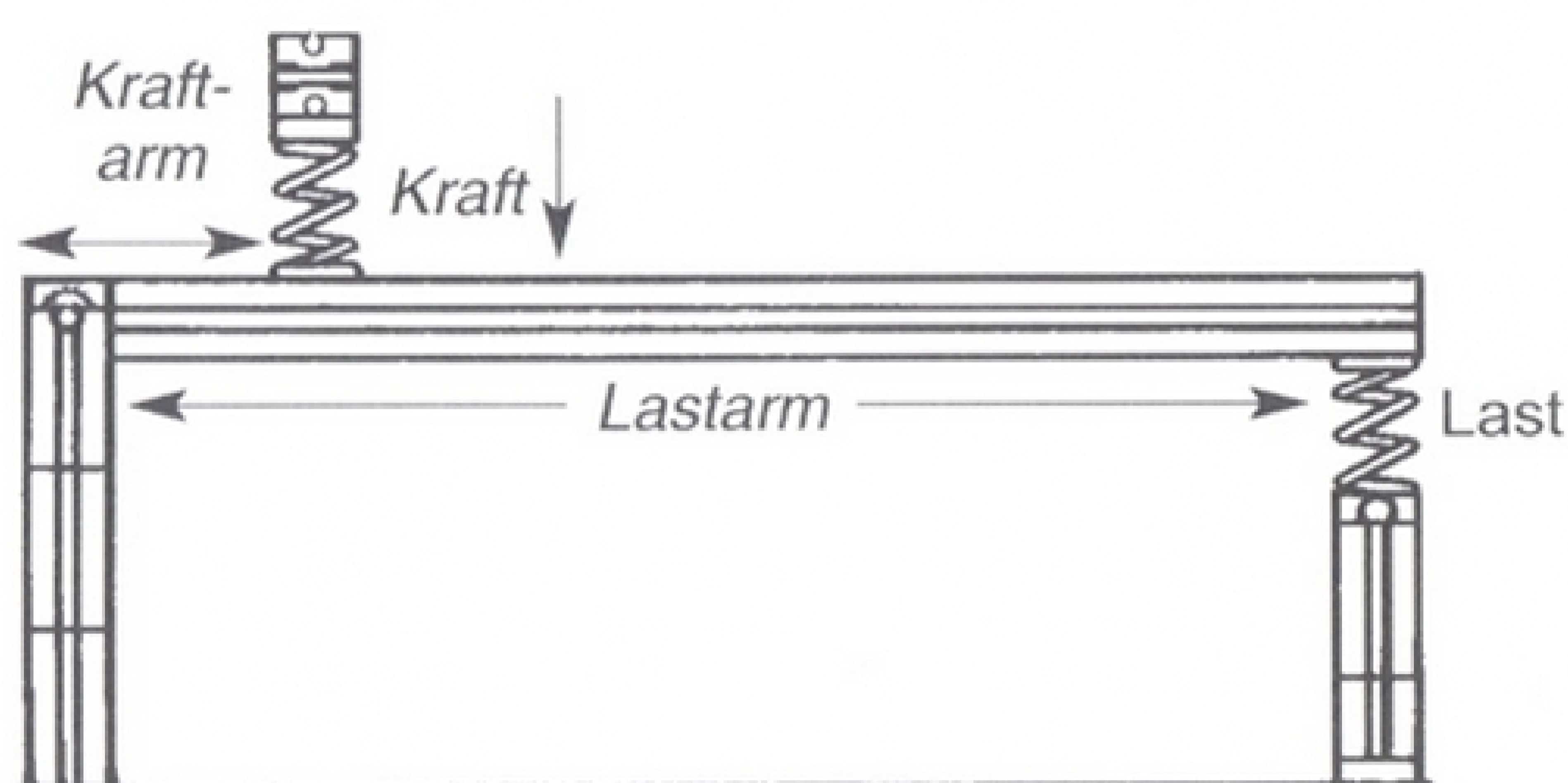
V) Wie lang ist der Kraftarm dieses Hebels?

Wie lang ist der Lastarm?

VI) Wie sieht das Last-Kraft-Verhältnis dieses Systems aus?

Ändert das Modell zu Hebel 3 wie auf dem Konstruktionsblatt für Hebel gezeigt. Schaut euch sorgfältig das in Abb. 3 gezeigte Diagramm des Systems an. Führt anschließend die Untersuchung 3 durch.

Abb. 3



Untersuchung 2

I) Wie lang ist der Kraftarm dieses Hebels?

Wie lang ist der Lastarm?

II) Wie sieht das Last-Kraft-Verhältnis dieses Systems aus?

III) Bringt die Kraftkraft auf und beobachtet beide Federn. Dieses Mal ist die Kraftkraft größer als die Lastkraft.

Bei dieser Hebelanordnung ist das Last-Kraft-Verhältnis geringer als 1 (es liegt bei $\frac{1}{4}$ oder 0,25). **Ist das Last-Kraft-Verhältnis eines Systems geringer als 1, führt dies zu einer Verringerung der Kraft.** Dies bedeutet, dass diese Hebelanordnung für die Vorrichtung zum Zerdrücken von Dosen nicht sinnvoll ist, aber in einer anderen Situation von Nutzen sein könnte, wie die nächste Untersuchung zeigt.

Untersuchung 3

Baut das auf dem Konstruktionsblatt für Hebel gezeigte Modell der Parkplatzschranke. Lest anschließend die folgende Erklärung.

Die Kraftkraft, die erforderlich ist, um die Schranke anzuheben, wird vom Nocken geliefert. Die Position des Nocken bedeutet ein Verhältnis von

$$\frac{\text{Länge des Kraftarms}}{\text{Länge des Lastarms}} = \frac{1}{2}$$

Somit beträgt das Geschwindigkeitsverhältnis des Systems $\frac{1}{2}$ oder 0,5. **Ist das Geschwindigkeitsverhältnis eines Systems geringer als 1, führt dies zu einer Zunahme der zurückgelegten Entfernung.** Somit hebt sich die Schranke ungefähr zwei Mal höher als die Kraft.

I) Was ist leichter, den Nocken im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn zu drehen?

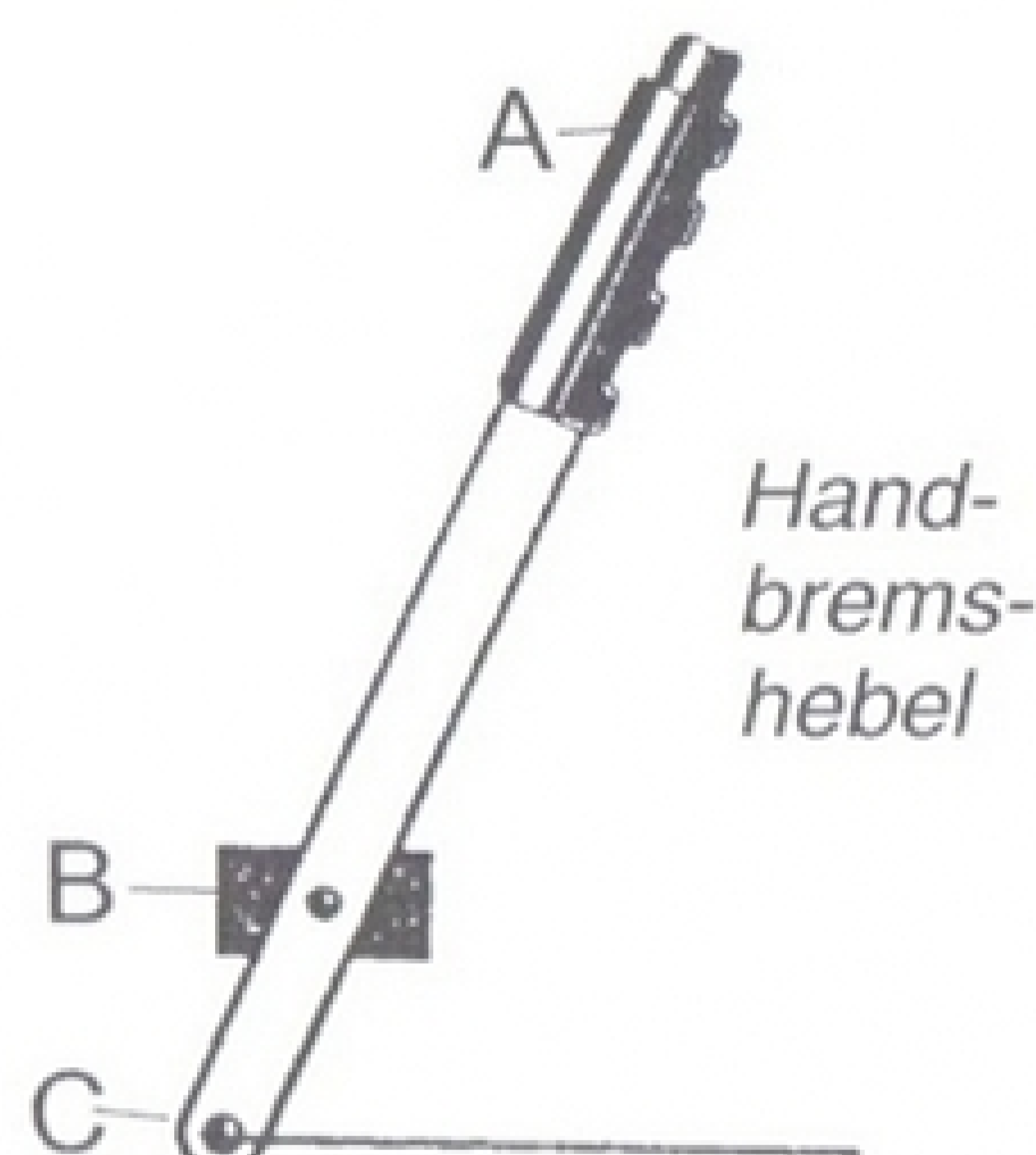
II) Erläutert, warum ihr der Meinung seid, dass dies so ist.

III) Systeme wie diese Schranke besitzen oft ein **Gegengewicht** um die Kraftkraft zu unterstützen. Verwendet die noch im Baukasten vorhandenen Bausteine 30 und Bausteine 15 sowie euer Wissen über Hebel, um das wirksamste Gegengewicht für dieses Modell zu konstruieren. Macht eine Zeichnung eurer fertiggestellten Konstruktion und fügt Erläuterungen hinzu.

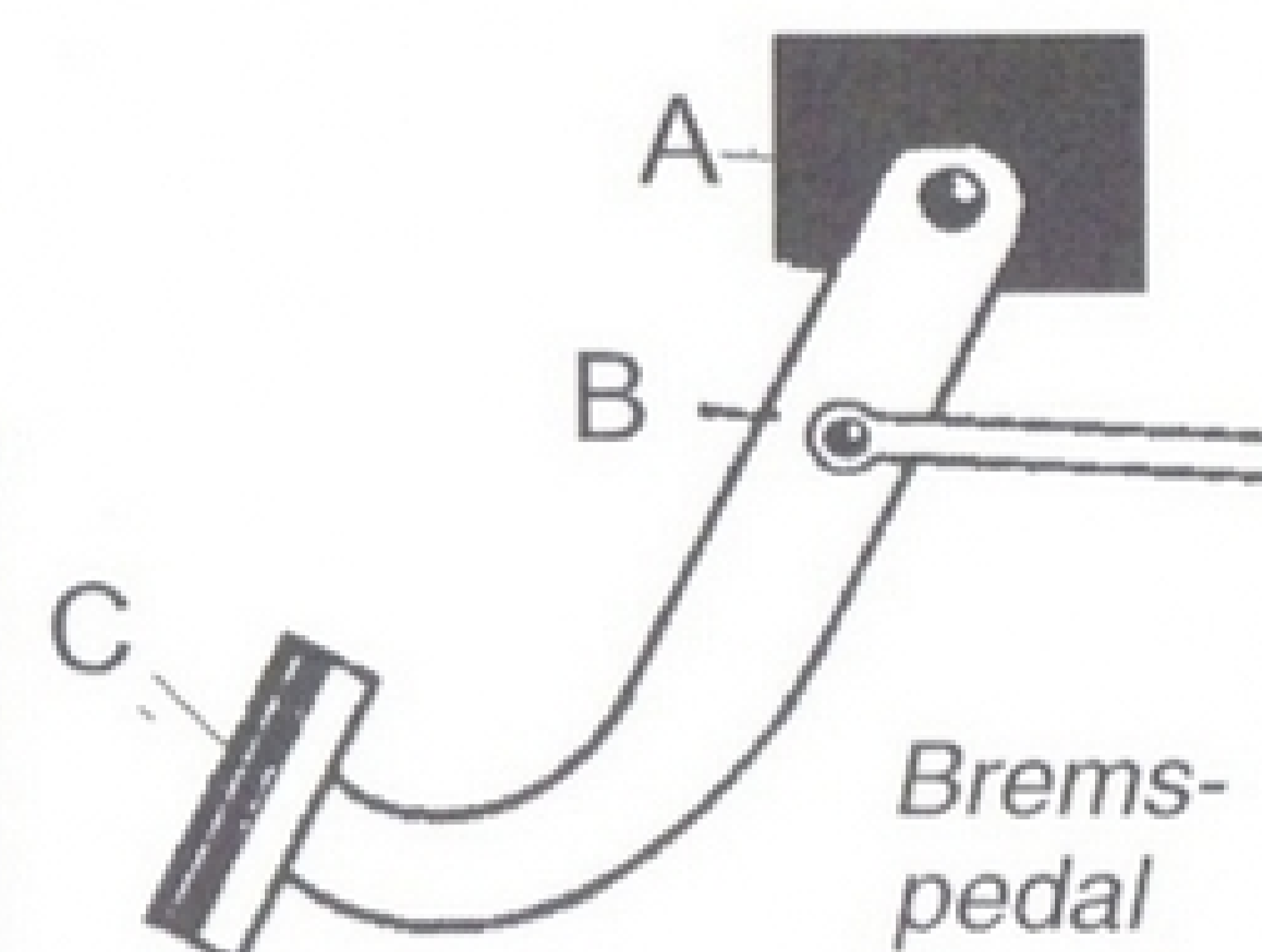
Hausaufgaben zum Thema „Hebel“

Schreibt das Geschwindigkeitsverhältnis und das Last-Kraft-Verhältnis für jedes der in den Diagrammen a–d aufgeführten Hebelsysteme auf.

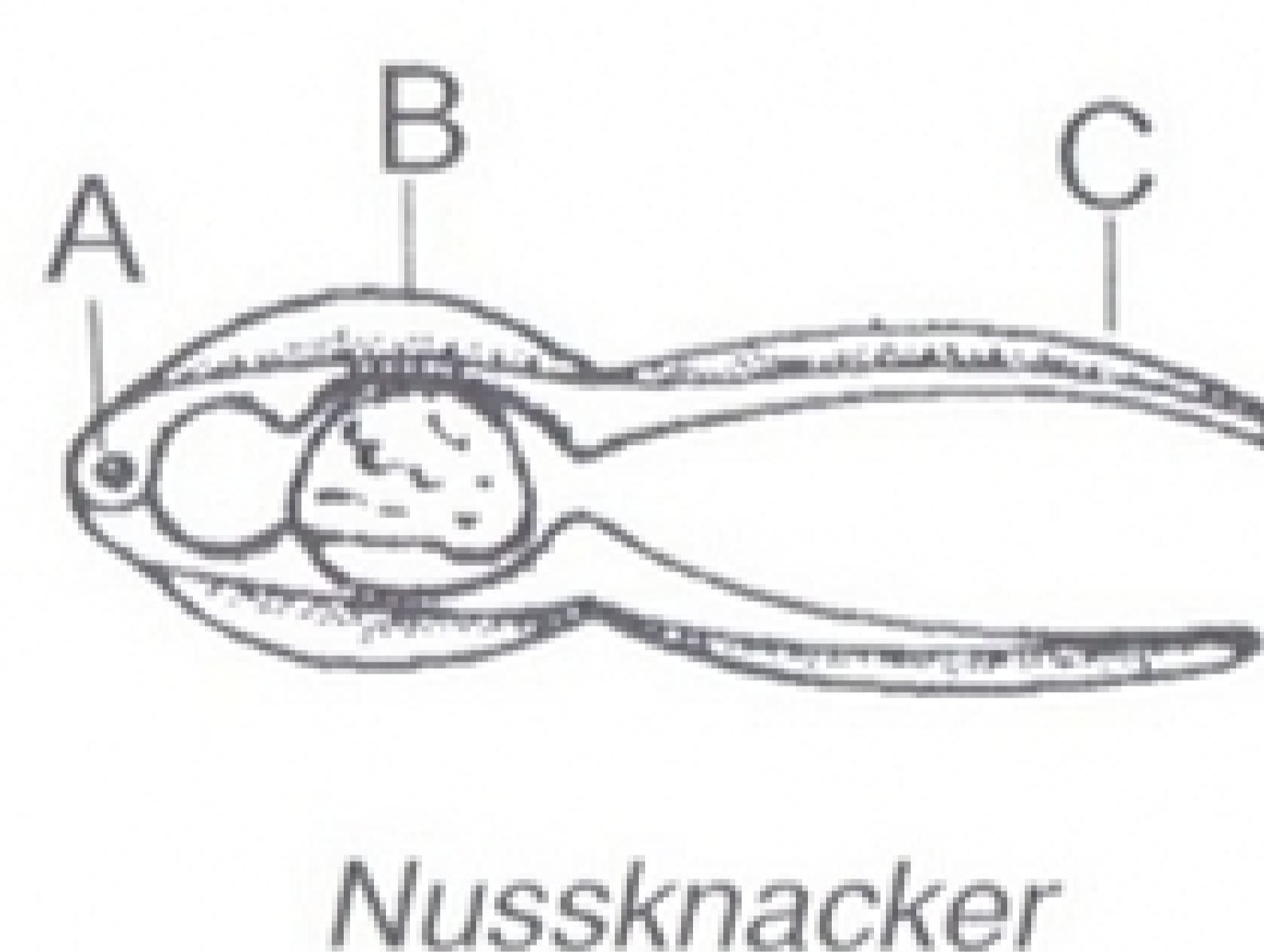
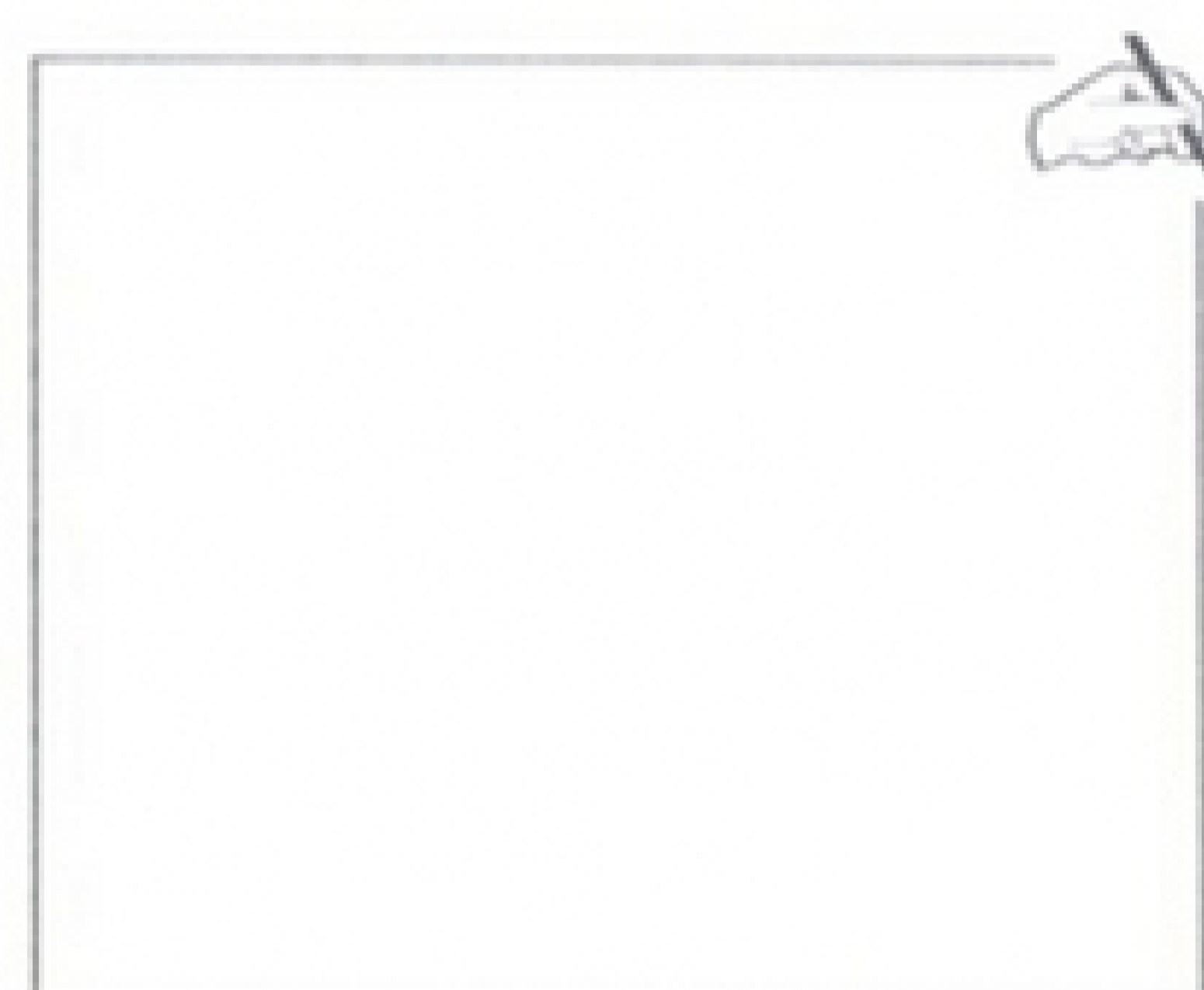
- a) $AB = 200 \text{ mm}$
 $BC = 50 \text{ mm}$



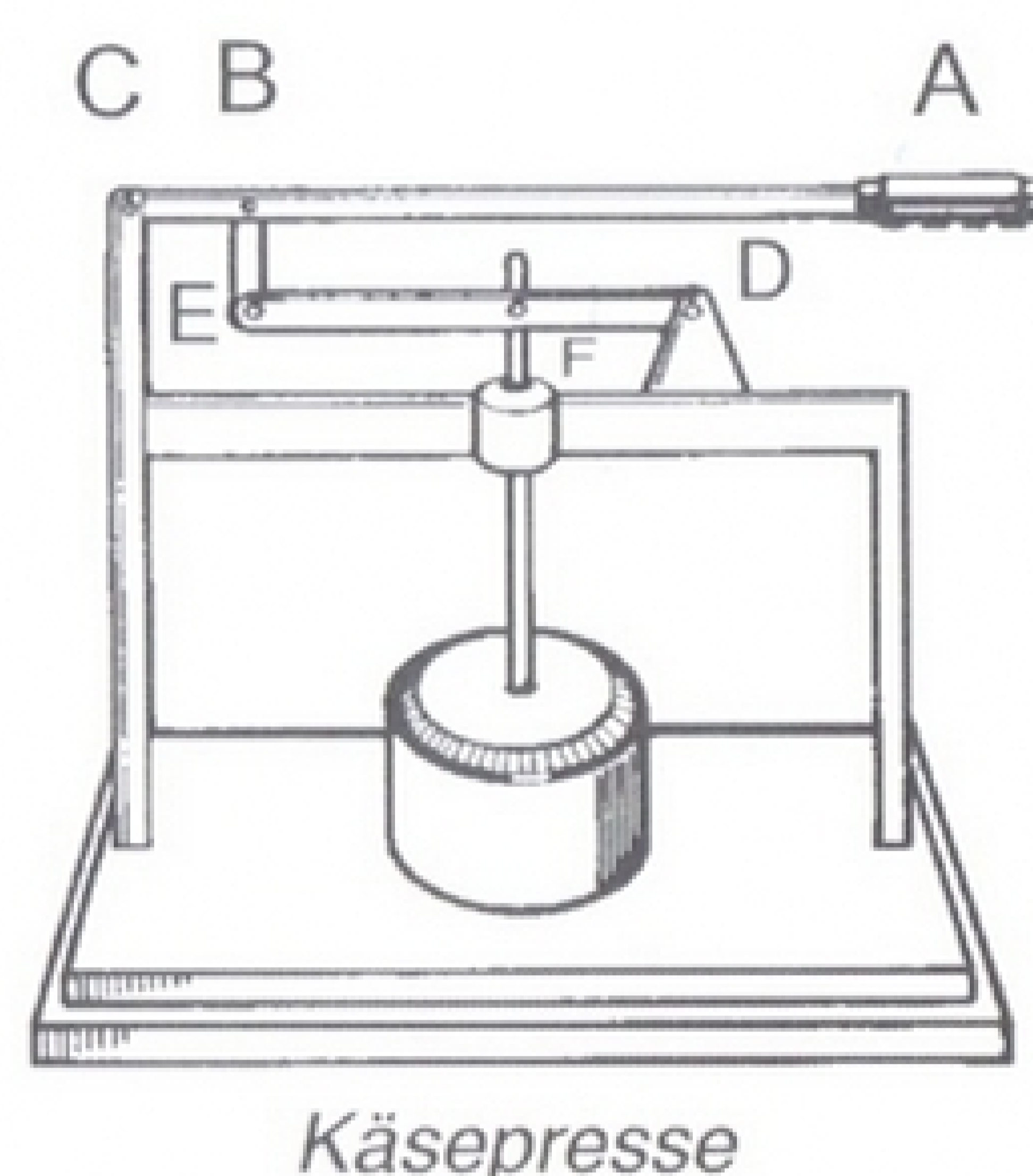
- b) $AB = 50 \text{ mm}$
 $AC = 150 \text{ mm}$



- c) $AB = 25 \text{ mm}$
 $BC = 125 \text{ mm}$



- d) $AC = 400 \text{ mm}$
 $BC = 80 \text{ mm}$
 $ED = 240 \text{ mm}$
 $FC = 80 \text{ mm}$

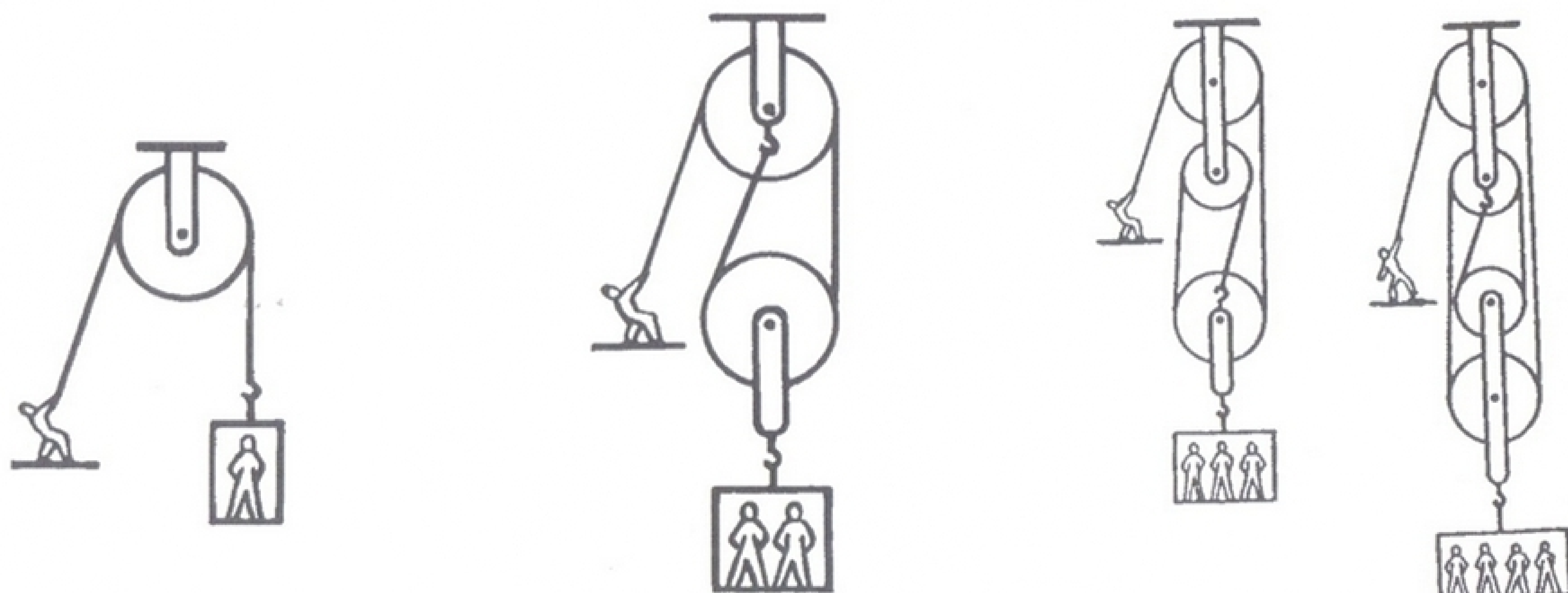


Riemenscheibensysteme

Riemenscheibensysteme gehorchen denselben theoretischen Maschinengesetzen wie Hebel, d.h. Last-Kraft-Verhältnis = Geschwindigkeitsverhältnis.

Lest die in Abb. 1 gezeigte Erläuterung.

Abb. 1



Eine einzelne Riemenscheibe.
Es gibt keine Veränderung in der Kraft oder der zurückgelegten Entfernung – nur eine Änderung in der Richtung.
Last-Kraft-Verhältnis = 1,
Geschwindigkeitsverhältnis = 1

In einem System mit zwei Riemenscheiben (einer festen, einer beweglichen) bewegt sich die Kraft zwei Mal so weit wie die Last, daher kommt es zu einer Zunahme der Kraft.
Last-Kraft-Verhältnis = 2,
Geschwindigkeitsverhältnis = 2

In einem System mit drei Riemenscheiben
Last-Kraft-Verhältnis = 3,
Geschwindigkeitsverhältnis = 3
In einem System mit vier Riemenscheiben
Last-Kraft-Verhältnis = 4,
Geschwindigkeitsverhältnis = 4

Wirkungsgrad

Bei der Theorie über Maschinen, die besagt, dass das Last-Kraft-Verhältnis = Geschwindigkeitsverhältnis ist, wird die Realität von Hebel- und Riemenscheibensystemen ignoriert. In einem echten System gibt es Reibung in den Riemenscheibenlagern und am Drehpunkt eines Hebels. Die Riemenscheiben und Flaschenzüge besitzen ein Eigengewicht, das zusätzlich zur Last bewegt werden muss. Daher ist zusätzliche Kraft erforderlich um die Reibung zu überwinden und den Mechanismus selbst zu bewegen. Je mehr zusätzliche Kraft dieser Art erforderlich ist, desto geringer ist der Wirkungsgrad des Systems.

Der Wirkungsgrad wird als Prozentsatz ausgedrückt und mit der folgenden Formel berechnet:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Last-Kraft-Verhältnis}}{\text{Geschwindigkeitsverhältnis}} \times \frac{100}{1}$$

Das folgende Beispiel zeigt, wie dies funktioniert. Das Geschwindigkeitsverhältnis des in Abb. 2 gezeigten Hebelsystems einer Handbremse liegt bei 6. Wäre das Last-Kraft-Verhältnis ebenfalls gleich 6, hätte das System einen Wirkungsgrad von 100 %. Werden jedoch die Kräfte gemessen, zeigt sich, dass in Wirklichkeit eine Kraft von 2,5 N erforderlich ist um eine Last von 12 N zu bewegen.

Daher gilt: Last-Kraft-Verhältnis = $\frac{12}{2,5} = 4,8$

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{4,8}{6} \times \frac{100}{1} = 80 \%$$

Findet den Wirkungsgrad der folgenden beiden Systeme heraus.

a) In diesem System gibt es 4 Riemenscheiben, daher ist das Geschwindigkeitsverhältnis = 4. Werden die Kräfte gemessen, zeigt sich, dass eine Kraft von 16 N erforderlich ist um eine Last von 60 N zu heben. Wie sieht der Wirkungsgrad des Systems aus?

Last-Kraft-Verhältnis =

Wirkungsgrad =

b) Das Geschwindigkeitsverhältnis dieser Presse beträgt 18. Werden die Kräfte gemessen, zeigt sich, dass eine Kraft von 4 N erforderlich ist um eine Kraft von 56 N auf den Käse aufzubringen. Wie sieht der Wirkungsgrad des Systems aus?

Last-Kraft-Verhältnis =

Wirkungsgrad =

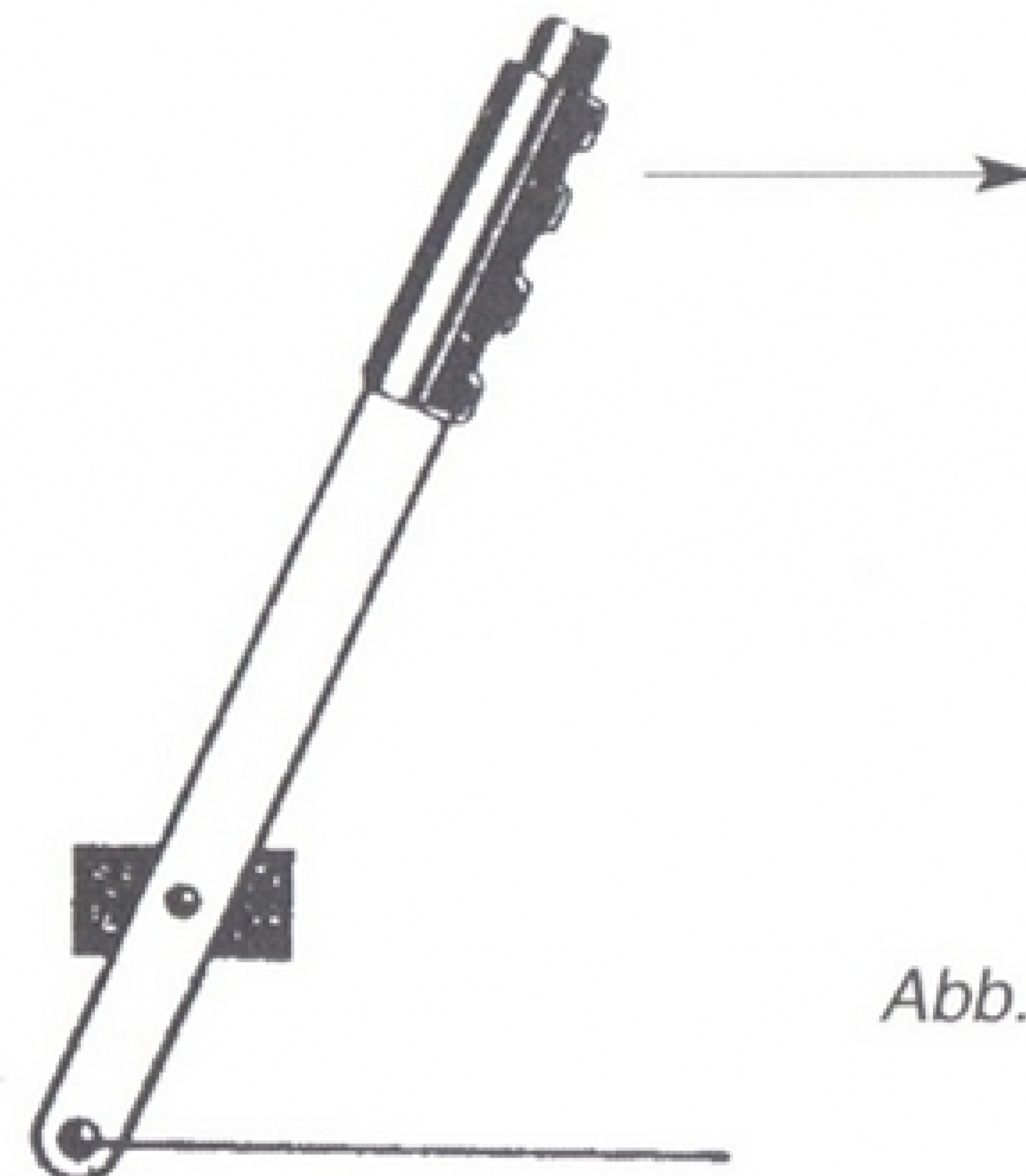
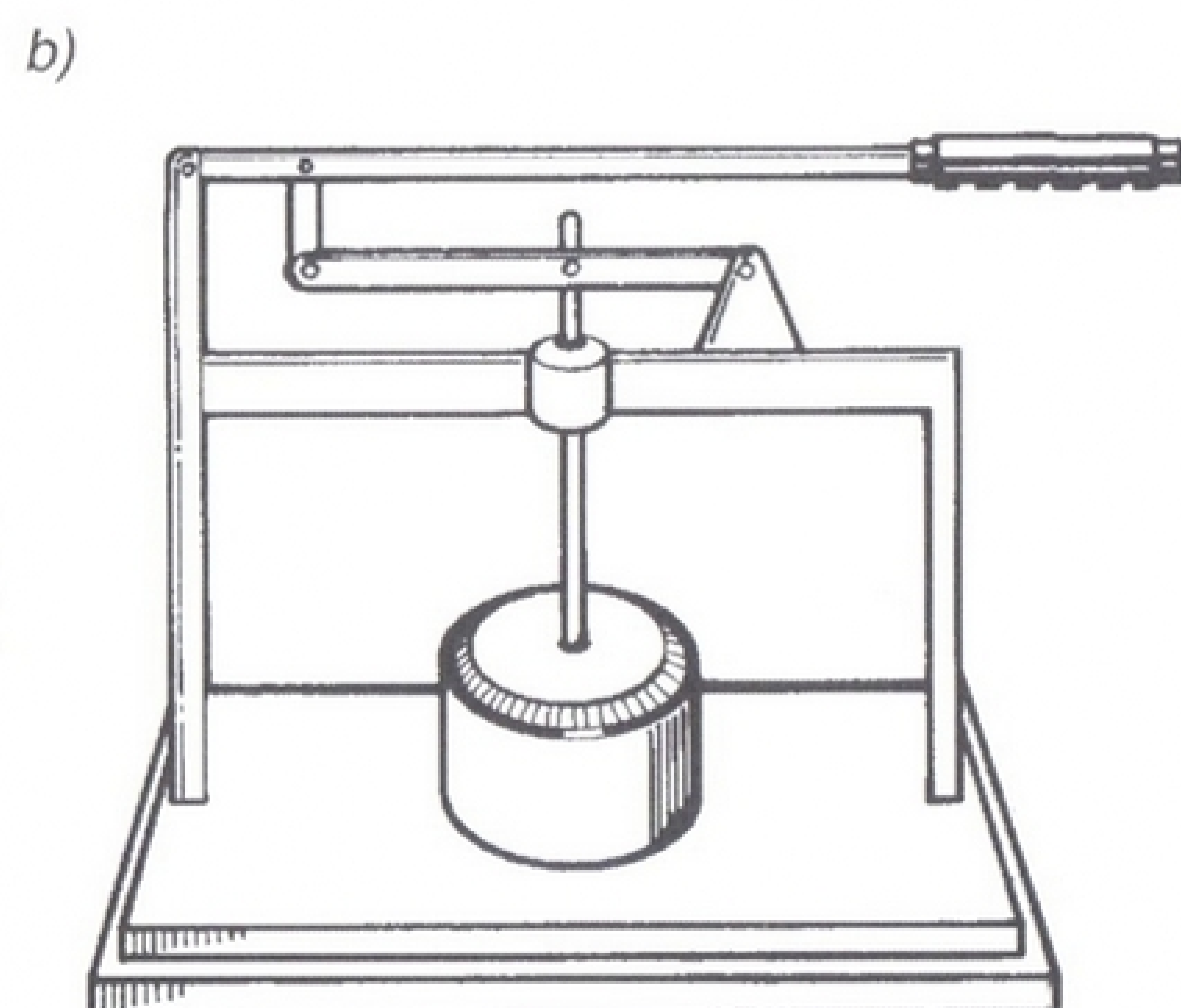
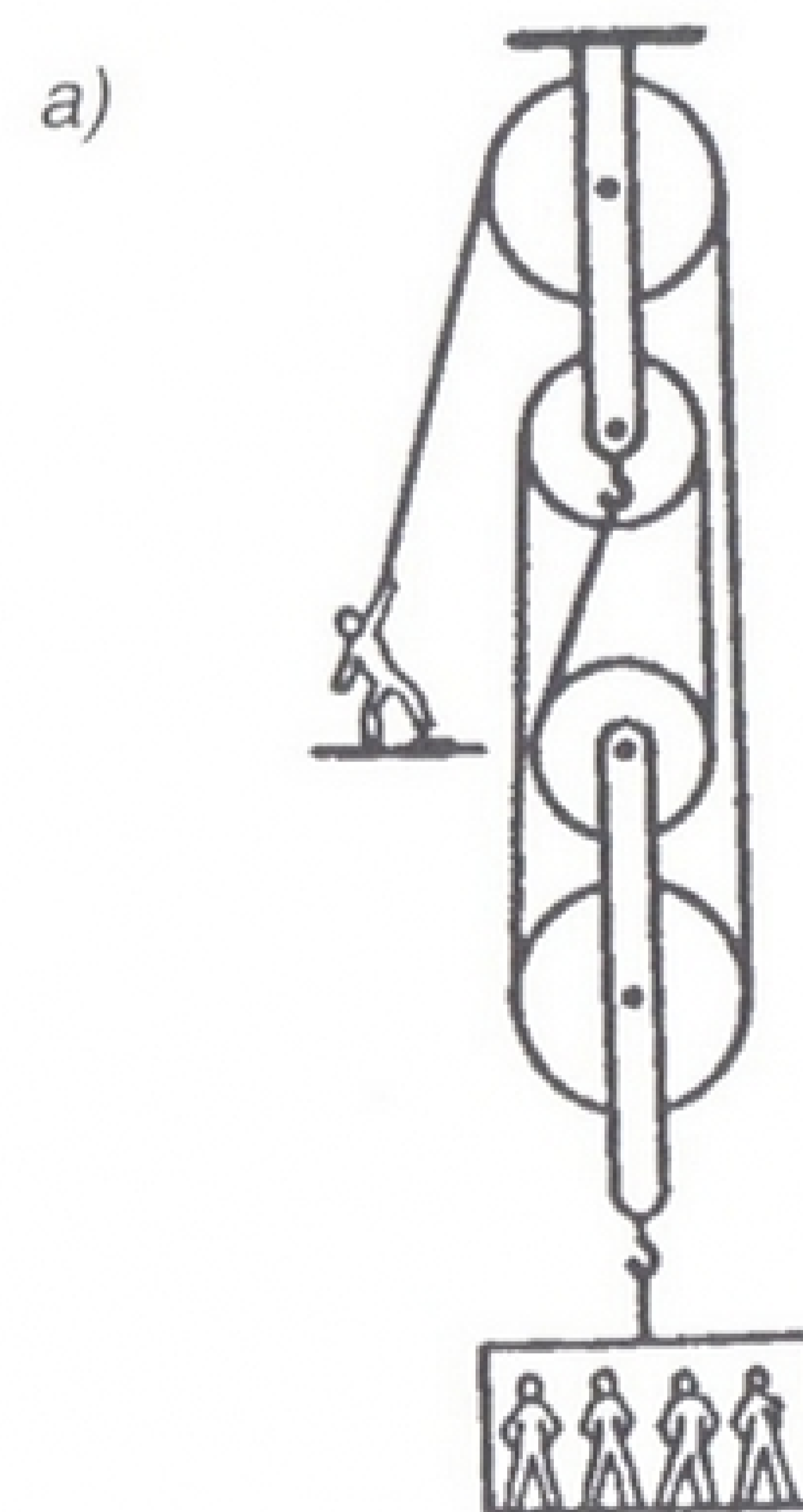


Abb. 2



Zahnräder: 1

Das in Abb. 1 gezeigte Modell wird von einem kleinen Elektromotor angetrieben. Diese Art von Motor erzeugt eine hohe Geschwindigkeit und ein niedriges Drehmoment, daher wird er mit einem **Getriebe** eingesetzt, das die Geschwindigkeit verringert und das Drehmoment erhöht, um den Anforderungen der Winde zu entsprechen.

Wenn ihr ein bestimmtes Getriebe auswählt oder zusammenbaut, das in einem Projekt verwendet werden soll, müsst ihr möglicherweise folgendes wissen:

- a) Für welche Änderung in der Geschwindigkeit soll es sorgen. Dies ist das Geschwindigkeitsverhältnis des Getriebes.
- b) Für welche Änderung im Drehmoment soll es sorgen. Dies ist das Last-Kraft-Verhältnis des Getriebes. Siehe Abb. 2.

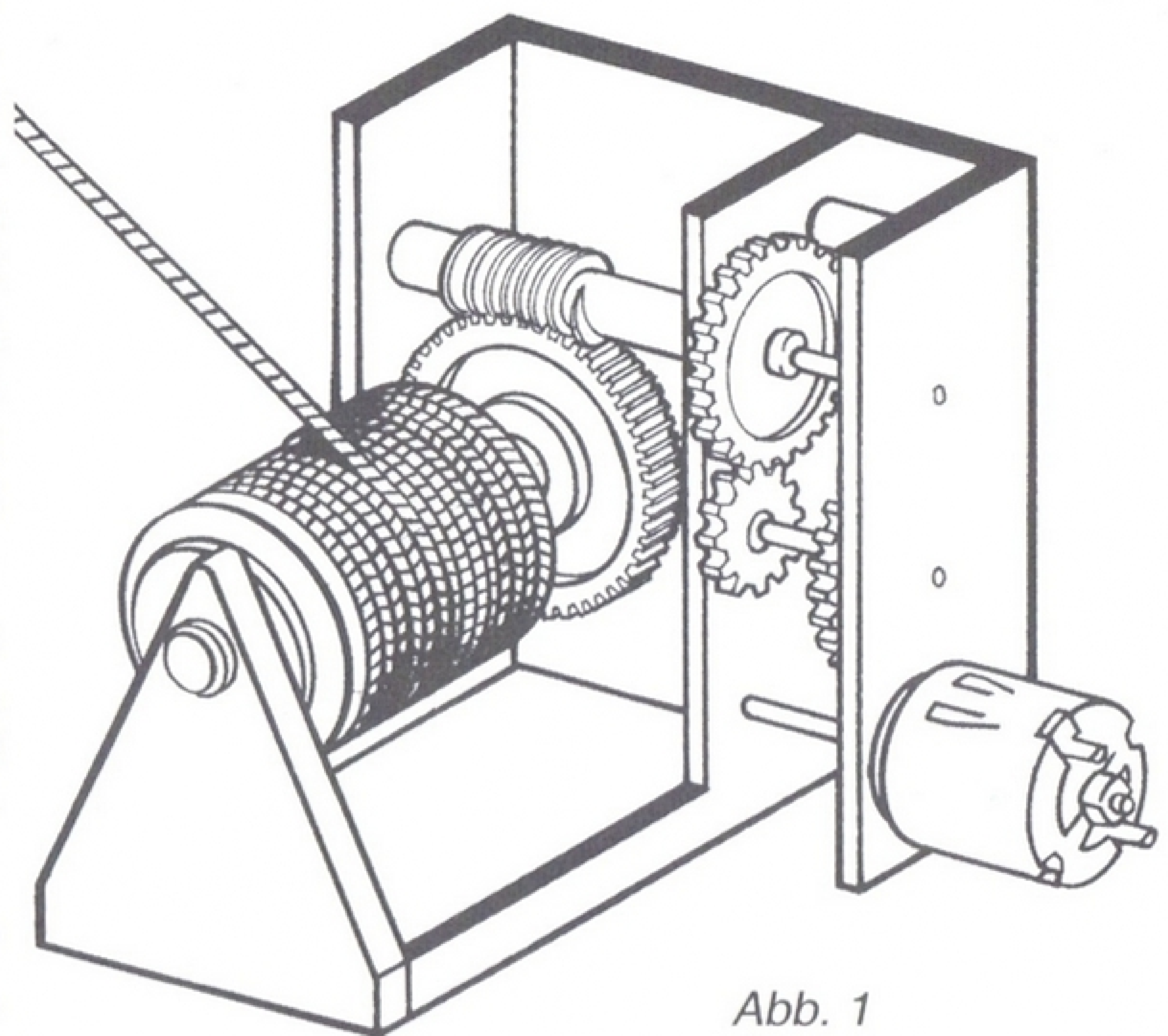


Abb. 1

Abb. 2

Denkt an die Maschinentheorie, die ihr bei der Untersuchung der Hebel angewendet habt.

$$\text{Geschwindigkeitsverhältnis} = \frac{\text{von der Kraft zurückgelegte Entfernung}}{\text{von der Last zurückgelegte Entfernung}} = \text{Last-Kraft-Verhältnis} = \frac{\text{Last}}{\text{Kraft}}$$

Dieselbe Theorie gilt für Getriebe, jedoch mit etwas anderen Worten.

$$\text{Geschwindigkeitsverhältnis} = \frac{\text{Anz. d. Eingangsumdrehungen}^*}{\text{Anz. d. Ausgangsumdrehungen}} = \text{Last-Kraft-Verhältnis} = \frac{\text{Ausgangsdrehmoment}}{\text{Eingangsdrehmoment}}$$

* „Umdrehung“ bedeutet eine volle Drehung des Zahnrades.

Sowohl das Geschwindigkeitsverhältnis als auch das Last-Kraft-Verhältnis eines Getriebes hängen von seinem **Übersetzungsverhältnis** ab.

Das Übersetzungsverhältnis ist das Verhältnis von

$$\frac{\text{Anzahl der Zähne des Ausgangszahnrades}}{\text{Anzahl der Zähne des Eingangszahnrades}}$$

Die Untersuchungen auf der Rückseite dieses Blattes zeigen, wie dies funktioniert.

Untersuchung 1

Baut das auf dem Konstruktionsblatt für ein einfaches Getriebe gezeigte Modell. Dies wird als ein **einfaches Getriebe** bezeichnet, da es nur aus einem Paar Zahnräder besteht. Fügt, wie in Abb. 3 gezeigt, einen zweiten Griff zum Modell hinzu. Verwendet Griff A als Eingabe und Griff B als Ausgabe.

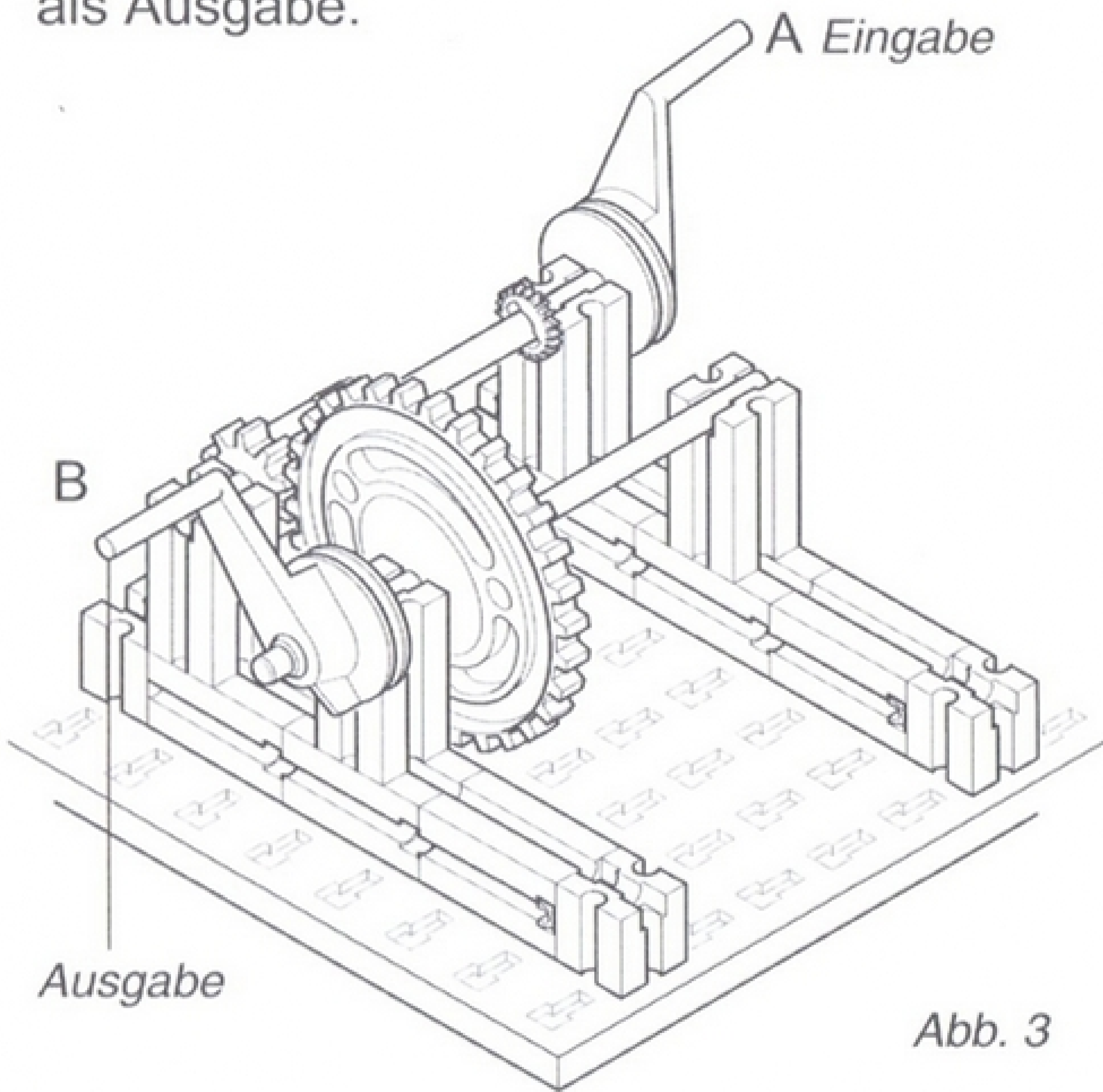


Abb. 3

Das Übersetzungsverhältnis lautet

$$\frac{\text{Anzahl Zähne Ausgangsrad}}{\text{Anzahl Zähne Eingangsrad}} = \frac{40}{10} = 4$$

Zählt, wie viele Eingangsumdrehungen (Drehungen des Griffs A) erforderlich sind, um die Ausgabe (Griff B) ein Mal zu drehen. Schreibt das Geschwindigkeitsverhältnis dieses Getriebes auf.

Schaut euch nochmals Abb. 2 an, falls dies erforderlich sein sollte. Kommt es zu einer Zunahme oder zu einer Verringerung der Geschwindigkeit?

Schreibt das Last-Kraft-Verhältnis für dieses Getriebe auf.

Haltet die Ausgangsachse fest und versucht sie anzuhalten, während ihr den Eingabegriff dreht. Kommt es zu einer Zunahme oder zu einer Verringerung des Drehmoments?

Tragt die fehlenden Worte in den folgenden Satz ein.

Ein Übersetzungsverhältnis von 4 bedeutet, dass sich die Ausgabe vier Mal
..... als die Eingabe bewegt. Das Drehmoment wird um den Faktor 4

Untersuchung 2

Verwendet Griff B als Eingabe und Griff A als Ausgabe.

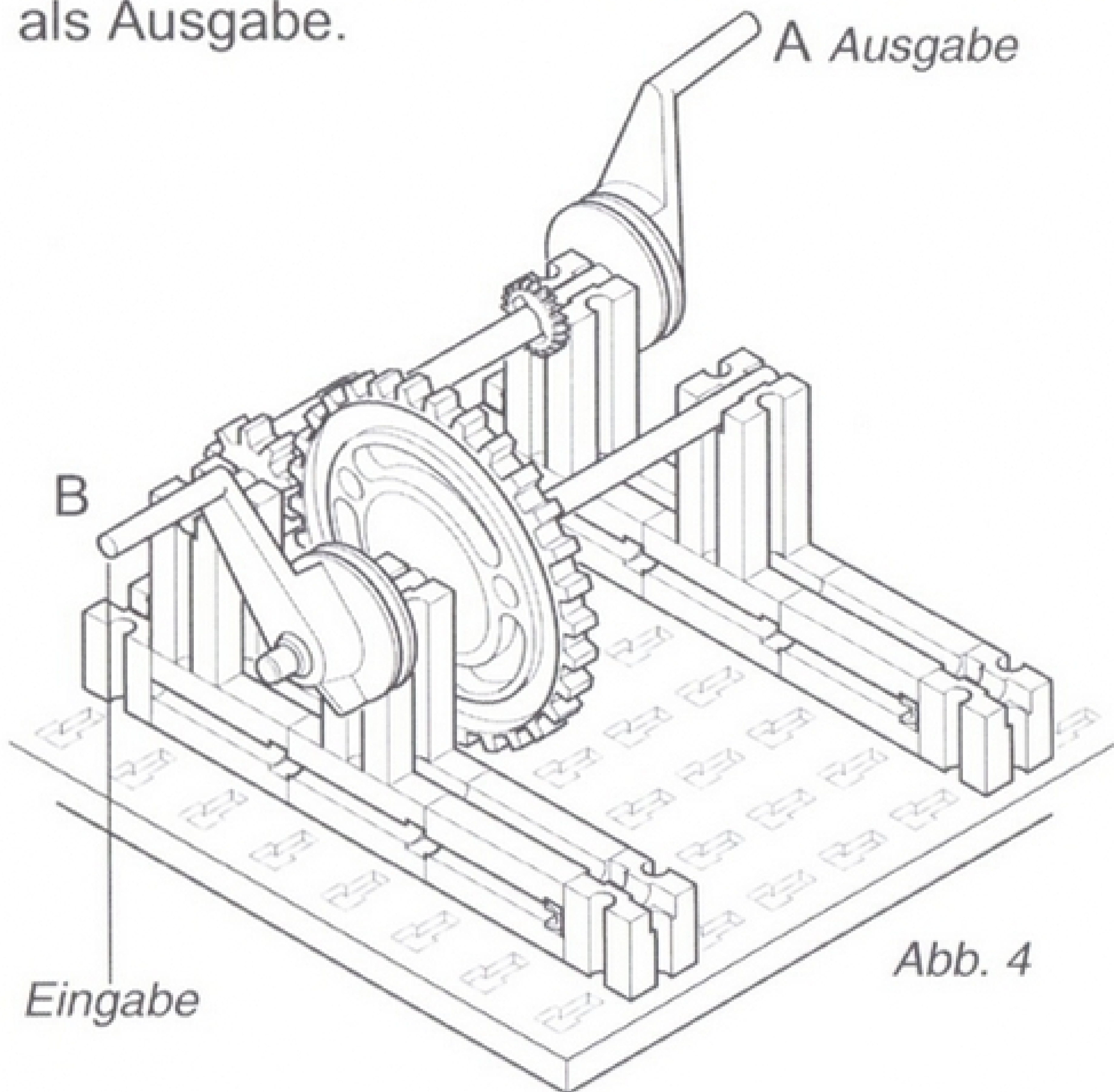


Abb. 4

Das Übersetzungsverhältnis lautet

$$\frac{\text{Anzahl Zähne Ausgangsrad}}{\text{Anzahl Zähne Eingangsrad}} = \frac{10}{40} = \frac{1}{4}$$

Zählt, wie viele Ausgangsumdrehungen (Griff A) durch eine Umdrehung der Eingabe (Griff B) erzeugt werden. Schreibt das Geschwindigkeitsverhältnis dieses Getriebes auf.

Kommt es zu einer Zunahme oder einer Verringerung der Geschwindigkeit?

Schreibt das Last-Kraft-Verhältnis für dieses Getriebe auf.

Kommt es zu einer Zunahme oder einer Verringerung des Drehmoments?

Tragt die fehlenden Worte in den folgenden Satz ein. Ein Übersetzungsverhältnis von $\frac{1}{4}$ bedeutet, dass sich die Ausgabe vier Mal als die Eingabe bewegt. Das Drehmoment wird um den Faktor 4

Zahnräder: 2

Getriebe 1 (Abb. 1)

a) Schreibt das Übersetzungsverhältnis für dieses Getriebe auf.

b) Wenn ihr die Eingabe ein Mal dreht, wie oft dreht sich dann die Ausgabe?

c) Kommt es bei diesem Getriebe zu einer Zunahme oder zu einer Verringerung des Drehmoments?

Getriebe 2 (Abb. 2)

a) Schreibt das Übersetzungsverhältnis für dieses Getriebe auf.

b) Schreibt das Last-Kraft-Verhältnis auf.

c) Wird das Drehmoment erhöht oder verringert?

Getriebe 3 (Abb. 3)

a) Schreibt das Übersetzungsverhältnis für dieses Getriebe auf.

b) Schreibt das Geschwindigkeitsverhältnis auf.

c) Kommt es bei diesem Getriebe zu einer Zunahme oder zu einer Verringerung der Geschwindigkeit?

d) Kommt es bei diesem Getriebe zu einer Zunahme oder zu einer Verringerung des Drehmoments?

Abb. 1

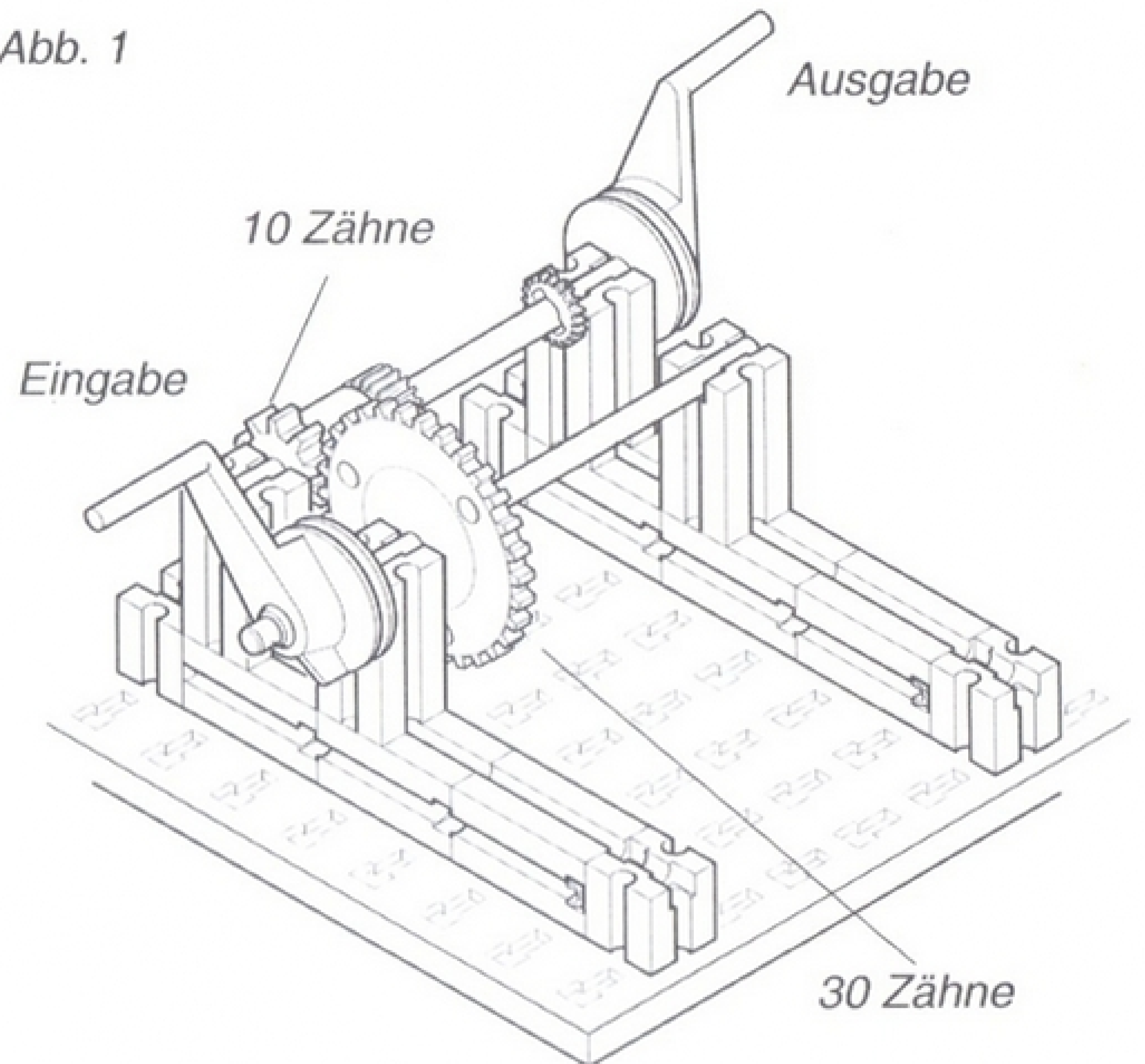


Abb. 2

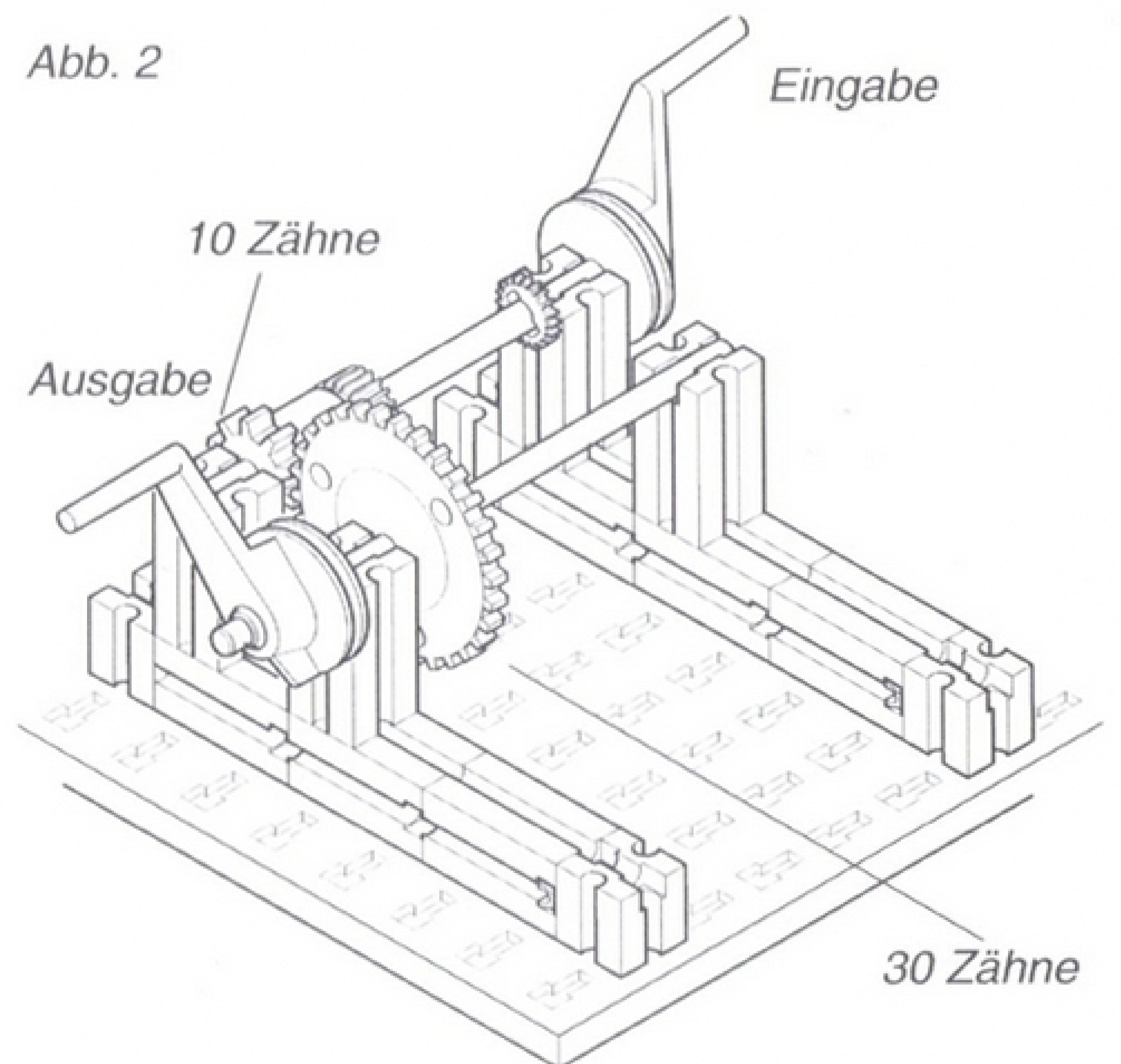
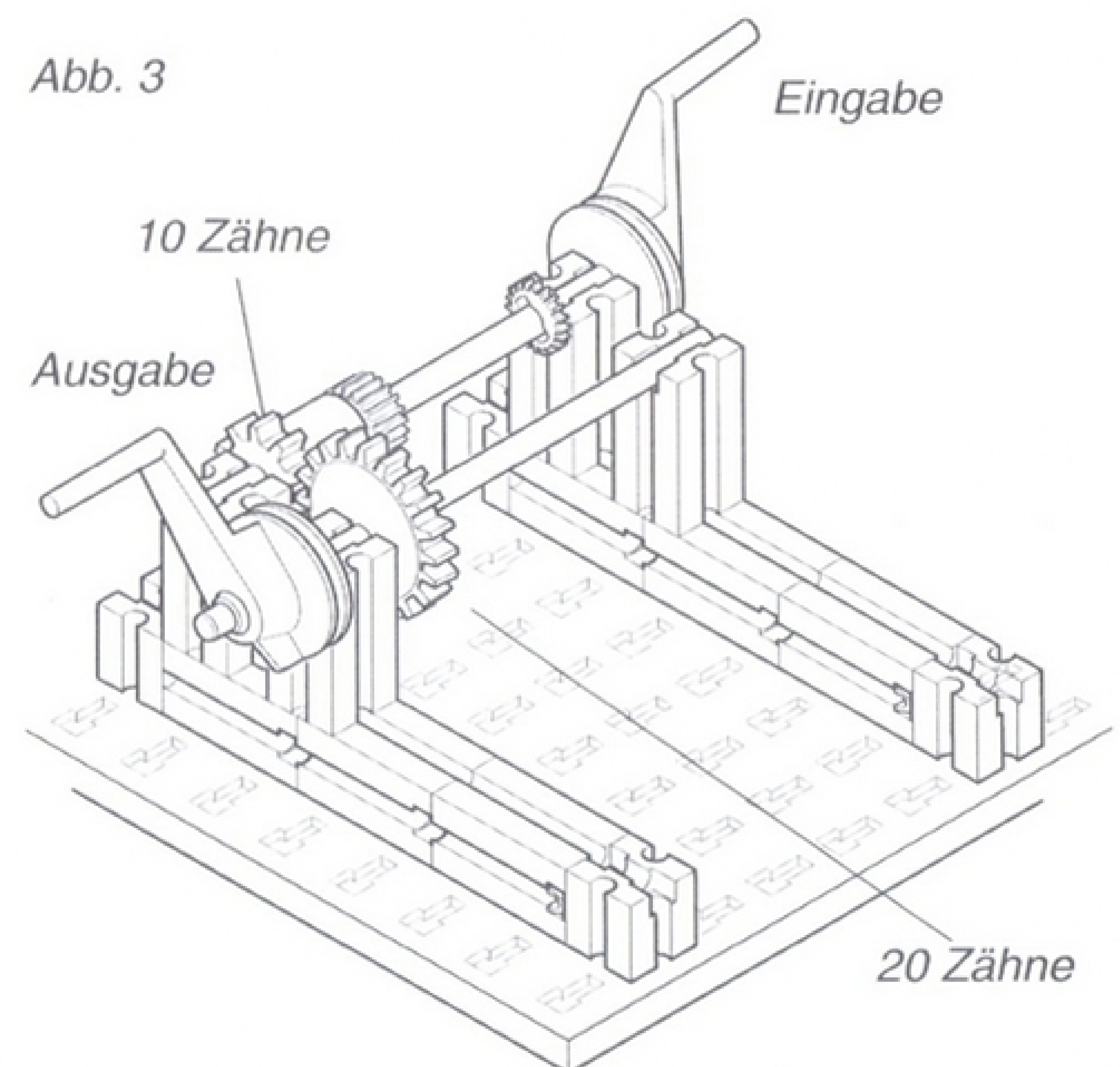


Abb. 3



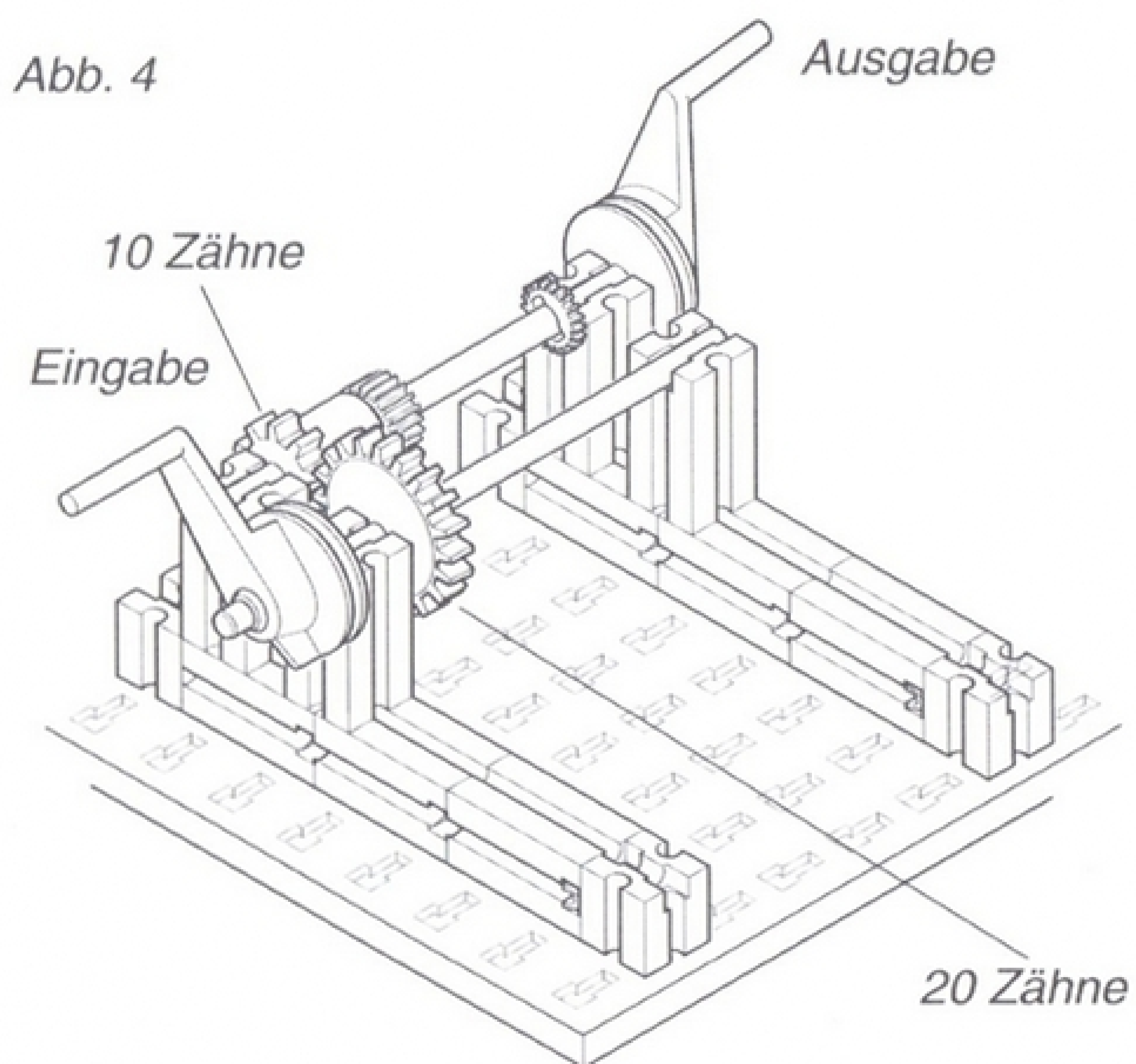
Getriebe 4 (Abb. 4)

a) Schreibt das Übersetzungsverhältnis für dieses Getriebe auf.

b) Wenn ihr die Eingabe ein Mal dreht, wie oft dreht sich dann die Ausgabe?

c) Tragt die fehlenden Worte in den folgenden Satz ein:

Dieses Getriebe das Drehmoment um den Faktor



Getriebe 5 (Abb. 4)

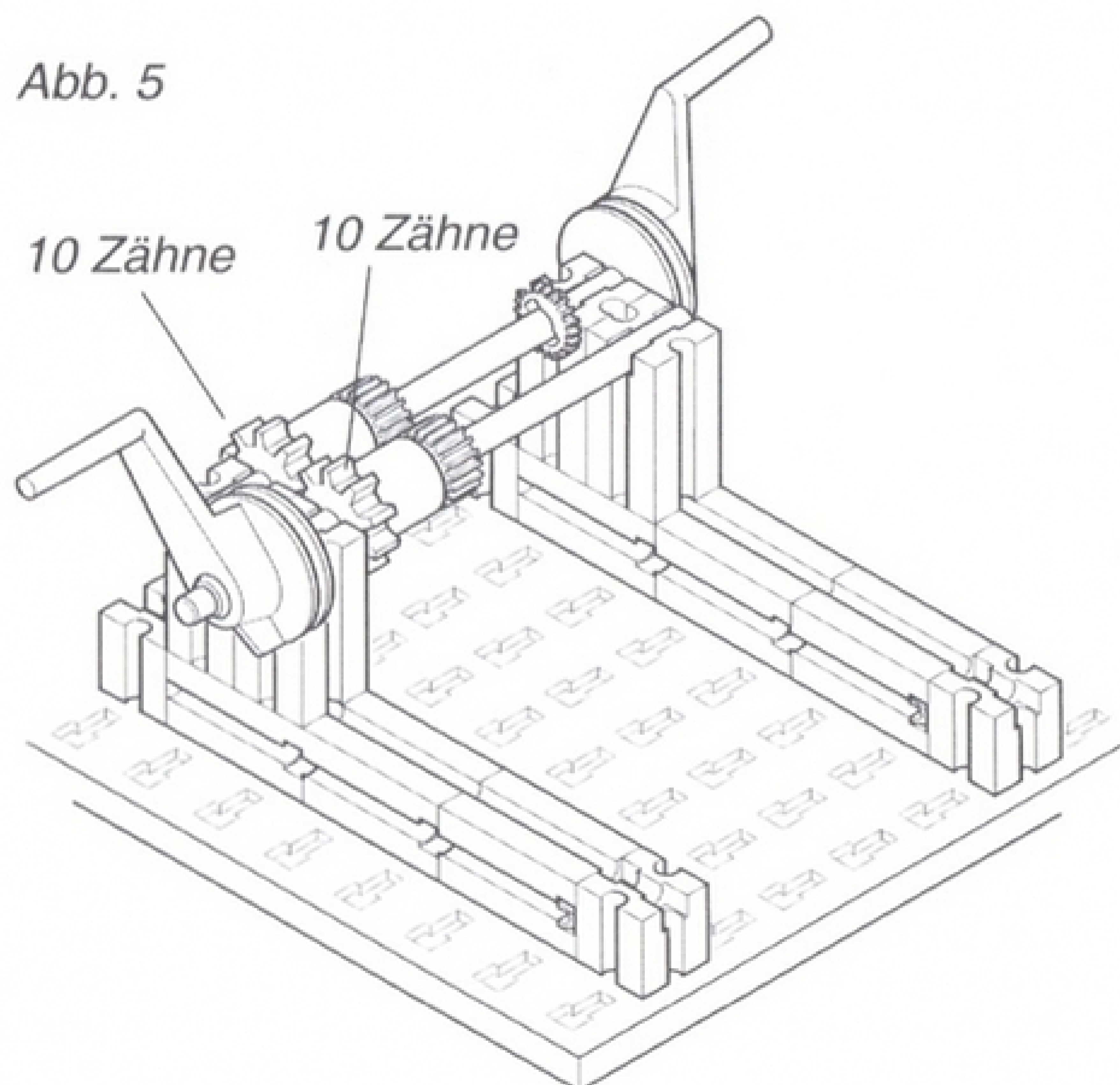
a) Schreibt das Übersetzungsverhältnis für dieses Getriebe auf. Dieses Übersetzungsverhältnis überträgt eine Drehbewegung von einer Achse auf eine andere, es kommt jedoch zu keiner Änderung der Geschwindigkeit oder des Drehmoments.

Tragt die fehlenden Worte in den folgenden Satz ein:

Zusammenfassung

Ein Übersetzungsverhältnis von mehr als 1 sorgt für eine des Drehmoments und eine der Geschwindigkeit.

Ein Übersetzungsverhältnis von weniger als 1 sorgt für eine des Drehmoments und eine der Geschwindigkeit.



Zahnräder: 3

Baut das in Abb. 1 gezeigte Modell. Hierbei handelt es sich um ein **Verbundgetriebe**; es enthält mehr als ein Zahnradpaar. Ihr könnt das Übersetzungsverhältnis eines Verbundgetriebes berechnen, indem ihr die Übersetzungsverhältnisse der einfachen Getriebe, die es enthält, miteinander multipliziert. Die folgende Untersuchung zeigt, wie dies funktioniert.

Untersuchung 1

Wird das Modell mit Griff A als Eingabe verwendet, lautet das Übersetzungsverhältnis folgendermaßen:

$$\frac{4}{1} \times \frac{4}{1} = \frac{16}{1}$$

Dies bedeutet, dass das Getriebe die Geschwindigkeit um den Faktor 16 verringert. Überprüft dies am Modell, indem ihr zählt, wie viele Eingangsumdrehungen erforderlich sind um eine Ausgangsumdrehung zu erzielen.

Das Geschwindigkeitsverhältnis des Getriebes beträgt 16, daher ist das Lastkraft-Verhältnis 16. Es erhöht das Drehmoment um einen Faktor von 16. Versucht, die Ausgabe festzuhalten, während ihr die Eingabe des Modells dreht, um die Auswirkung dieser Erhöhung zu spüren.

Getriebe konstruieren

Wenn Konstrukteure die Konstruktion von Getrieben mitteilen, verwenden sie dazu Darstellungen wie die, die in Abb. 2 zu sehen sind.

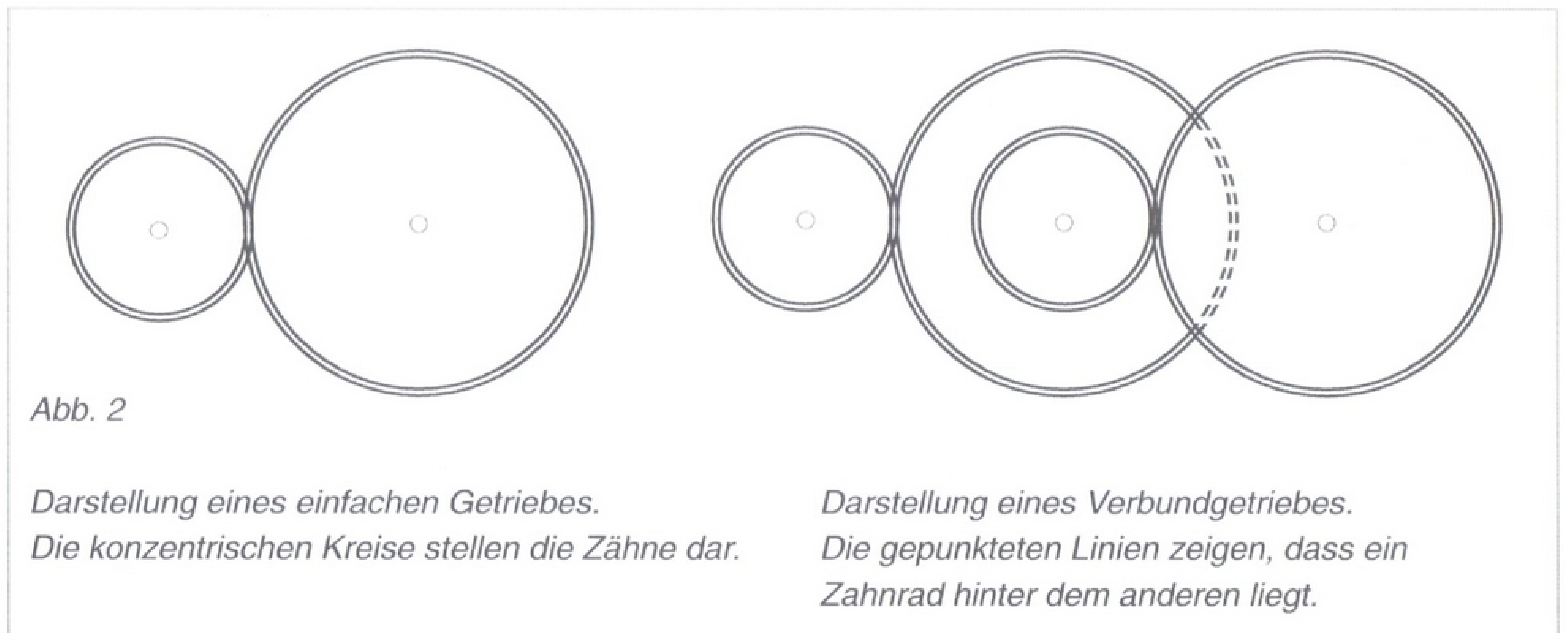


Abb. 2

*Darstellung eines einfachen Getriebes.
Die konzentrischen Kreise stellen die Zähne dar.*

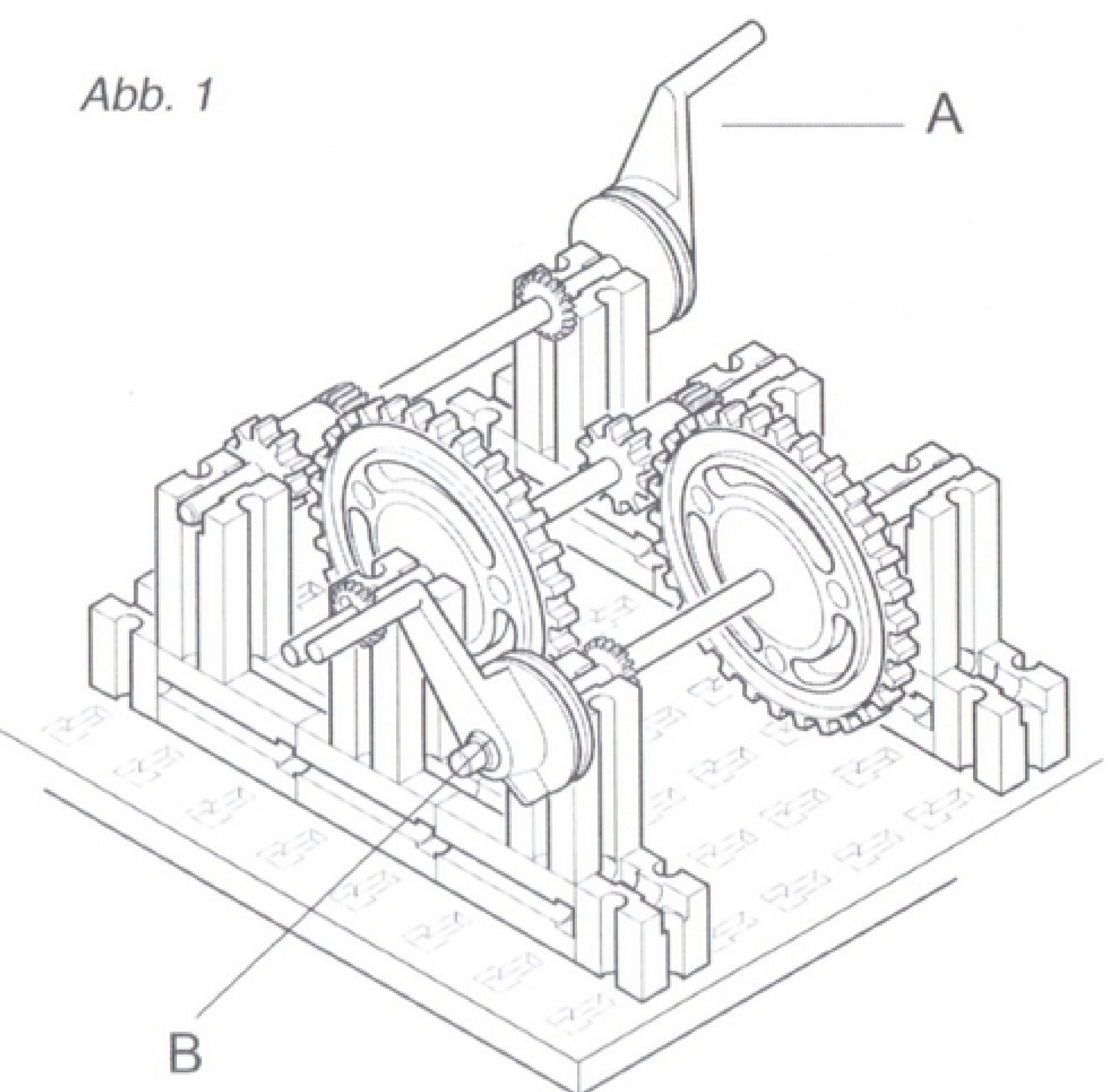


Abb. 1

Untersuchung 2

Verwendet jetzt Griff B als Eingabe. Das Übersetzungsverhältnis lautet jetzt:

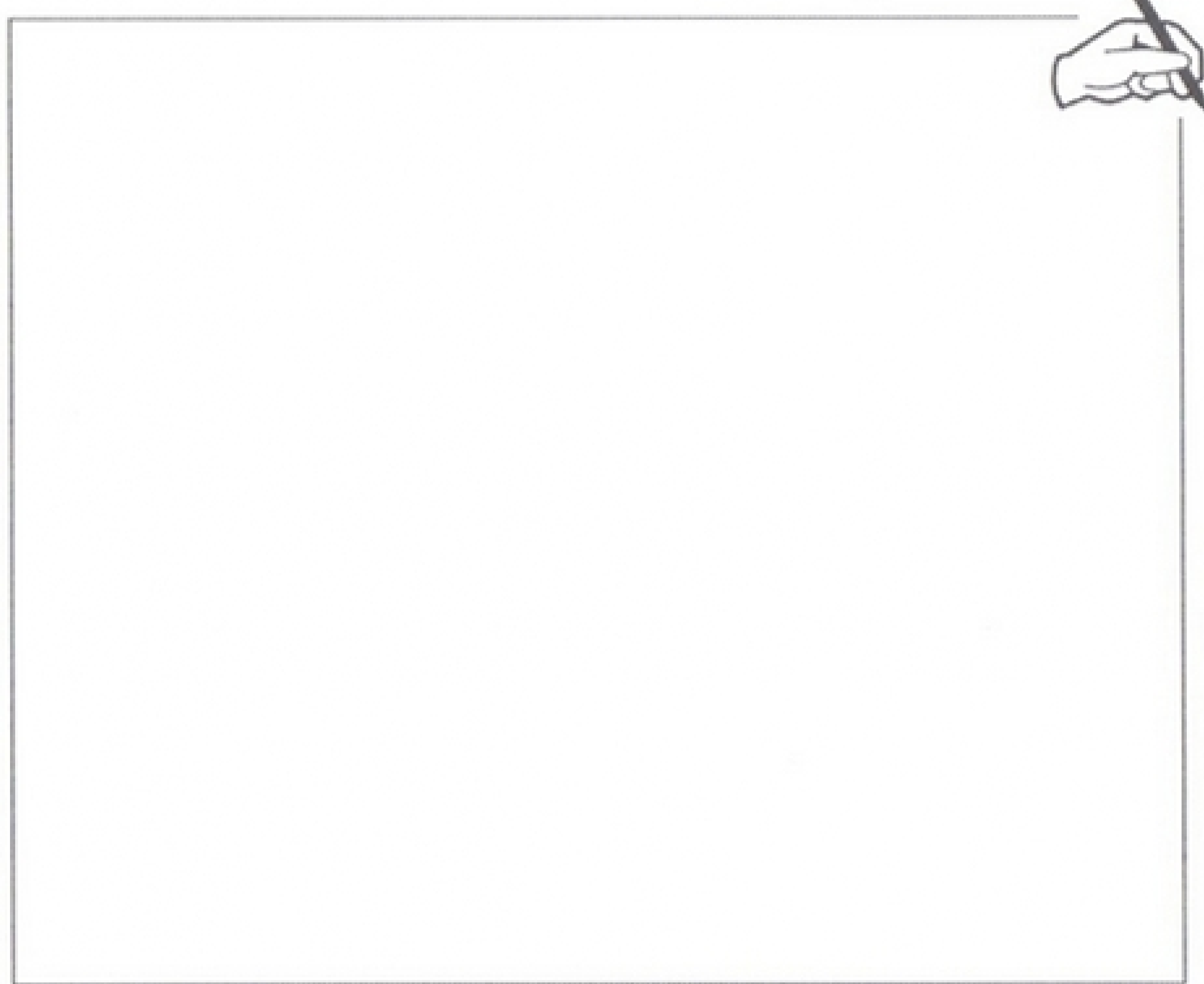
$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$$

Dies bedeutet, dass sich die Ausgangsachse sechzehn Mal schneller dreht als die Eingangsachse und eine entsprechende Verringerung des Drehmoments vorhanden ist. Überprüft dies am Modell.

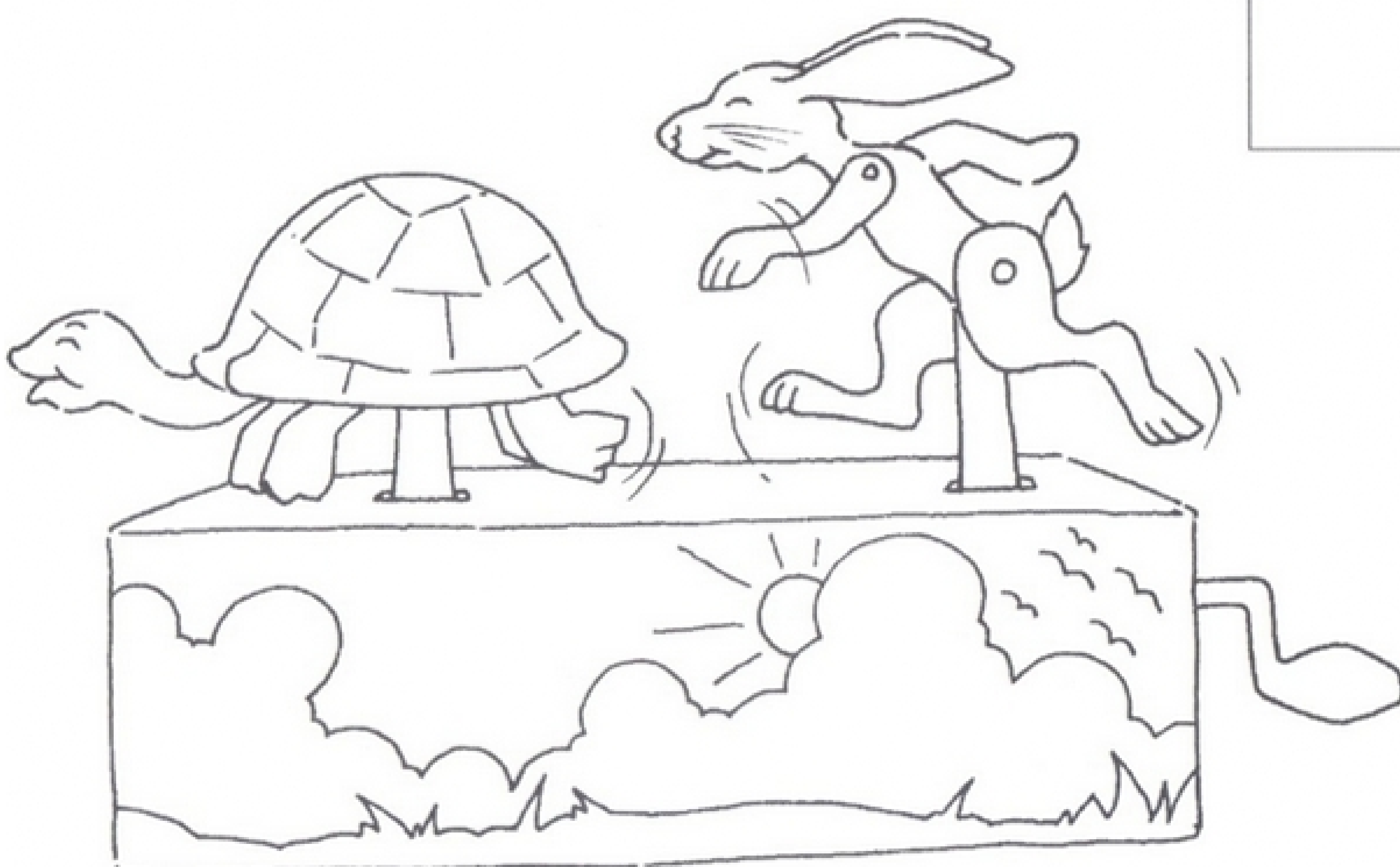
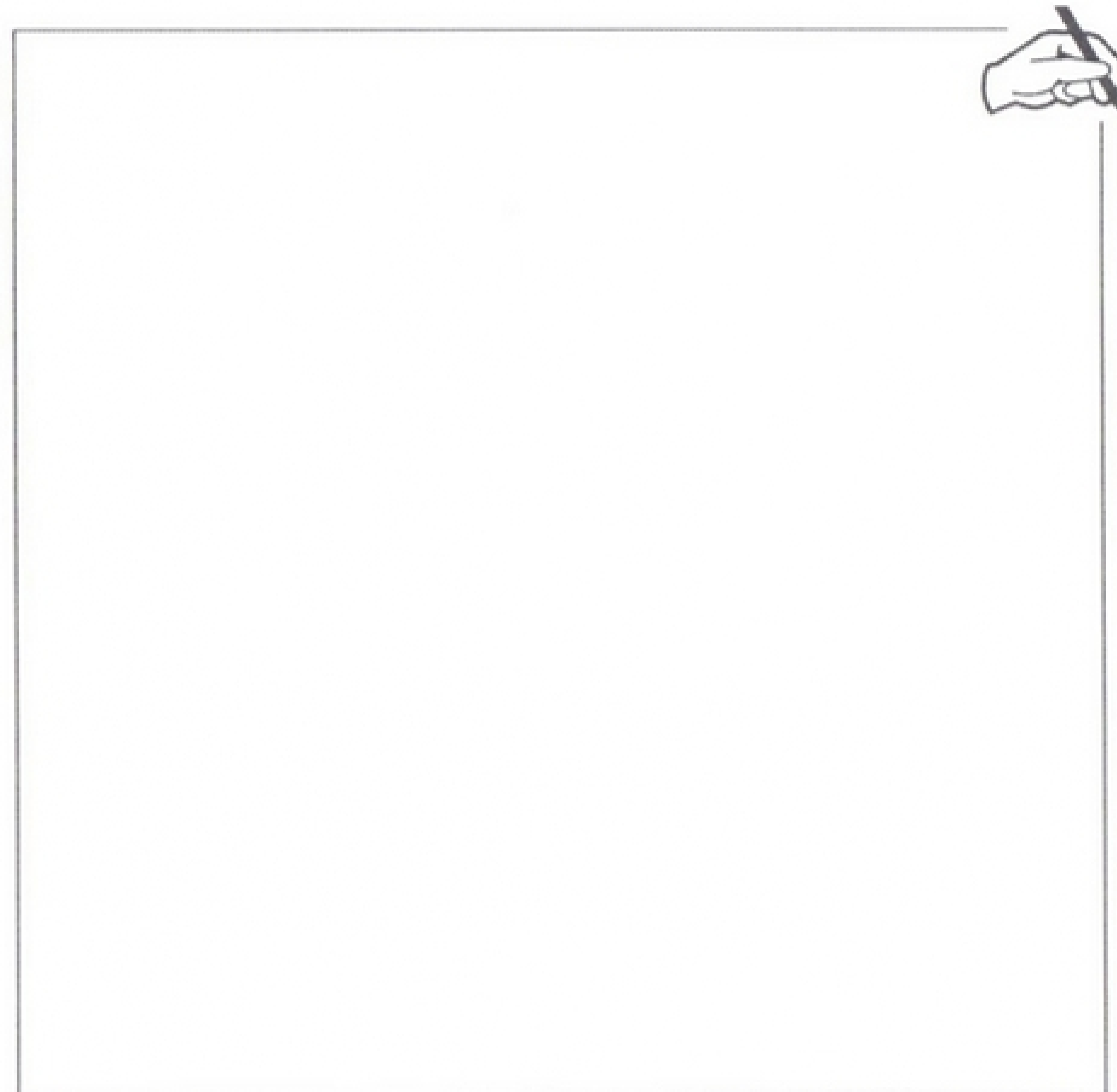
Der Baukasten „Mechanik“ enthält Zahnräder mit 10, 20, 30 und 40 Zähnen.

Konstruiert ein Verbundgetriebe, das aus dem Baukasten hergestellt werden kann und jede der oben aufgeführten Anforderungen erfüllt. Zeichnet ein Diagramm des Getriebes an der dafür vorgesehenen Stelle. Wenn ihr noch Zeit habt, dann baut ein Modell des Getriebes um die Darstellung zu überprüfen, bevor ihr sie zeichnet.

a) Bootseigentümer finden es schwierig, den Griff zu drehen, der Schleusentore auf einem Kanal betätigt. Daher möchte die Schifffahrtsbehörde ein Zahnradsystem hinzufügen um es für die Bootseigentümer leichter zu machen. Sie schätzen, dass das Zahnradsystem ein Last-Kraft-Verhältnis von 12 haben muss.



b) Eine Konstrukteurin von mechanischen Spielzeugen entwickelt ein Modell „Hase und Schildkröte“. Der Eingangsriff treibt die Beine der Schildkröte an und ein Getriebe überträgt die Bewegung zur Achse, welche die Beine des Hasen antreibt. Sie möchte, dass sich die Beine des Hasen 24 Mal schneller drehen als die Beine der Schildkröte.



Hausaufgabe zum Thema „Übersetzungs- und Riemenscheibenverhältnis“

Riemenscheiben- und Riemensysteme

Das Geschwindigkeitsverhältnis eines Riemenscheiben- und Riemensystems wird aus dem Durchmesser jeder Riemenscheibe berechnet. Siehe Abb. 1.

Geschwindigkeitsverhältnis des Riemen-
scheiben- und Riemensystems = $\frac{\text{Durchmesser der Ausgangsriemenscheibe}}{\text{Durchmesser der Eingangsriemenscheibe}}$

a) *Eingabe* *Ausgabe*
20 mm 20 mm
Geschwindigkeitsverhältnis = 1
Last-Kraft-Verhältnis = 1

b) *Eingabe* *Ausgabe*
20 mm 60 mm
Geschwindigkeitsverhältnis = 3
Last-Kraft-Verhältnis = 3

c) *Eingabe* *Ausgabe*
80 mm 20 mm
Geschwindigkeitsverhältnis = $\frac{1}{4}$
Last-Kraft-Verhältnis = $\frac{1}{4}$

Abb. 1

Schreibt einen Satz zu jedem der in Abb. 1 gezeigten Riemenscheiben- und Riemen-systeme um zu erläutern, wie bei jedem von ihnen die Änderung der Geschwindigkeit und des Drehmoments eurer Meinung nach aussieht.

Schneckenradgetriebe

Ein Schneckenradgetriebe (siehe Abb. 2) ist ein Zahnrad mit einem Zahn, das nur als Eingabe für ein Zahnradsystem verwendet werden kann. Sein Übersetzungsverhältnis lautet folgendermaßen:

$$\frac{\text{Anzahl der Zähne am Ausgangszahnrad}}{1}$$

Wird es daher mit einem Zahnrad mit 40 Zähnen verwendet (siehe Abb. 3), beträgt das Übersetzungsverhältnis 40, was zu einer starken Verringerung der Geschwindigkeit führt (Geschwindigkeitsverhältnis = 40) sowie zu einer starken Zunahme des Drehmoments (Last-Kraft-Verhältnis = 40). Daher besitzt der Motor von Fischertechnik ein Schneckenradgetriebe als Ausgangswelle.

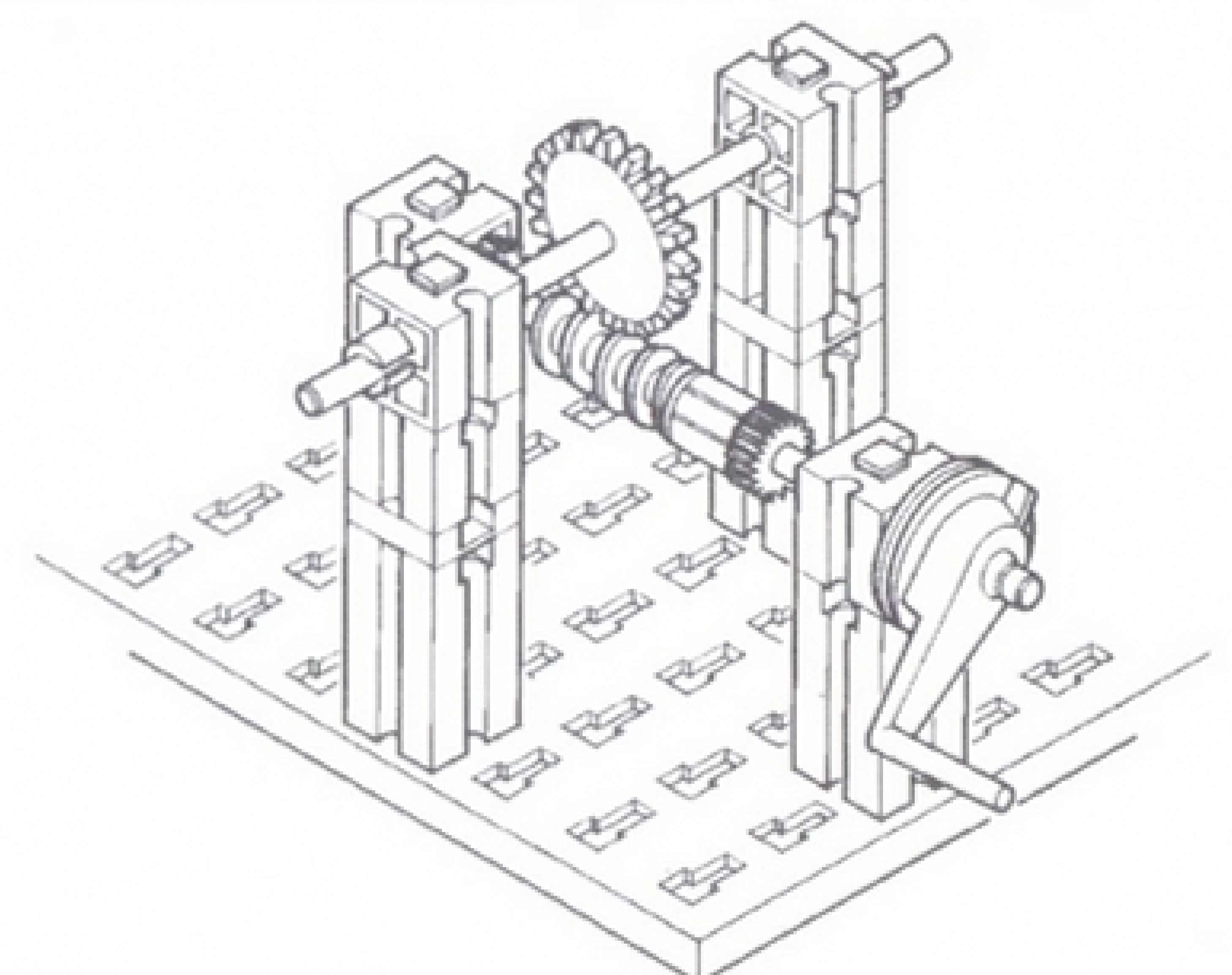


Abb. 2 Schneckenrad

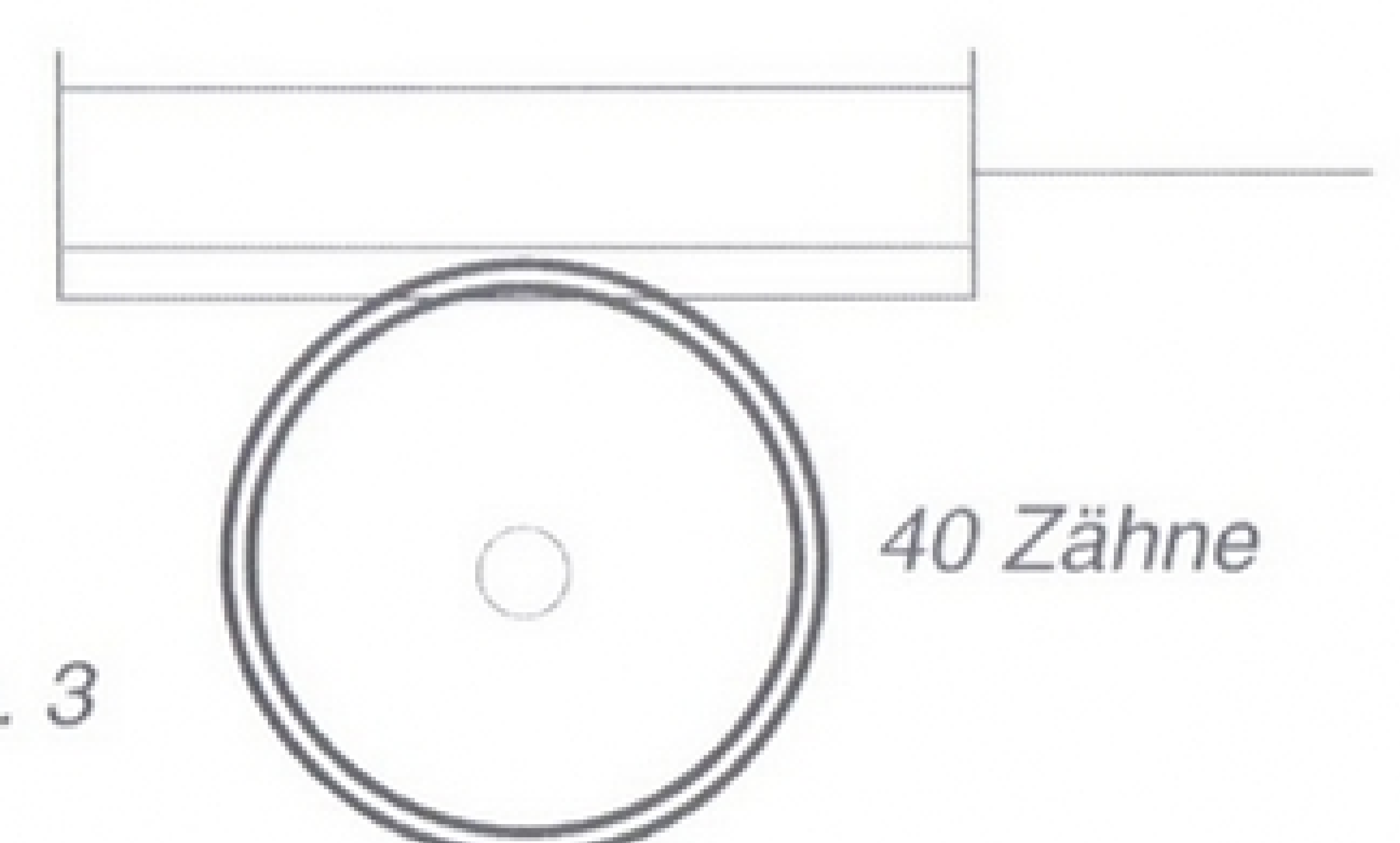


Abb. 3

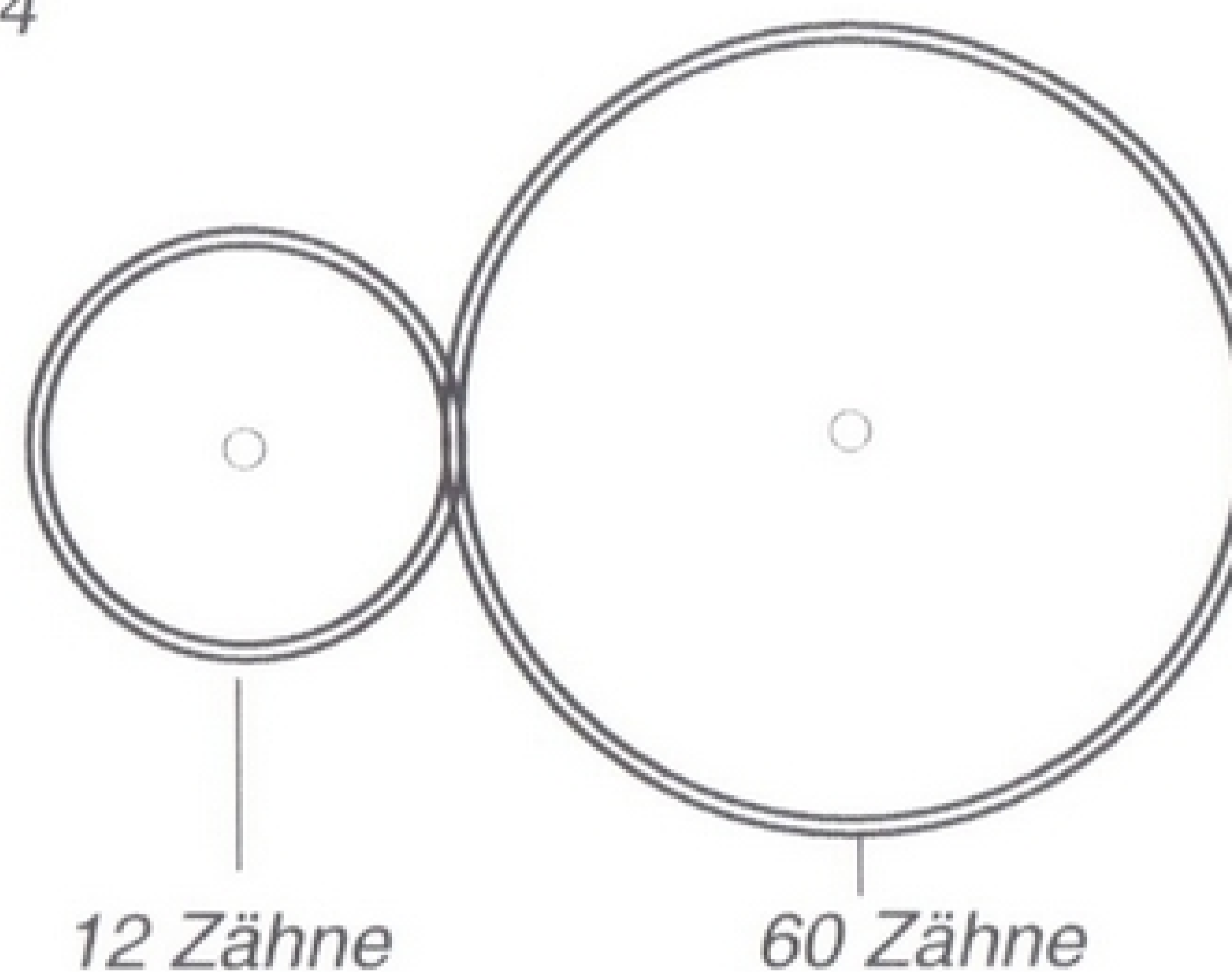
Wirkungsgrad

Getriebe sowie Riemenscheiben- und Riemensysteme erzeugen beide Reibung, wenn Zähne ineinander greifen, Riemen über Riemenscheiben und Achsen in Lagern laufen. Dies bedeutet, dass sie keinen Wirkungsgrad von 100 % aufweisen.

Denkt daran,
$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Last-Kraft-Verhältnis}}{\text{Geschwindigkeitsverhältnis}} \times \frac{100}{1}$$

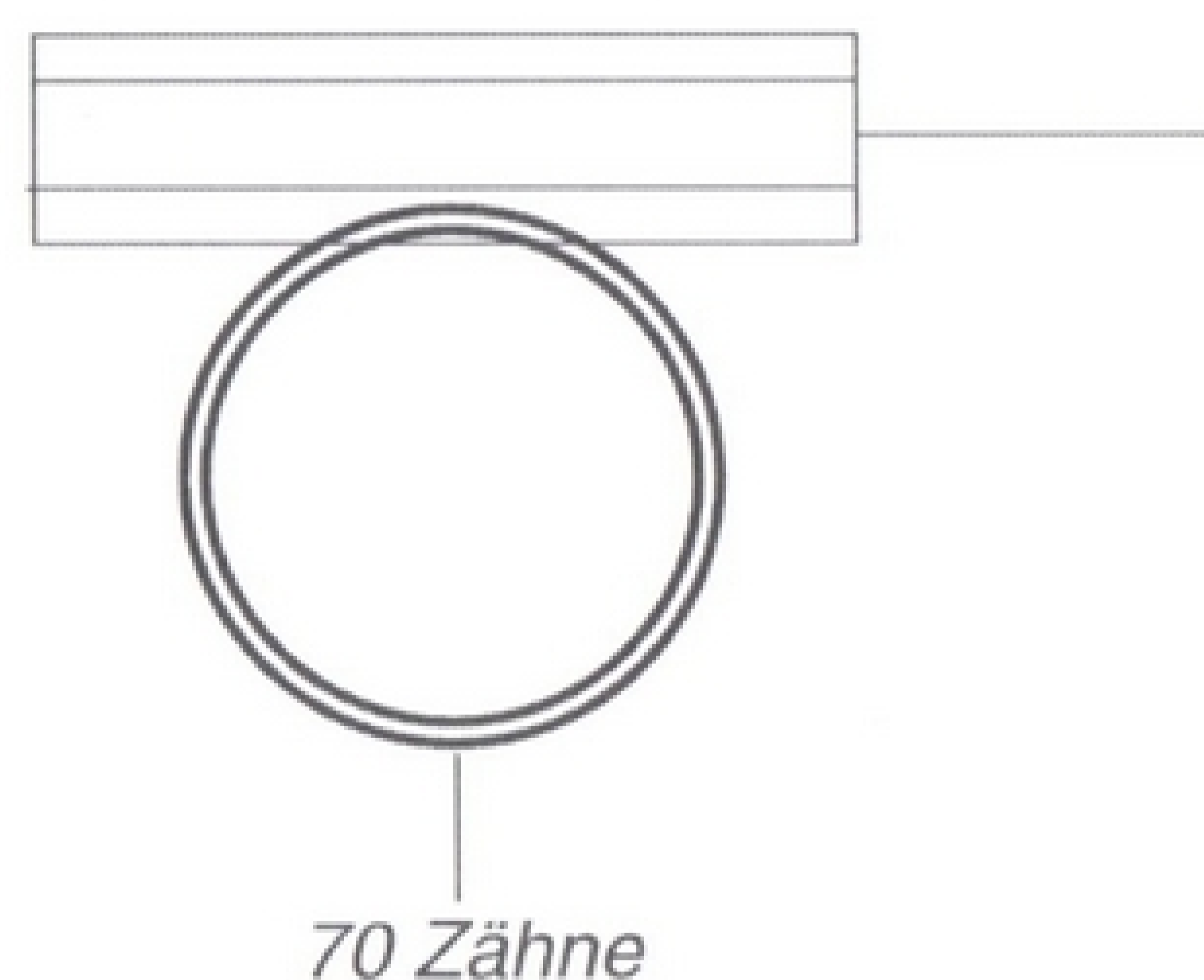
a) Das Last-Kraft-Verhältnis des in Abb. 4 gezeigten einfachen Getriebes beträgt 4,5. Wie sieht der Wirkungsgrad des Systems aus?

Abb. 4



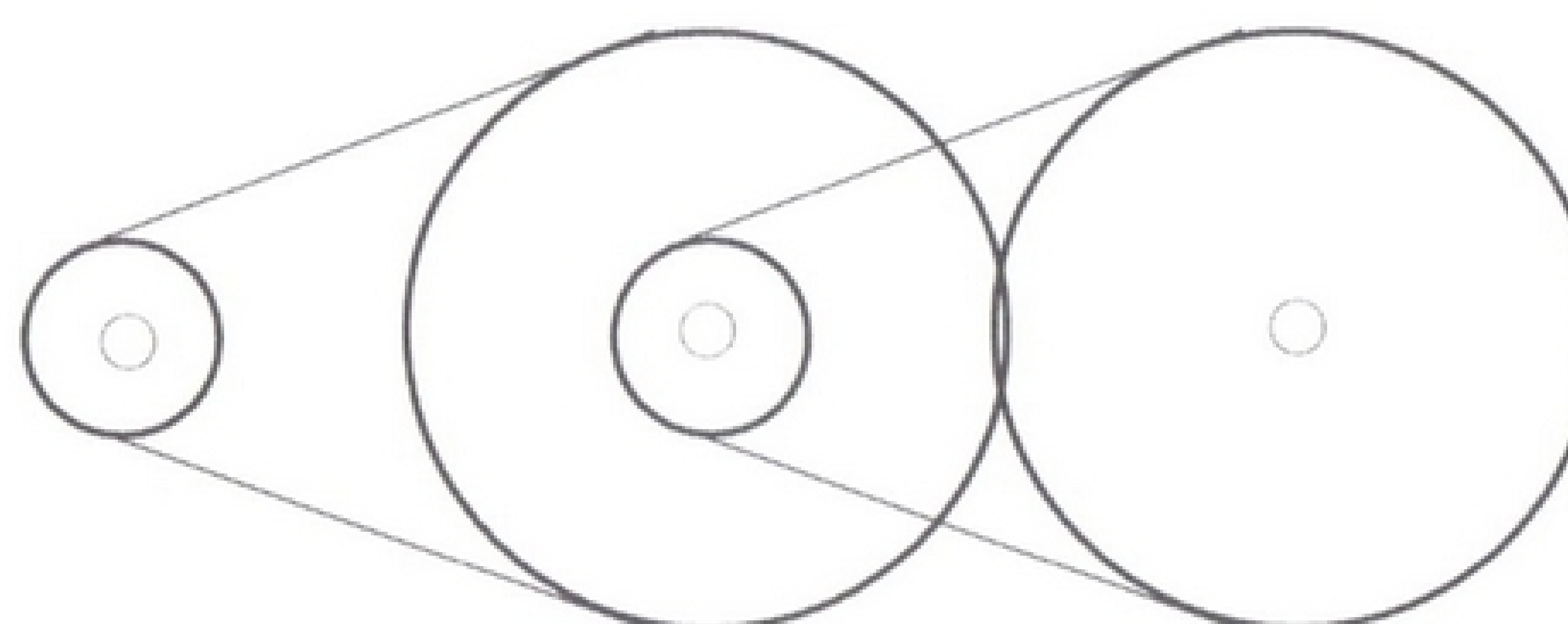
b) Das Last-Kraft-Verhältnis des in Abb. 5 gezeigten Schneckenradgetriebes beträgt 60. Wie sieht der Wirkungsgrad des Systems aus?

Abb. 5



c) Das Last-Kraft-Verhältnis des in Abb. 6 gezeigten Riemenscheiben- und Riemensystems beträgt 12. Wie sieht der Wirkungsgrad des Systems aus?

Abb. 4



Durchmesser jeder kleinen Riemenscheibe = 10 mm

Durchmesser jeder großen Riemenscheibe = 40 mm

Drehmoment

Baut das von Hand betriebene Seilwindenmodell, das auf dem Konstruktionsblatt für Winden zu sehen ist.

Sperrzahnrad mit Sperrklinke

An der Achse der Seilwindentrommel ist ein Sperrzahnrad mit Sperrklinke befestigt. Hierbei handelt es sich um einen Mechanismus, der eine Drehbewegung nur in eine Richtung zulässt. Bei diesem Mechanismus ist es möglich, die Seilwindentrommel zu drehen, um die Last hochzuziehen, aber es wird verhindert, dass sich die Trommel in die andere Richtung dreht, so dass die Last nicht herunter fällt, wenn der Griff losgelassen wird. Ihr müsst offensichtlich die Sperrklinke abheben, wenn ihr die Last herunter kurbeln möchtet.

Untersuchung

Verwendet 200 g als Last an einem Massenaufhänger. Hängt die Last an den Haken am anderen Ende der Schnur.

I) Senkt die Last um ca. 300 mm ab. Zieht sie anschließend mit dem Kurbelgriff hoch.

II) Entfernt den Kurbelgriff, aber belastet die rote Nabe an der Achse. Versucht, die Last durch Drehen der Nabe hochzuziehen.

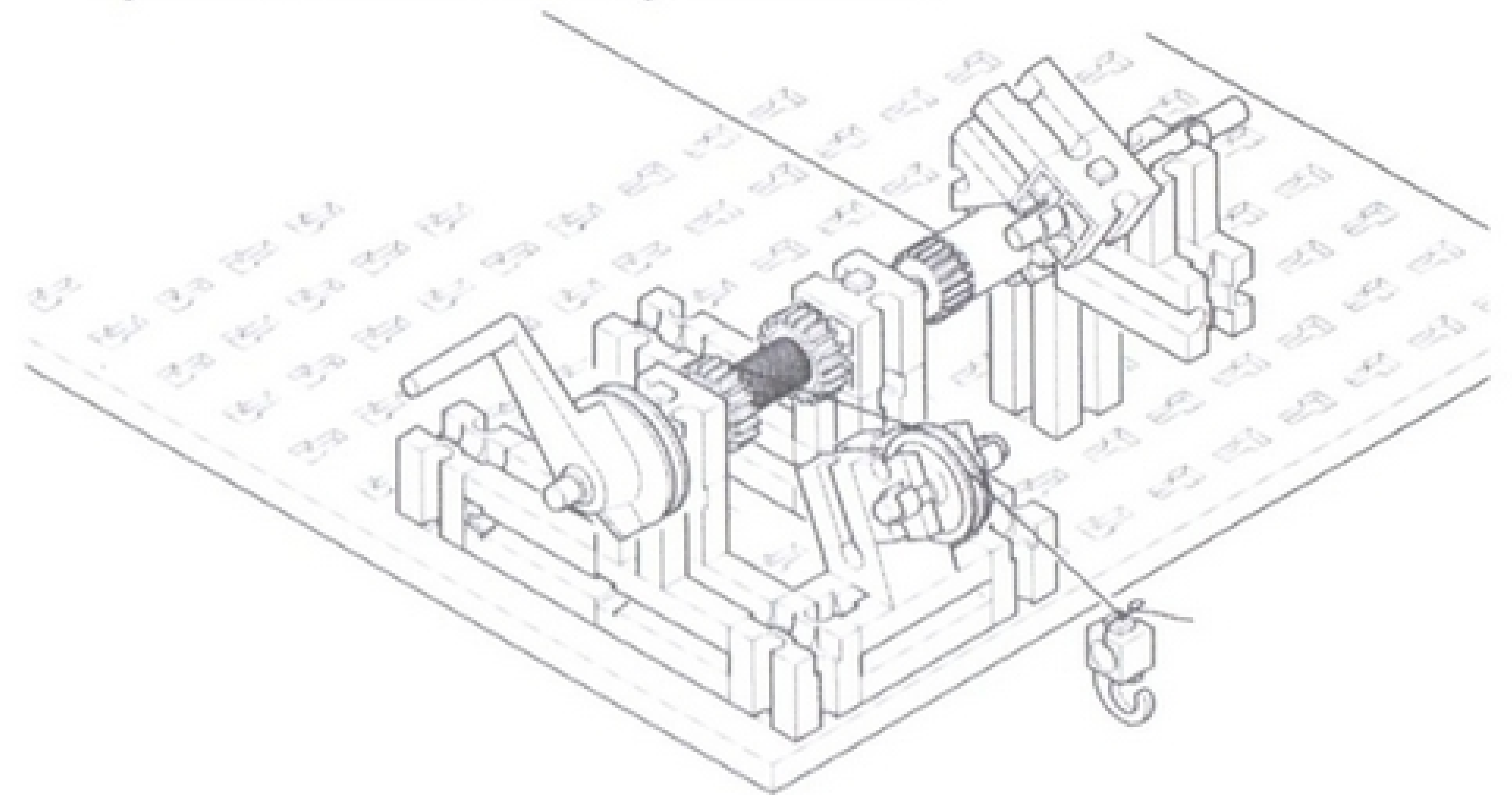
III) Entfernt jetzt die Nabe. Ergreift die Achse und versucht, die Last durch Drehen der Achse hochzuziehen.

IV) Welche der drei Methoden ist am leichtesten?

Welche ist am schwersten?

Die folgende Erklärung zeigt, warum dies so ist.

Sperrzahnrad mit Sperrklinke



Drehmoment berechnen

Das Drehmoment ist die Drehkraft. Sie wird mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Drehmoment} = F \times r$$

F ist die aufgebrachte Kraft gemessen in Newton (N).

r ist der Radius des Drehkreises der Kraft gemessen in Metern (m).

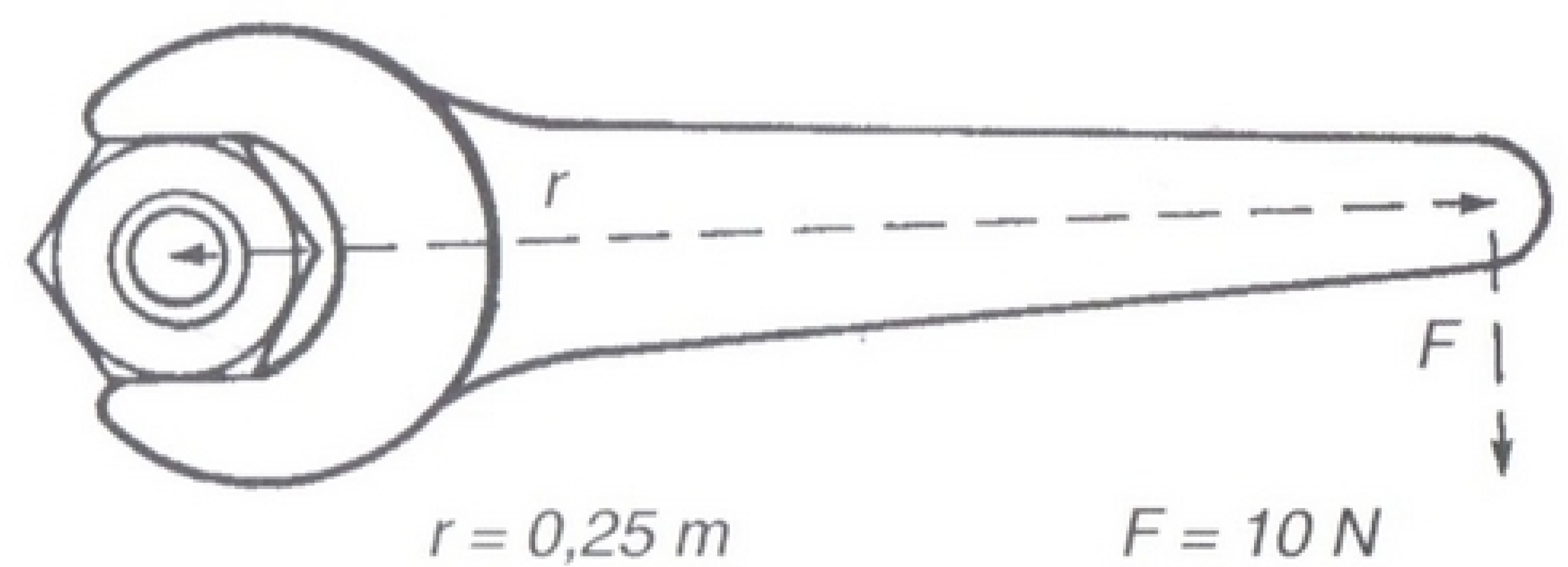


Abb. 1

Der in Abb. 1 gezeigte Schraubenschlüssel bringt ein Drehmoment von 2,5 Nm auf die Mutter auf (10 N x 0,25 m). Wäre der Schraubenschlüssel 0,5 m lang und würde dieselbe Kraft benutzt, welches Drehmoment würde dann auf die Mutter aufgebracht?

Das von euch auf die Achse der Seilwindentrommel aufgebrachte Drehmoment war, als ihr den Kurbelgriff gedreht habt, größer im Vergleich zu dem, als ihr die Achse direkt gedreht habt.

Zunehmendes Drehmoment

Ihr könnt das auf die Seilwindentrommel aufgebrachte Drehmoment erhöhen, indem ihr einen längeren Griff verwendet. Eine alternative Methode besteht darin, dem System ein Getriebe hinzuzufügen, wie in Abb. 2 gezeigt. Probiert es aus! Tragt anschließend die fehlenden Worte in den folgenden Satz ein.

Das Last-Kraft-Verhältnis des Getriebes beträgt, daher es das auf die Seilwindentrommel aufgebrachte Drehmoment und die Geschwindigkeit, mit der die Last angehoben wird.

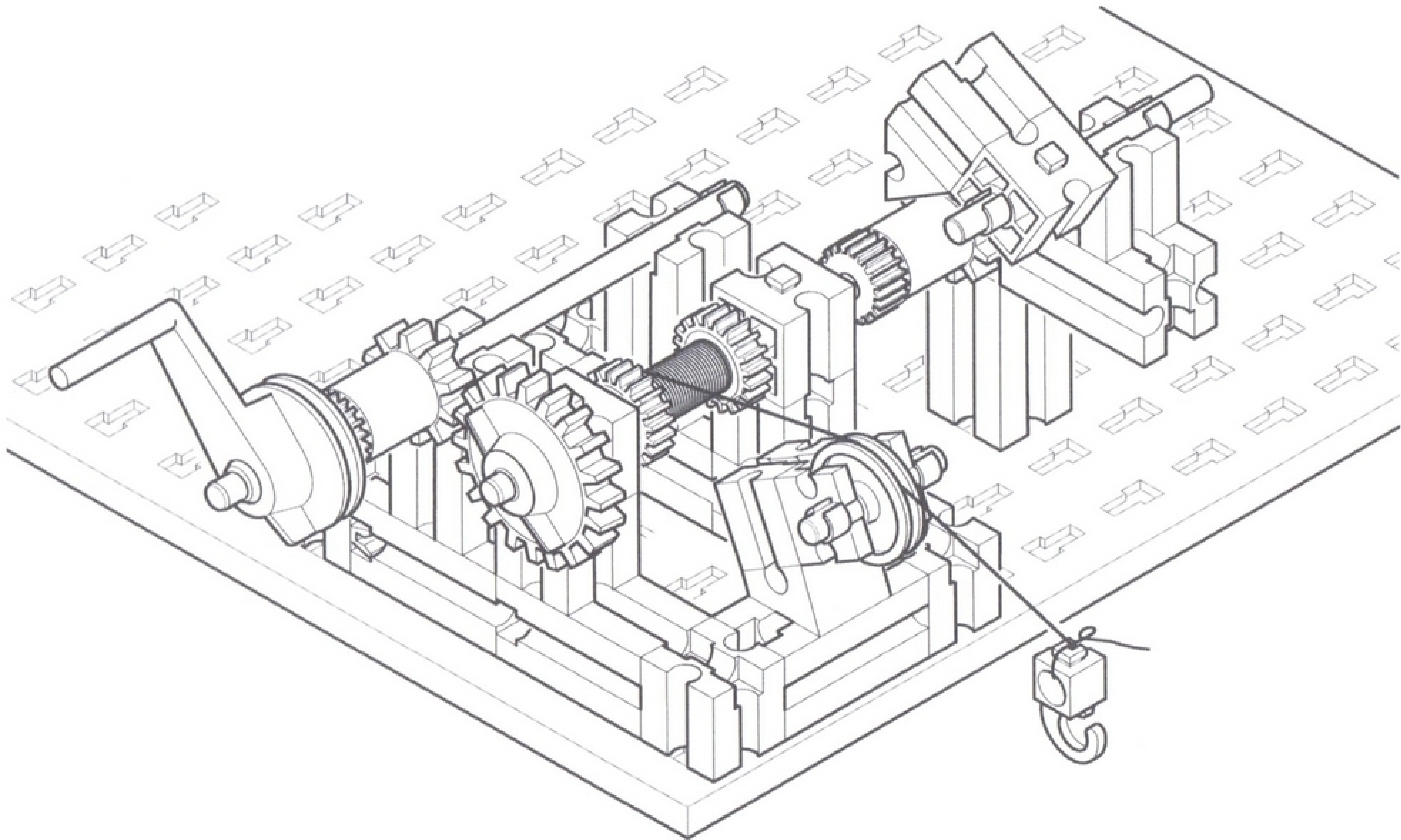
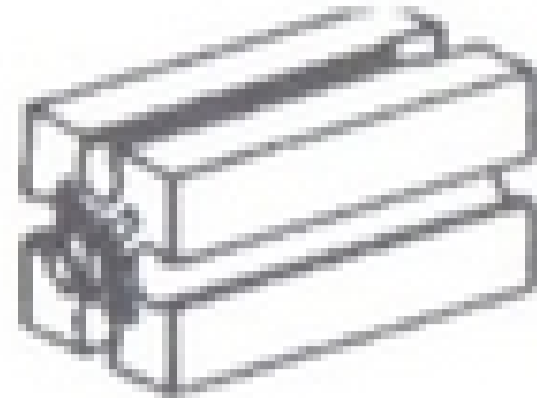
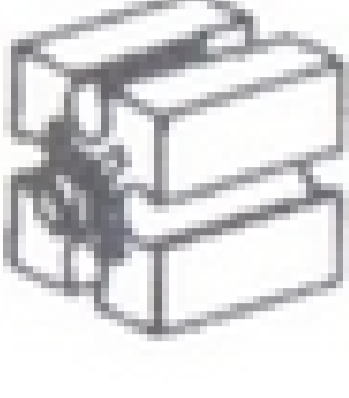















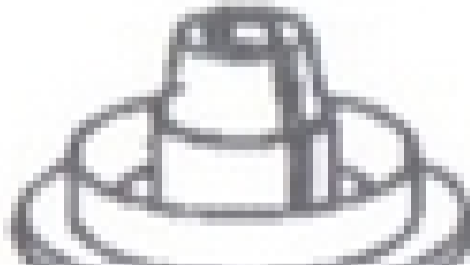


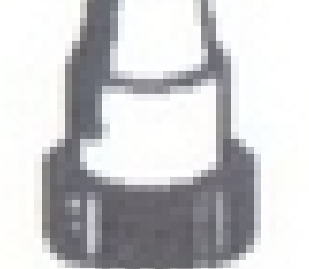
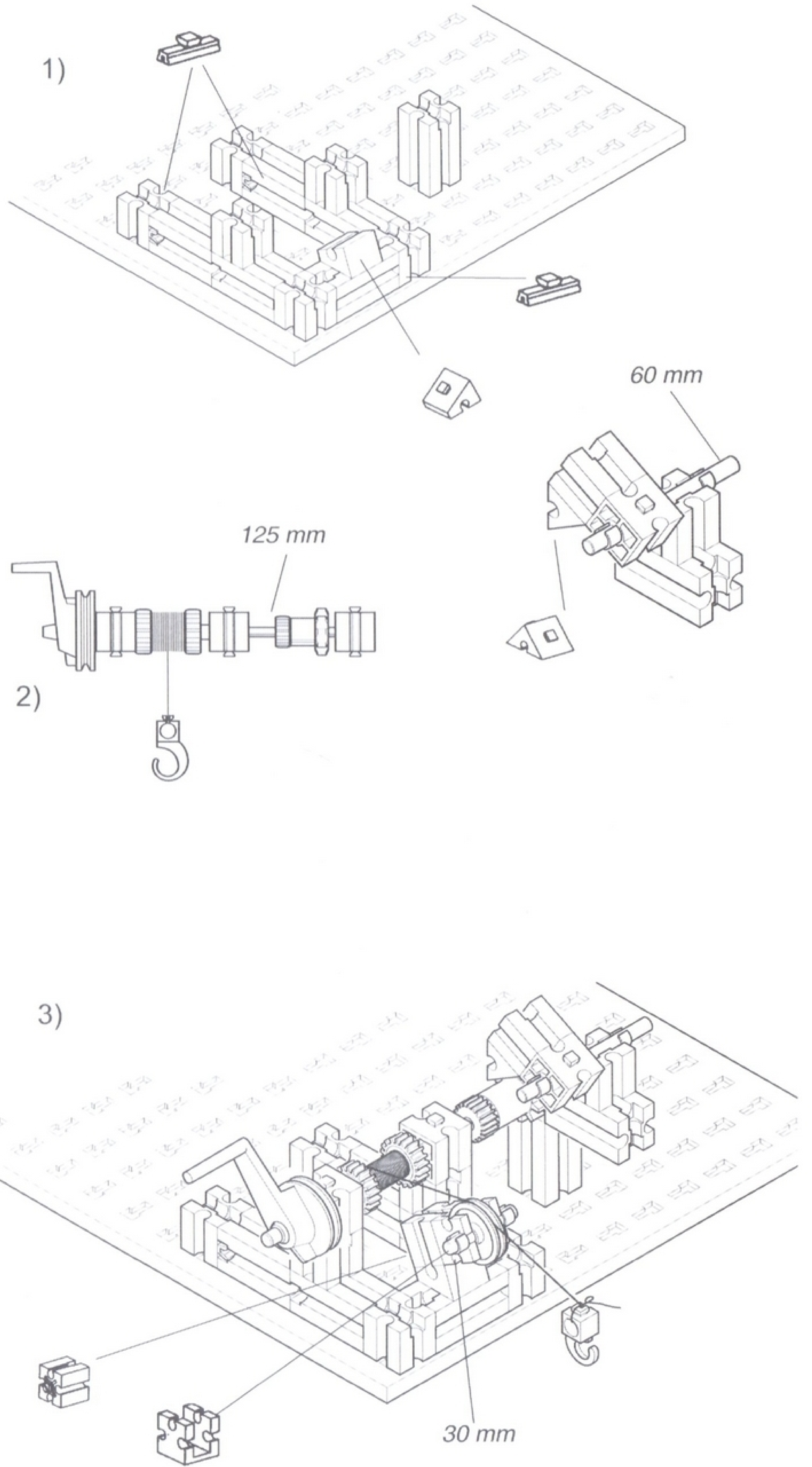


Abb. 2
Von Hand gedrehte Winde mit einfachem Getriebe.

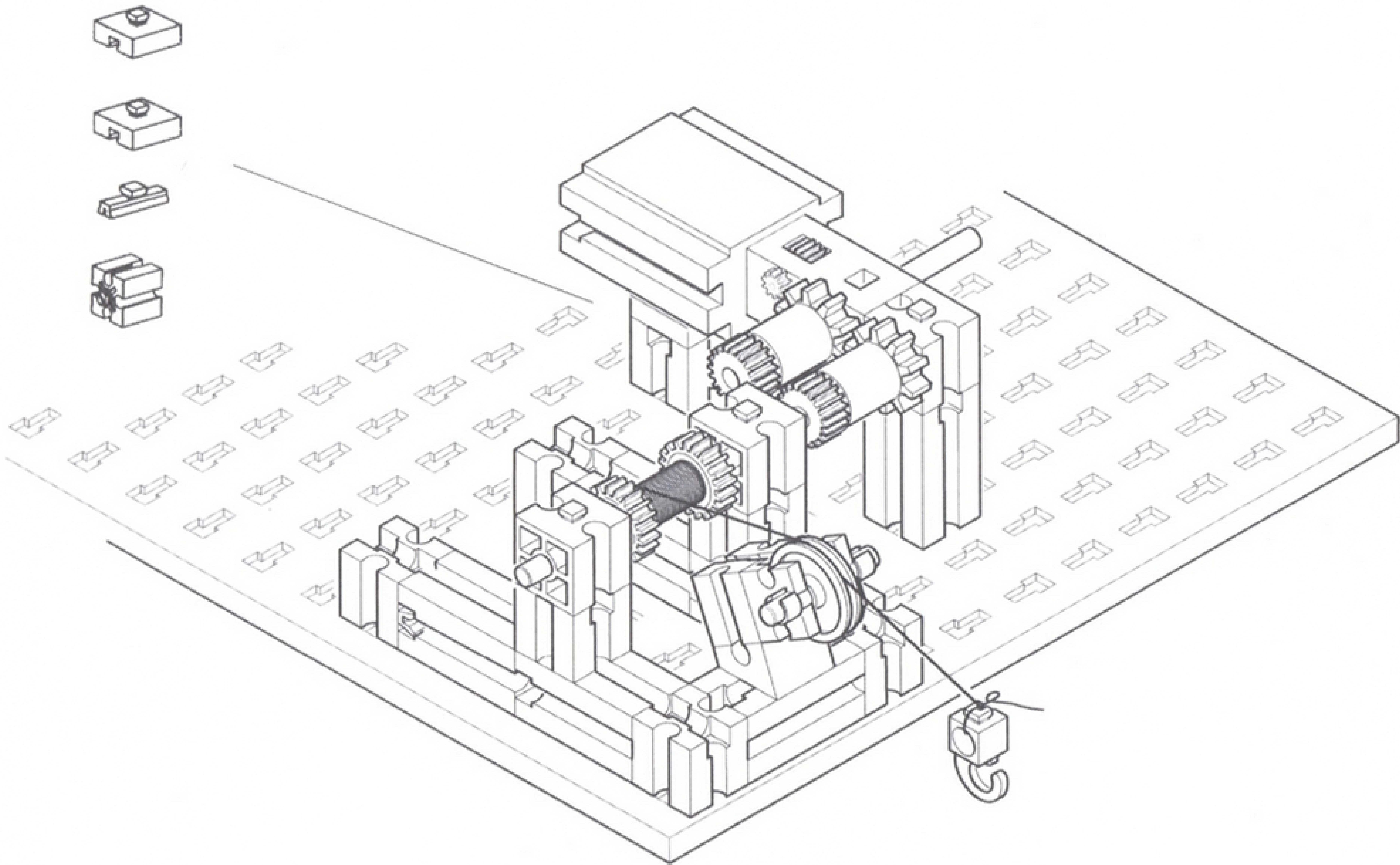
Seilwinde

Von Hand gedrehte Seilwinde

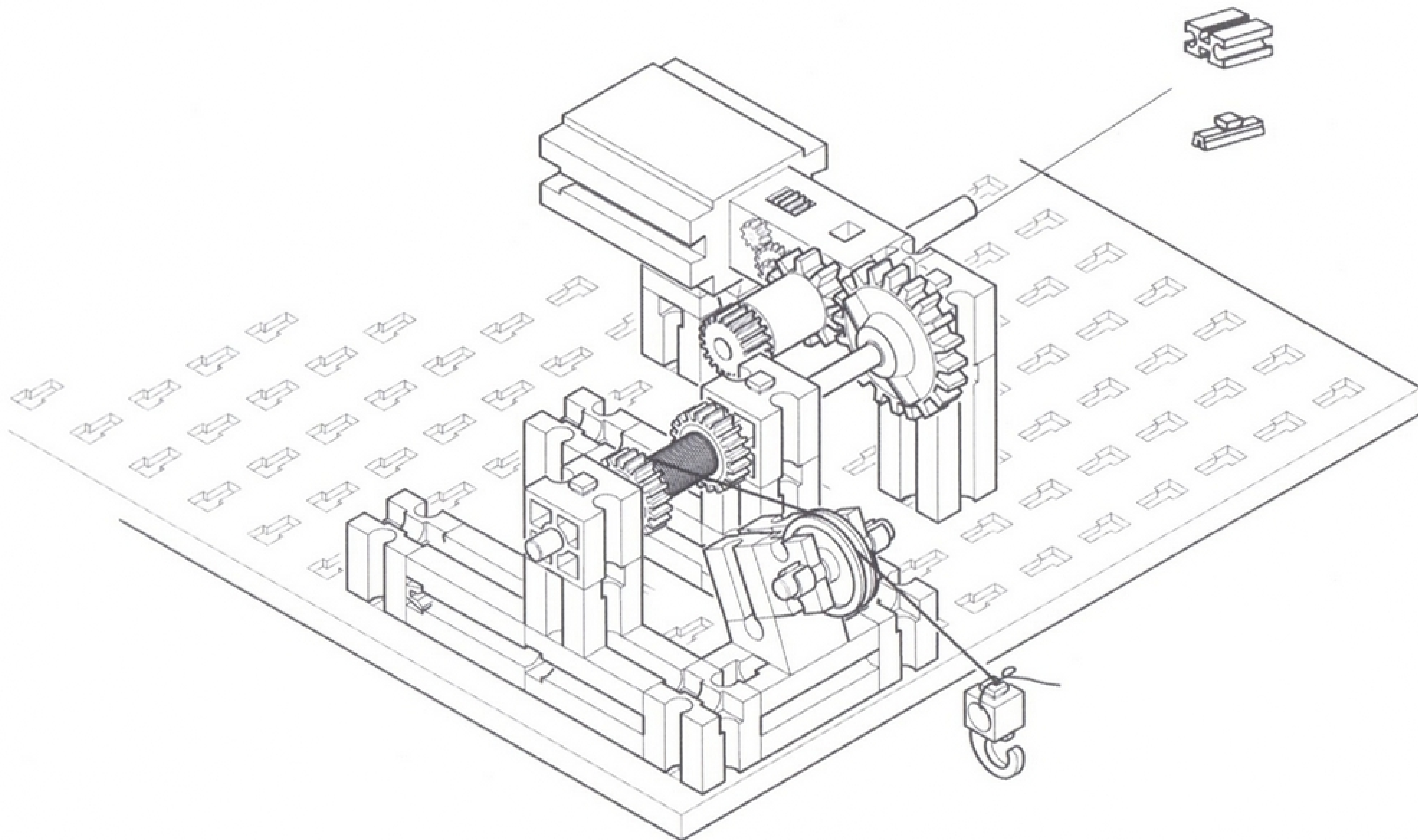
- 7 x 
- 9 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 4 x 
- 1 x 
- 3 x 
- 1 x  30 mm
- 1 x  60 mm
- 1 x  125 mm
- 4 x 
- 1 x 
- 2 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 
- 1 x 



Motorisierte Seilwinde (Übersetzungsverhältnis 1:1)



Motorisierte Seilwinde (Übersetzungsverhältnis 2:1)



mm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

Motorisierte Seilwinde

1) Bevor ihr das Modell der motorisierten Seilwinde baut, schaltet den Stromkreis wie in Abb. 1 gezeigt zusammen.

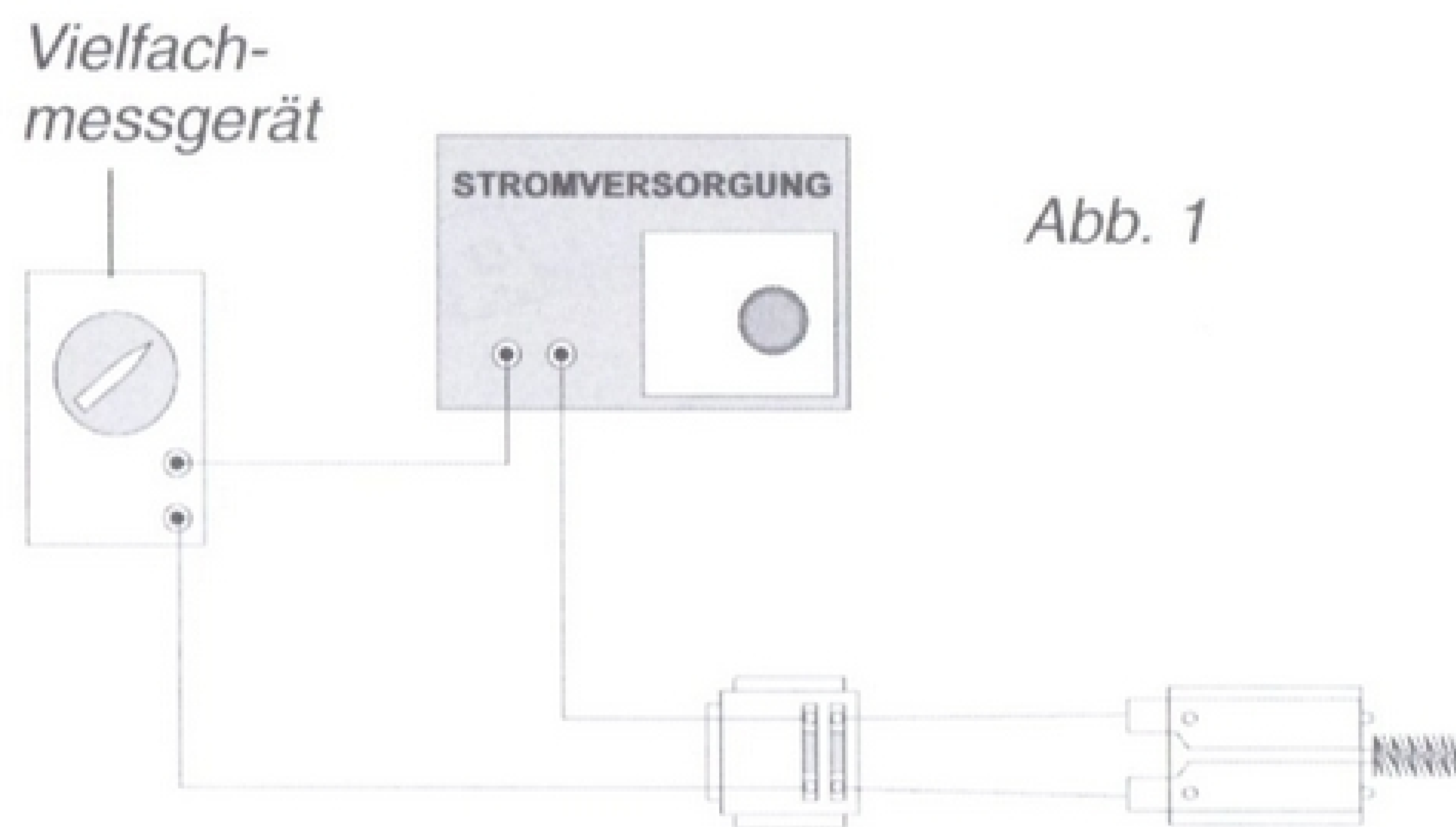


Abb. 1

Stellt das Vielfachmessgerät so ein, dass es Ampere misst. Schaltet den Motor ein und messt den vom Motor gezogenen Strom, wenn er ohne Last läuft. Tragt diesen Wert in die Tabelle ein (Abb. 2).

2) Baut das Modell der motorisierten Seilwinde, das auf der Rückseite des Konstruktionsblattes für Seilwinden gezeigt ist. Lasst das Vielfachmessgerät an den Stromkreis angeschlossen und verwendet es, um die anderen drei Werte in die Tabelle einzutragen. Auf dem Konstruktionsblatt seht ihr, wie das Modell verändert werden muss, um unterschiedliche Übersetzungsverhältnisse zu erzielen.

3) Schaut euch die vier Werte genau an. Schreibt anschließend eure Erklärung auf, um wieviel die vom Motor gezogene Menge an Strom eurer Meinung nach schwankt.

	Stromstärke (Ampere)
Motor läuft ohne Last	
Motor mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 treibt die Seilwinde ohne Last an	
Motor mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 hebt 200 g!	
Motor mit einem Übersetzungsverhältnis von 2:1 hebt 200 g!	

Abb. 2

Elektromotoren

Je größer die Kraft ist, die ein Elektromotor erbringen muss, desto schwerer muss er arbeiten. Je schwerer er arbeiten muss, desto mehr Strom muss er aus der Stromversorgung ziehen.

Durch die Verwendung eines Getriebes mit einem Last-Kraft-Verhältnis von 2 wird die Kraft verringert, die der Motor zum Heben der gleichen Last aufbringen muss.

Kleine Elektromotoren, wie z.B. der Motor von fischertechnik, erzeugen eine hohe Geschwindigkeit und ein niedriges Drehmoment, so dass sie normalerweise zusammen mit mechanischen Systemen verwendet werden müssen, die über ein großes Last-Kraft-Verhältnis verfügen.

Schaut euch sorgfältig die einzelnen Bauteile der mechanischen Systeme an, die in den drei motorisierten Drehscheibenmodellen in Abb. 3 bis 5 an den Elektromotor angeschlossen sind. Berechnet anschließend das Last-Kraft-Verhältnis für jedes System.

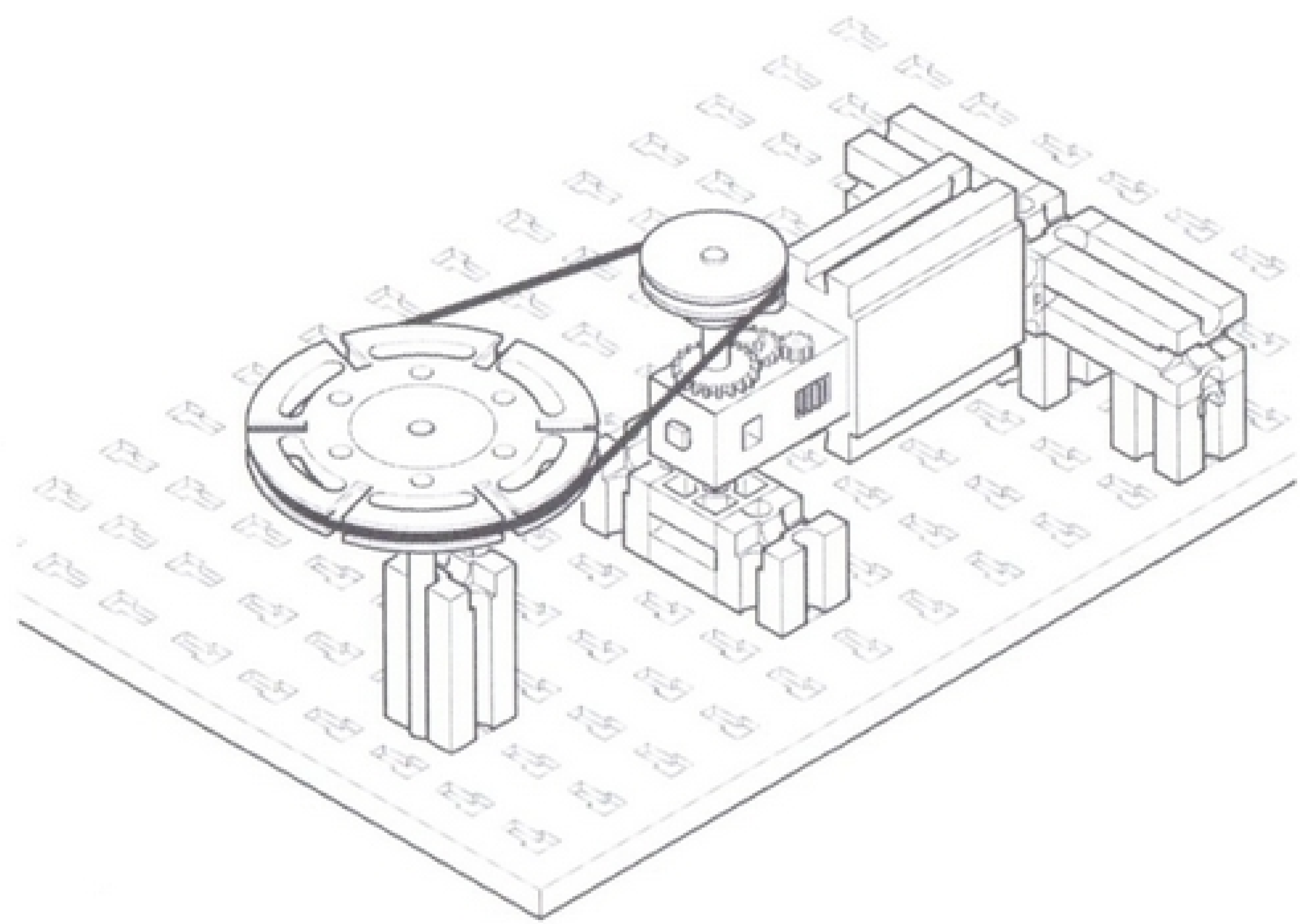


Abb. 3 Motorgetriebe mit Riemenscheiben und Riemen

Abb. 4 Schnecke und Schneckenrad

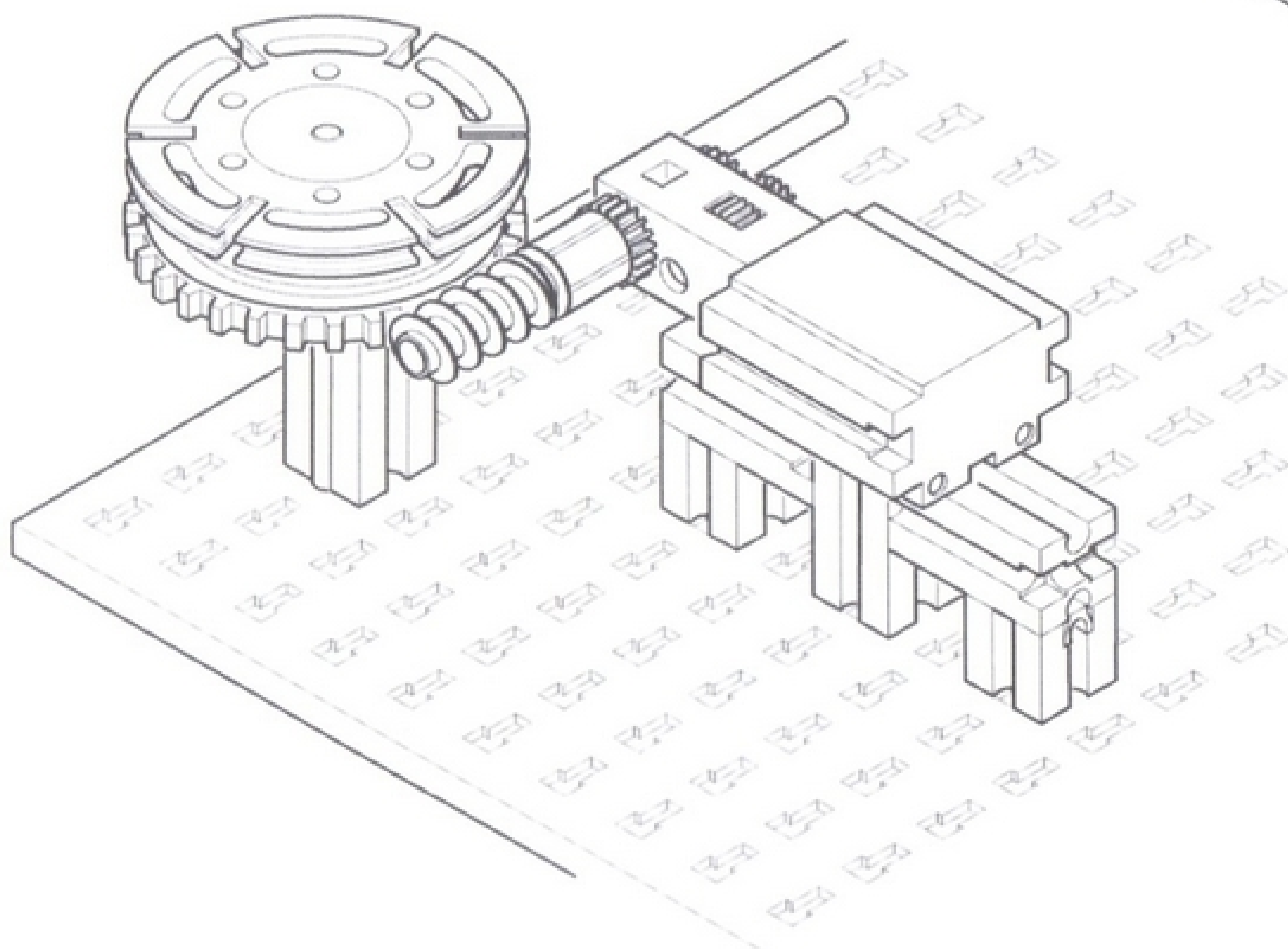
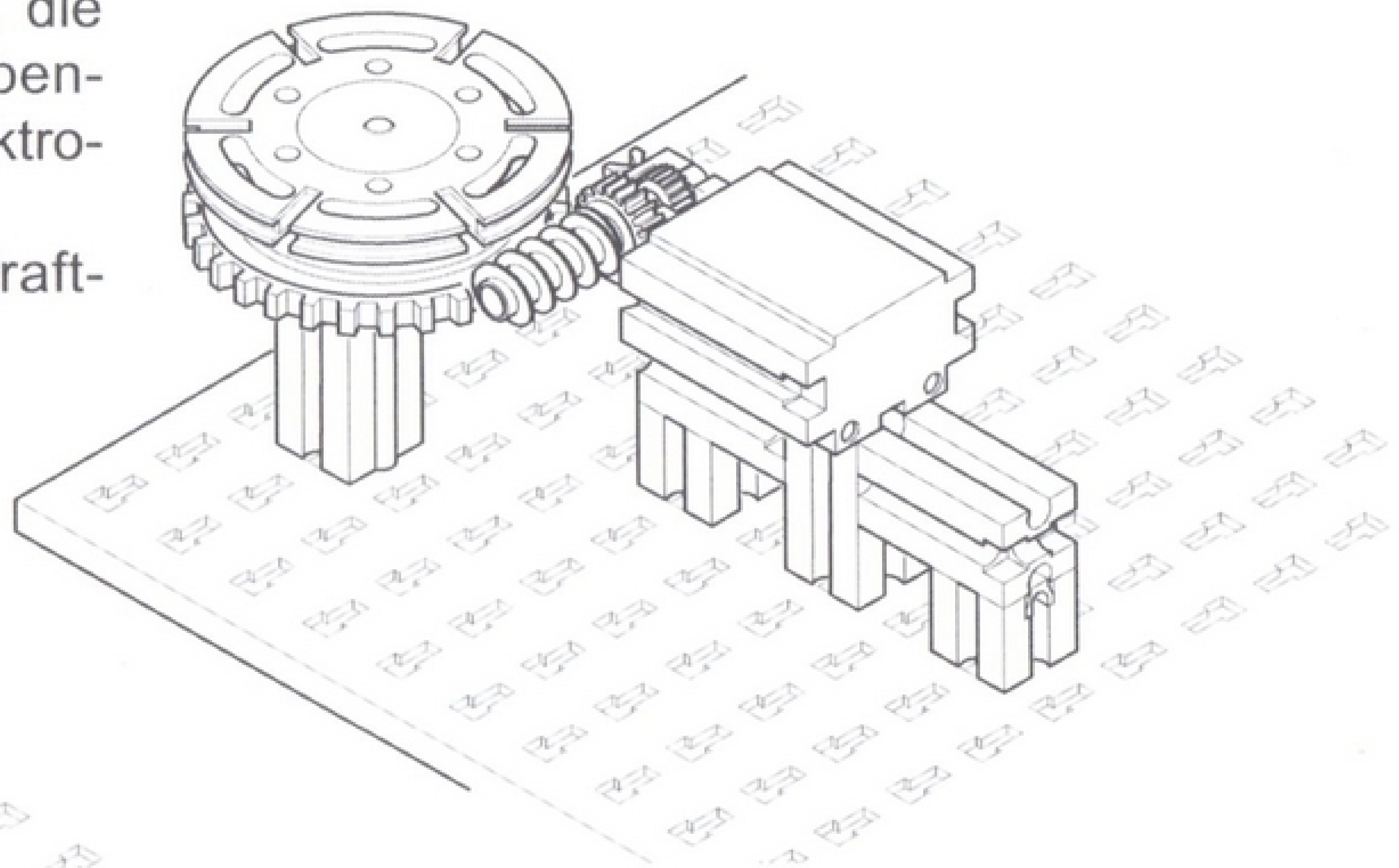


Abb. 5 Motorgetriebe mit Schnecke und Schneckenrad

	Last-Kraft-Verhältnis
Abb. 3	
Abb. 4	
Abb. 5	

Baukästen und Inhalte

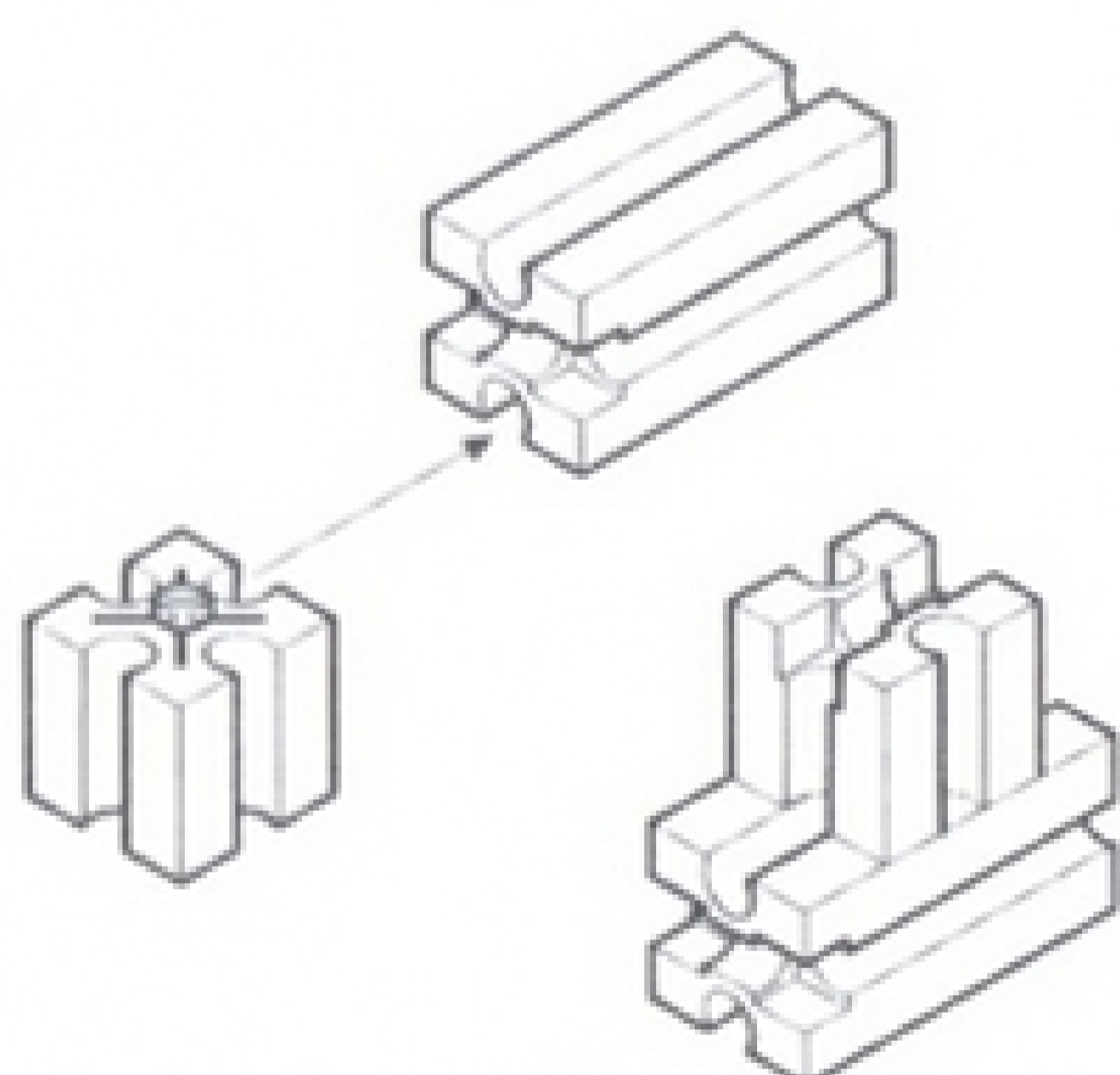
Jeder Baukasten enthält eine Karte, auf der die Menge und die Art der in jedem Fach des Kastens aufbewahrten Bauteile zu finden ist. Jeder Baukasten enthält eine Karte, auf der abgebildet ist, wie die Bauteile in die einzelnen Fächer einsortiert werden.

Lehrer, die die Baukästen bei Versuchen verwendet haben, fanden es nützlich, die Baukästen am Ende jeder Unterrichtsstunde zu überprüfen. Sie haben die Kästen auch nummeriert und festgehalten, welche Gruppe welchen Baukasten verwendet hat, so dass eine Gruppe denselben Baukasten während des gesamten Kurses verwendet hat und dafür verantwortlich war.

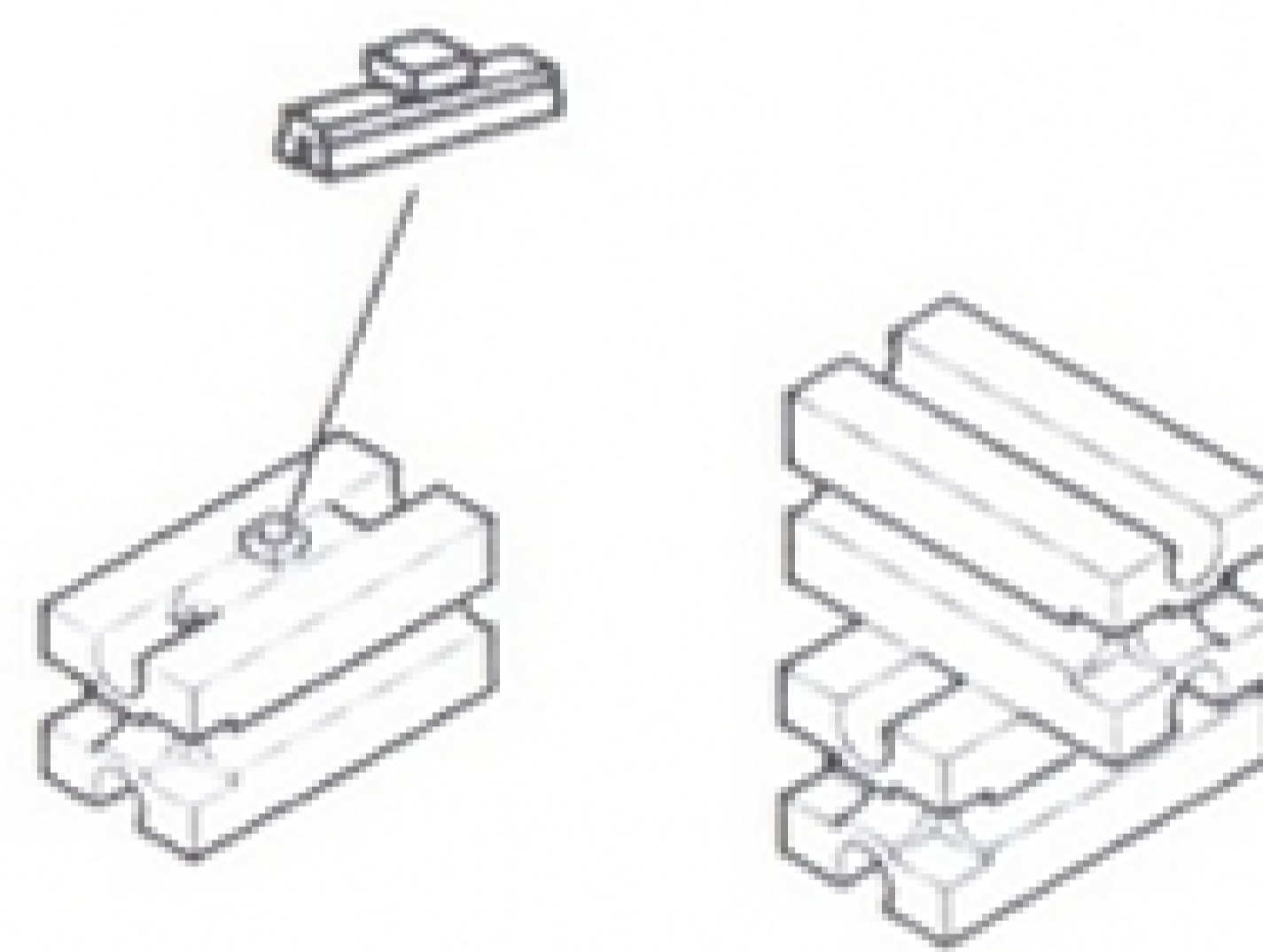
Die Baukästen werden in der Regel gebrauchsfertig geliefert, mit folgenden Ausnahmen: Die Kette wird in die einzelnen Glieder zerlegt geliefert, die zusammengesteckt werden müssen. Das Kardangelenck muss montiert werden.

Das Konstruktionssystem von fischertechnik

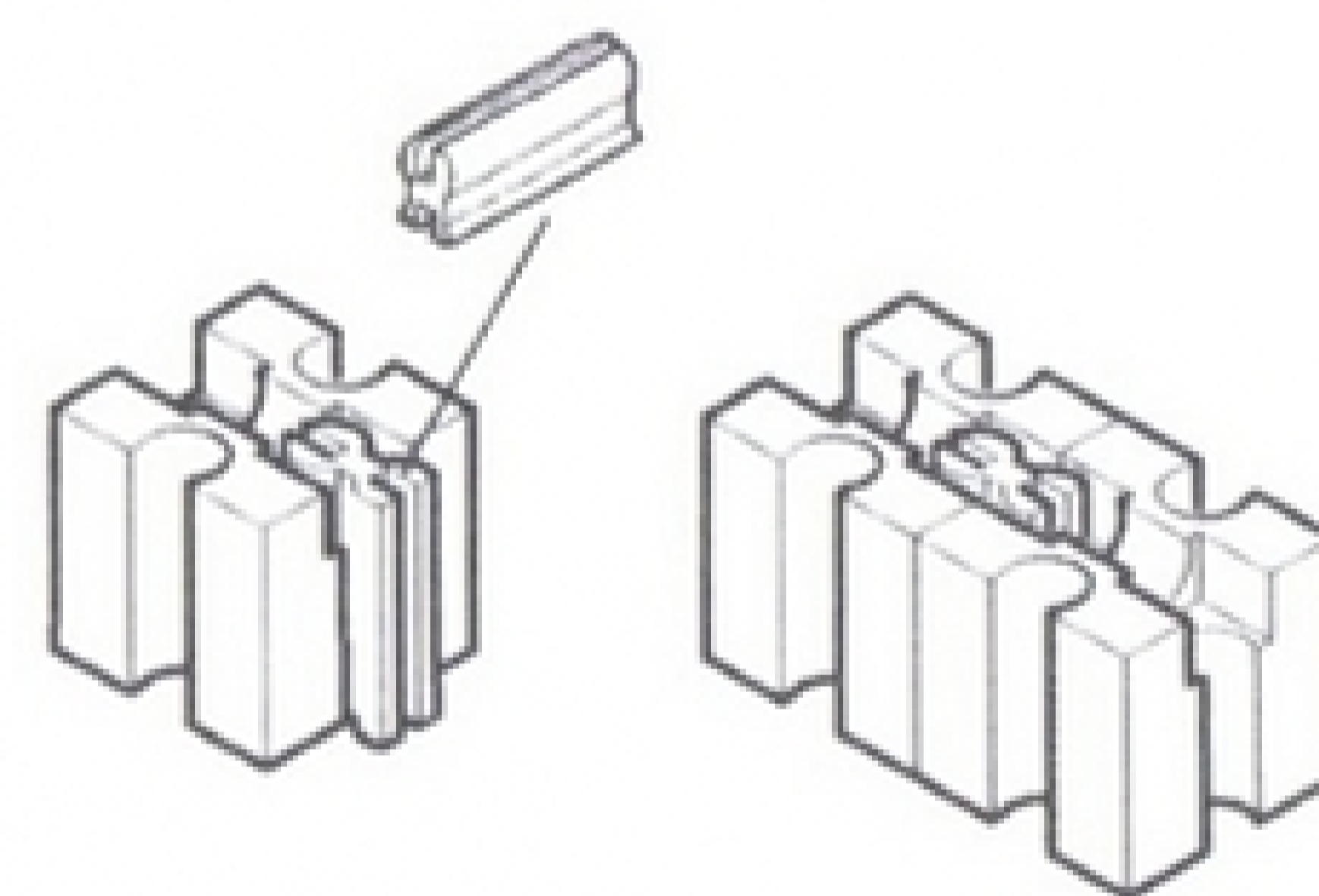
Bausteine und Verbindungsstücke



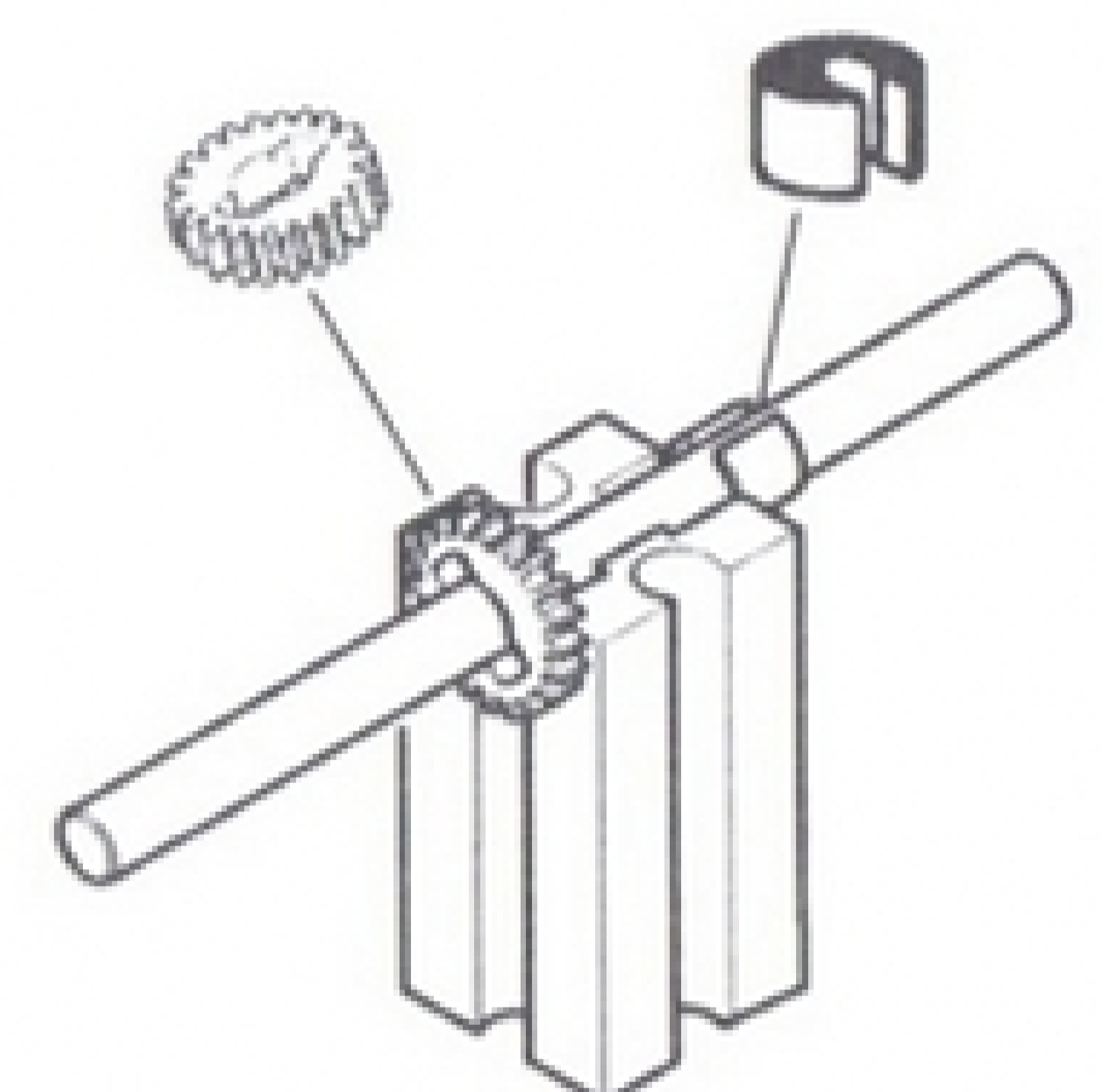
Verbinden Sie die Bausteine, indem Sie die Zapfen in die Nuten schieben.



Der sog. Federnocken verwandelt eine Nut in einen Zapfen.



Durch das Verbindungsstück werden nebeneinander stehende Bausteine verbunden.



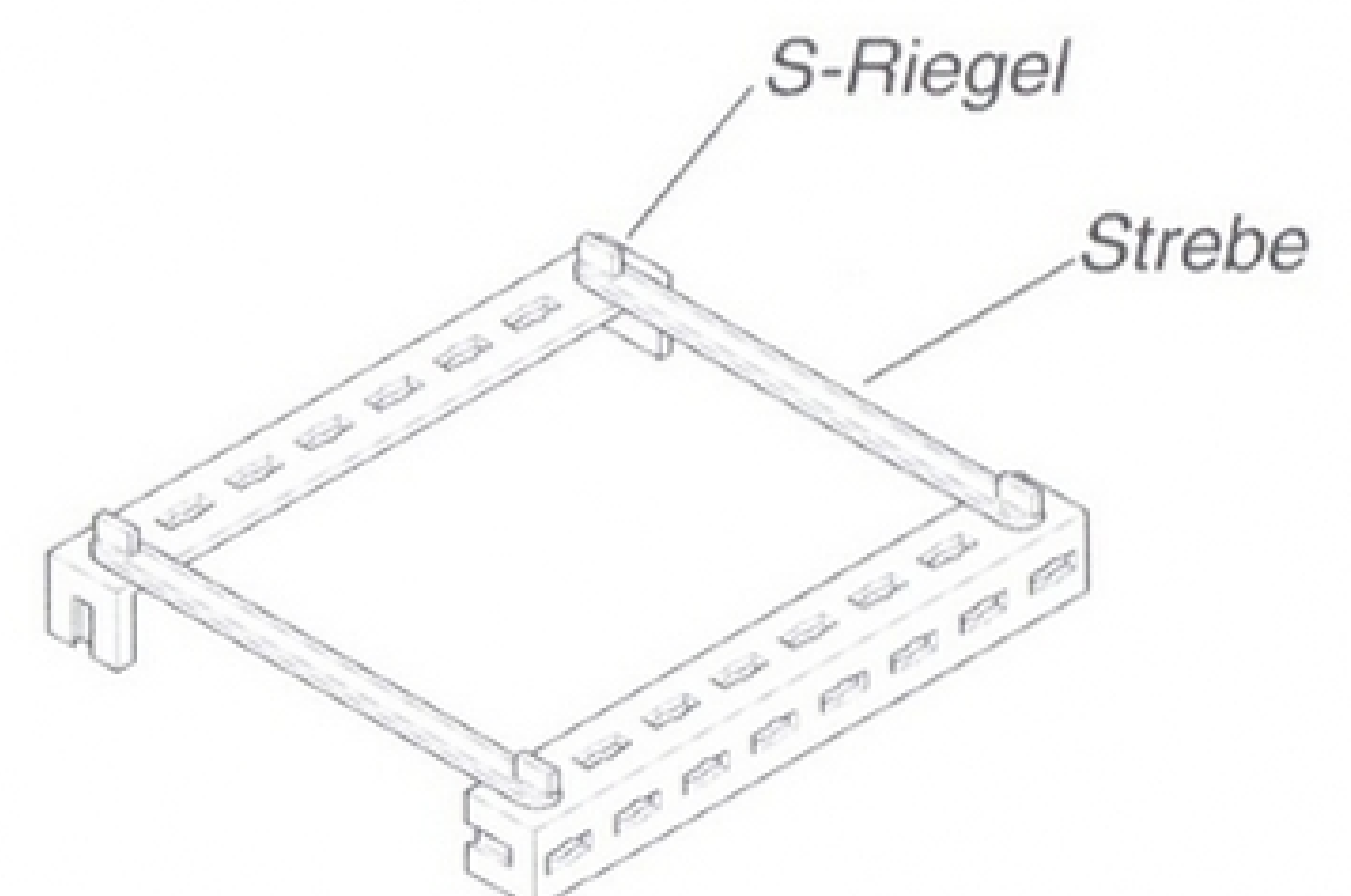
Befestigen Sie die Achsen entweder mit einer Riegelscheibe oder einer Klemmbuchse.

Mit diesem Bauteil werden zwei Metallachsen verbunden.



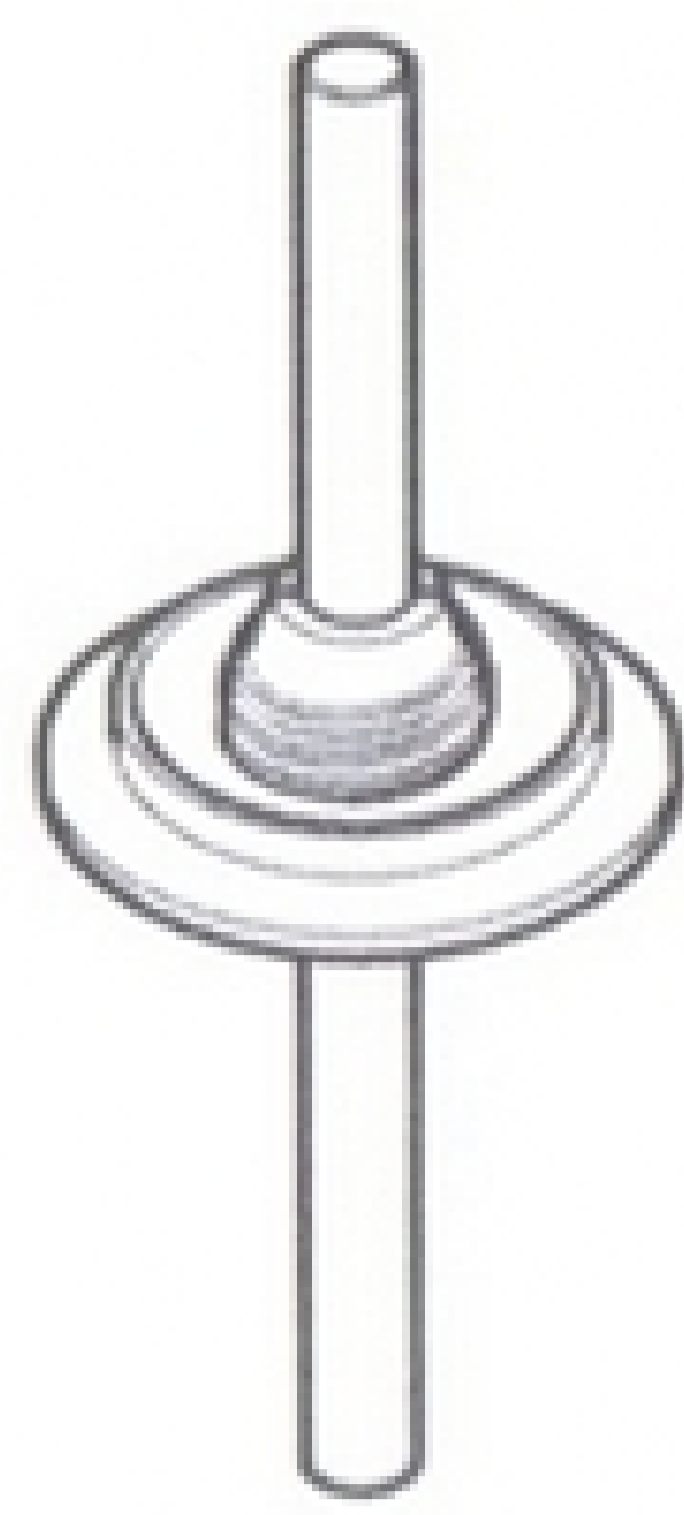
Lernbaukasten „Statik“

Zusätzlich zur standardmäßigen Verbindungsmethode mittels Zapfen und Nut wird in diesem Baukasten ein Statik-Riegel (kurz „S-Riegel“) verwendet um Verbindungen zwischen Streben und Winkelträgern herzustellen.

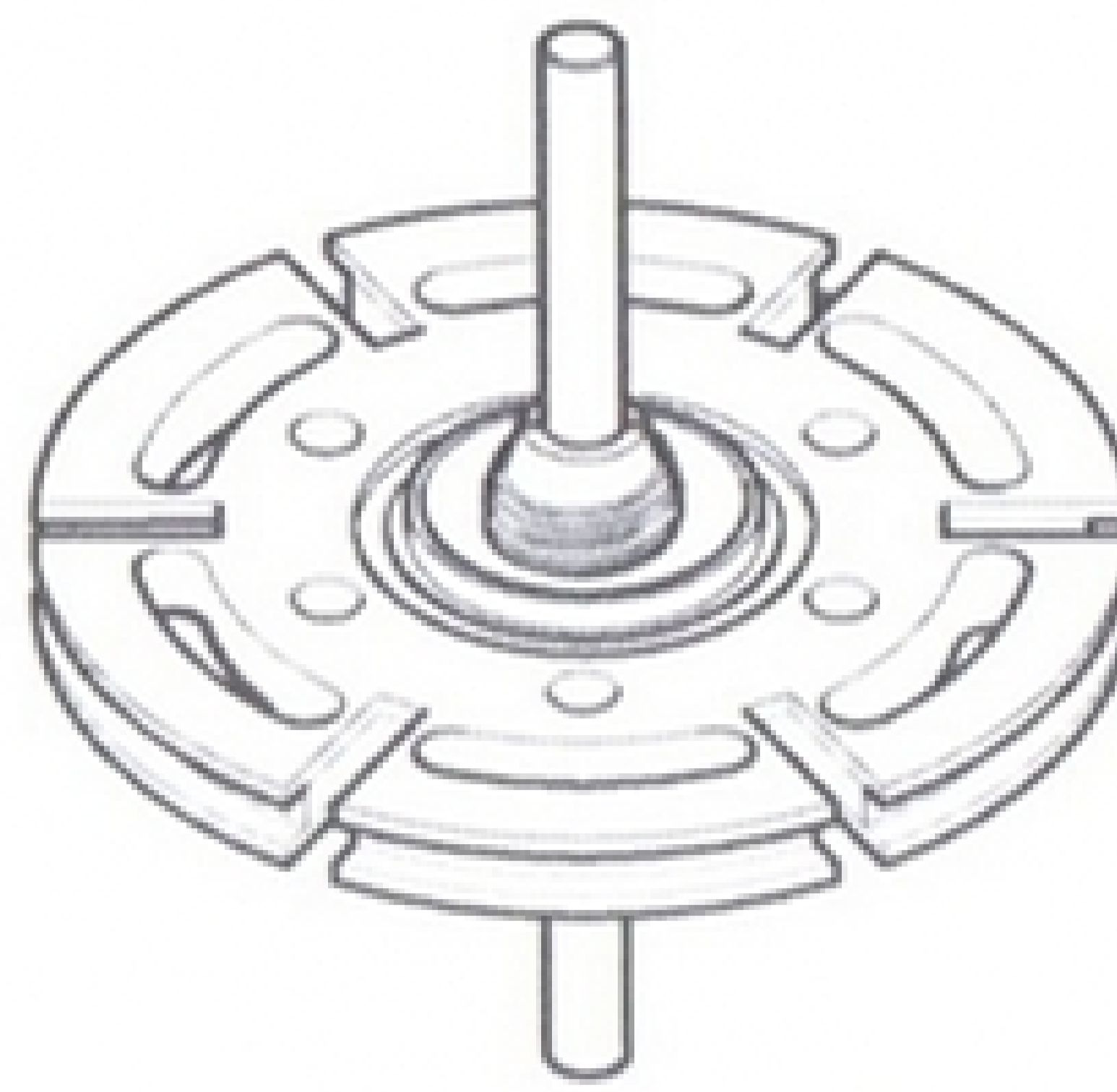


Räder

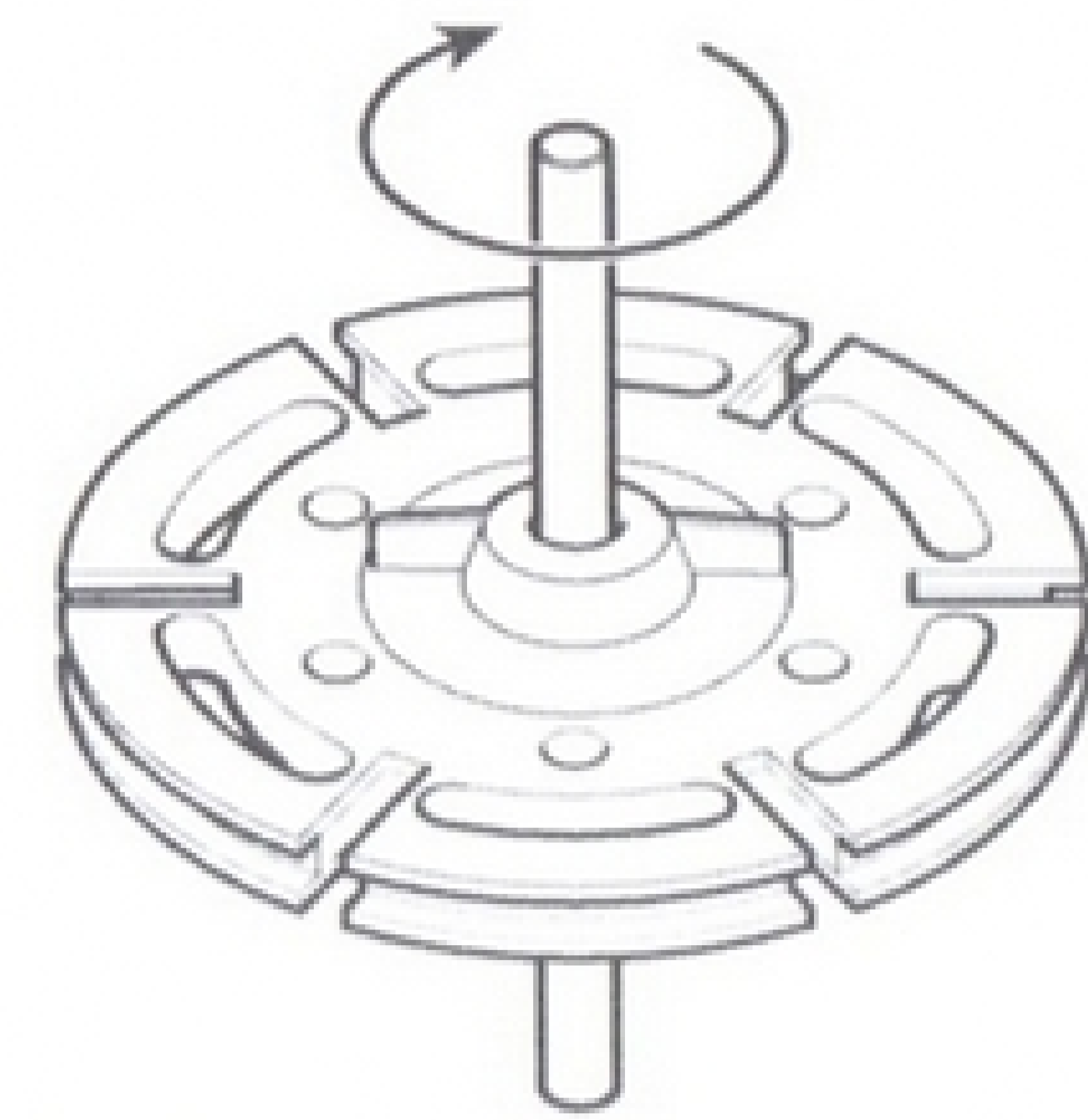
Die meisten Räder werden auf den Achsen durch eine Nabe mit Nabenmutter festgeschraubt.



1) Schieben Sie die Nabe auf die Achse.



2) Legen Sie das Rad auf die Nabe.

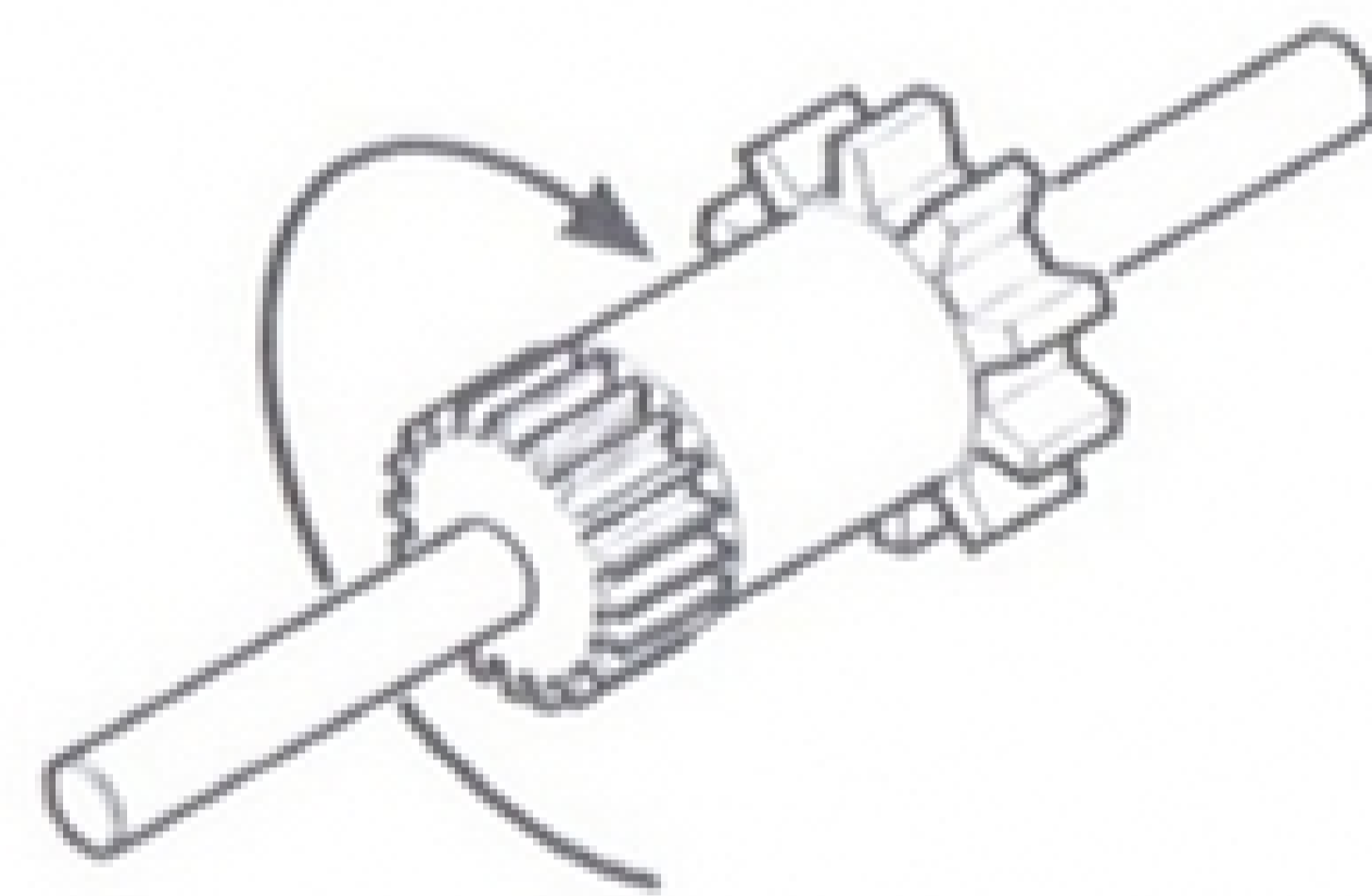


3) Schrauben Sie die Nabenmutter fest.

Nabenmutter

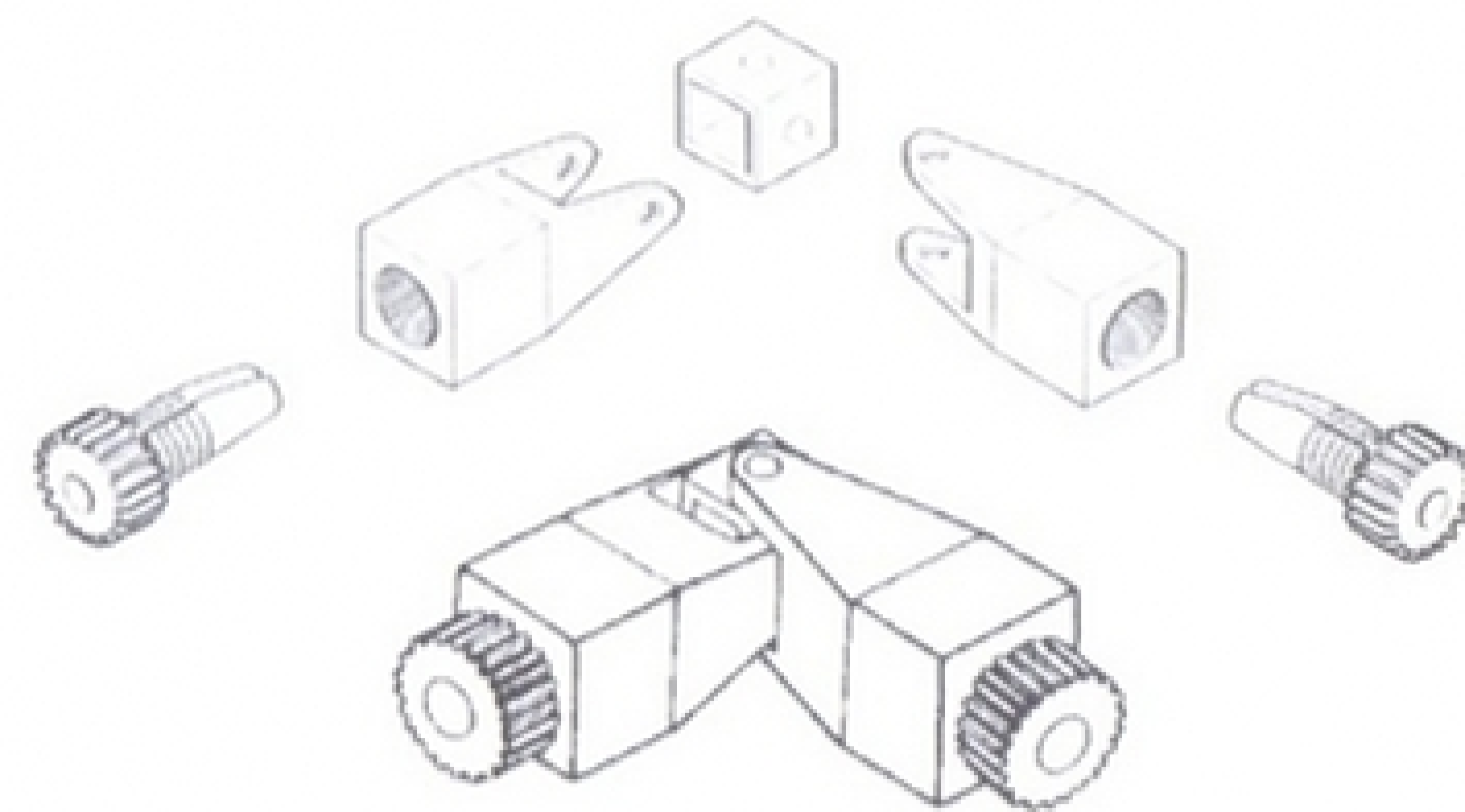
Nabe

Bei den unten gezeigten Bauteilen wird das Schraubsystem auf eine etwas andere Weise verwendet.



Kardangelenk

Stecken Sie den Kardanwürfel zwischen die beiden Teile des Kardangelenks und schrauben Sie eine Spannzange in beide Kardangelenteile hinein.



Kette

Stecken Sie die Kettenglieder zusammen um eine Kette zu bilden. Eine Kette kann gekürzt werden, indem die Verbindung zwischen zwei Gliedern vorsichtig auseinander gezogen wird.

Schüler in das fischertechnik-System einführen

Während der Versuche mit den Lernbaukästen haben Lehrer herausgefunden, dass die Schüler durch eine kurze Einführung in das fischertechnik-System auf der Grundlage der oben aufgeführten Anweisungen sehr schnell mit der Benutzung vertraut wurden. Dies geschah normalerweise in Form einer Vorführung durch den Lehrer, aber es wurden auch Übungen eingesetzt um sich schnell mit dem System vertraut zu machen, wie z.B. indem verschiedene Bauteile an jeder der sechs Seiten eines Bausteins oder zwei verschiedene Bauteile an einer Achse befestigt wurden. Das Konstruktionsblatt für das Fahrgestell wurde ebenfalls gelegentlich dazu verwendet um die Schüler mit dem System vertraut zu machen. Die Schüler fanden den folgenden Ansatz zum Bau eines Modells mit einem Konstruktionsblatt hilfreich.

- 1) Sammelt zuerst die Teile.
- 2) Schaut euch das endgültige Bild an um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie das fertig gestellte Modell aussieht.
- 3) Befolgt die Konstruktionsstufen der Reihenfolge nach.
- 4) Verwendet ein Lineal auf dem Blatt um die richtige Länge der Achse herauszufinden.
- 5) Schaut euch die Stellen an, an denen ein Bauteil auseinander gezogen dargestellt ist, da dies aus der Hauptzeichnung nicht ersichtlich ist.
- 6) Ist das Modell fertig, überprüft, ob alles korrekt ausgerichtet ist und fehlerfrei läuft. Denkt daran, dass ihr die fischertechnik-Bauteile verschieben könnt um eine Feineinstellung zu erreichen.

Aufgabe 1

Blätter

Mechanik, eine Drehbewegung übertragen: 1, eine Drehbewegung übertragen: 2, Hausaufgabe 1 zum Thema „Mechanismen“.

Konstruktionsblätter für: Schneckenradgetriebe, Zahnkränze und Ritzel, Universalgelenk, Kegelradgetriebe.

Ziele

Die Schüler sollten folgendes lernen:

- dass es sich bei einem Mechanismus um ein System mit einer Eingabe und Ausgabe handelt und sie sollten dies in bekannten Produkten wieder erkennen;
- dass ein mechanisches System verwendet werden kann um Bewegung und Kraft zu übertragen und zu ändern;
- die Bedeutung des Begriffs „Drehbewegung“.

Sie untersuchen eine Reihe von Mechanismen, welche die Richtung der Drehbewegung um 90° ändern. Sie lernen aus dieser Untersuchung, einen entsprechenden Mechanismus auszuwählen, der eine bestimmte Anforderung erfüllt.

Die Hausaufgabe ist dazu gedacht, das Gelernte zu vertiefen und in einem anderen Kontext anzuwenden.

Anmerkungen

1) Die Einführung in die Mechanik kann beträchtlich verbessert werden, indem im Klassenzimmer eine Reihe von bekannten Gegenständen zur Verfügung stehen, die relativ einfache, zugängliche und sichtbare Mechanismen besitzen.

2) Bei dem in Hausaufgabe 1 gezeigten Mechanismus des Gitarrenwirbels handelt es sich um ein Schneckenradgetriebe. Dieser Mechanismus erleichtert das Festziehen der Saite, da er das Drehmoment erhöht. Er ist nicht umkehrbar, so dass sich die Saite nicht abwickelt, wenn der Wirbel losgelassen wird. Bei den Mechanismen, die am wahrscheinlichsten während der Hausaufgabe verwendet werden, handelt es sich um: a) Kegel-

radgetriebe, b) Zahnkränze und Ritzel mit dem Ritzel als Ausgabe und c) Zahnkränze und Ritzel mit dem Ritzel als Eingabe.

3) Viele der Aktivitäten in diesem Kurs erfordern von den Schülern, Mechanismen zu zeichnen. Sie sollten ermutigt werden, die Art der vereinfachten Darstellung zu verwenden, die auf den Konstruktionsblättern gezeigt ist.

Aufgabe 2

Blätter

Eine Drehbewegung in eine lineare Bewegung umwandeln, Gelenke, Hausaufgabe 2 zum Thema „Mechanismen“.

Konstruktionsblätter für Schraubenspindel und Zahnstangen.

Ziele

Die Schüler sollten folgendes lernen:

- die Bedeutung des Begriffes „lineare Bewegung“;
- dass Mechanismen eine Drehbewegung in eine lineare Bewegung und umgekehrt umwandeln können;
- dass die Position eines Drehpunktes in einem Gelenkmechanismus die relative, von der Eingabe und der Ausgabe zurückgelegte Entfernung beeinflusst;
- den Aufbau eines parallelen Gelenks.

Bei der Hausaufgabe wird den Schülern gelehrt, wie der lineare Abstand berechnet wird, der von einem Zahnstangen- oder Schraubenspindelmechanismus erzeugt wird. Die Hausaufgabe beinhaltet ebenfalls eine Konstruktionsaufgabe auf der Grundlage von Gelenken.

Anmerkungen

1) Viele Schüler sind mit der Verwendung von Gelenken in Bezug auf funkgesteuerte Autos oder Boote vertraut, bei denen sie verwendet werden, um die von einem Servo (Steuerung mit einem Hilfsmotor) gelieferten Bewegungen zu verstärken. Die Vorstellung von entsprechenden Änderungen in der Kraft, die durch die Änderung der zurückgelegten Entfernung hervorgerufen werden, wird in Abschnitt 2 über Hebel im Kurs „Mechanik: 2“ behandelt.

„Mechanik“: 1

2) Die Antworten auf die Fragen in der Hausaufgabe 2 lauten: 30 mm, 4 Umdrehungen, 240 Umdrehungen.

3) Die Konstruktionshausaufgabe wurde in einer der Versuchsschulen erfolgreich als Konstruktions- und Herstellungsaufgabe mit Holz eingesetzt. Der Baukasten ist ein nützliches Mittel, um Ideen für Gelenke in Modelle umzusetzen. Unter Verwendung der auf den Blättern „Gelenke“ gezeigten Konstruktionen können Schüler die Positionen von festen und beweglichen Drehpunkten ausarbeiten und die Maße ausmessen, die für die Erzeugung der erforderlichen Bewegung benötigt werden. Die Herstellung von Gelenken auf diese Weise lenkt auch die Aufmerksamkeit auf die Notwendigkeit von Führungen, um eine genaue Bewegung der verschiedenen Teile des Systems sicherzustellen.

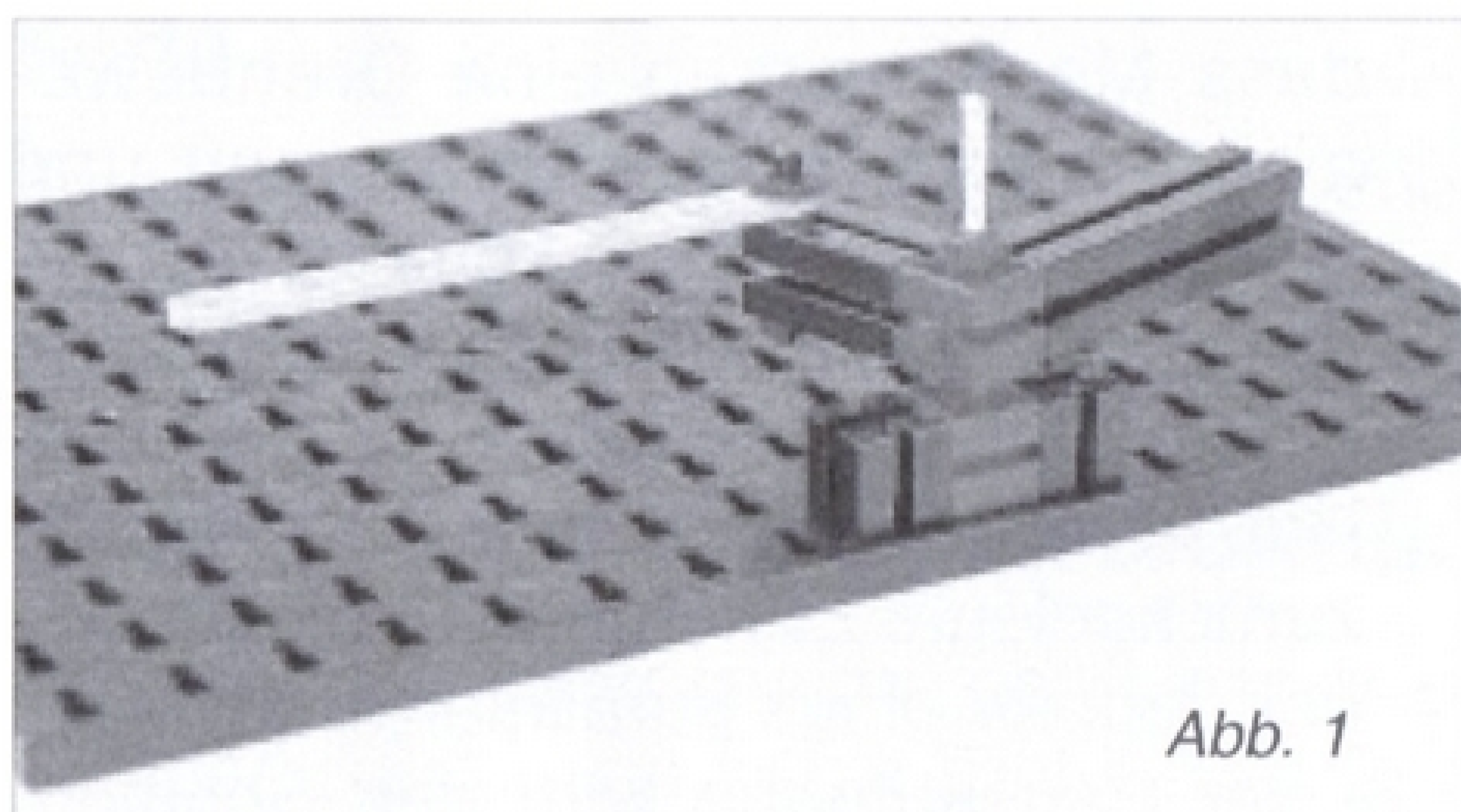


Abb. 1

Abb. 1 zeigt wie ein Gelenkmechanismus für eine Glocke mit Hilfe des Baukastens hergestellt werden kann.

Aufgabe 3

Blätter

Hin- und Herbewegung und schwingende Bewegung 1 und 2, Hausaufgabe 3 zum Thema „Mechanik“.

Konstruktionsblätter für Kurbel und Schieber sowie Nocken und Stößel.

Ziele

Die Schüler sollten folgendes lernen:

- die Bedeutung der Begriffe „Hin- und Herbewegung“ und „schwingende Bewegung“;
- dass Mechanismen eine Drehbewegung in eine Hin- und Herbewegung

- sowie eine schwingende Bewegung umwandeln können;
- wie die von einem Stößel und einem Schieber zurückgelegte Entfernung berechnet wird.

Die Hausaufgabe ist dazu gedacht, das in den Lektionen Gelernte zu vertiefen und in einem anderen Kontext anzuwenden. Die Hausaufgabe beinhaltet ebenfalls eine Konstruktionsaktivität auf der Grundlage einer einfachen Automation.

Anmerkungen

Die Antwort auf Frage 2 der Hausaufgabe lautet 120 mm.



Schüler führten diesen Kurs über Mechanik erfolgreich mit einer Konstruktions- und Herstellungsaufgabe durch, bei der sie Automaten mittels Holz und Karton herstellten, wobei sie besonders von dem Wissen einbrachten, was sie in dieser Lektion gelernt hatten.

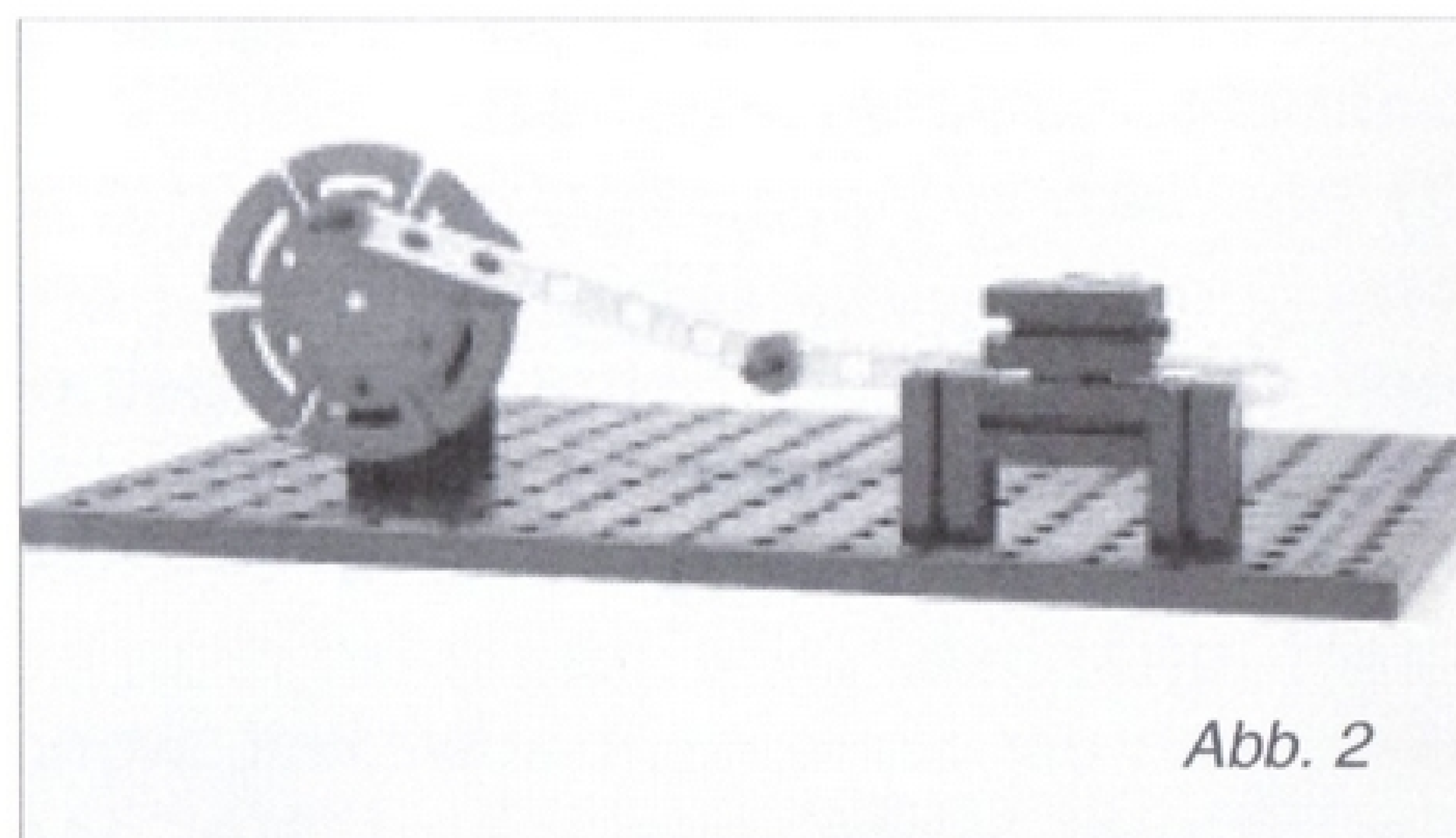
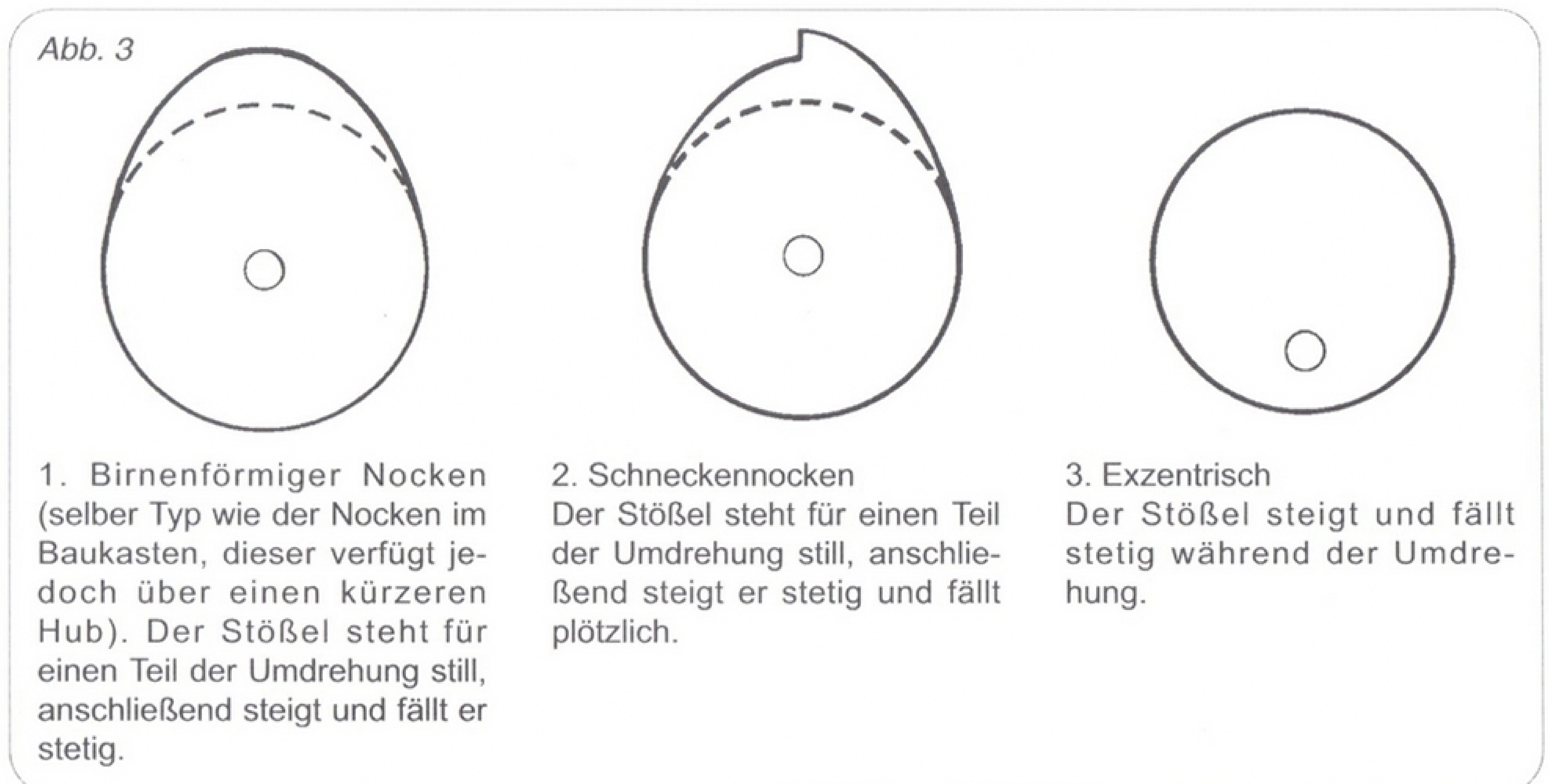


Abb. 2

Abb. 2 zeigt eine Alternative zur Herstellung eines Kurbel- und Schiebermechanismus, der aus Holz nachgebaut werden kann.

Unter Verwendung der Nockenscheibe von Fischertechnik als Schablone können Nocken aus Sperrholz oder Multiplex hergestellt werden. Abb. 3 zeigt die drei grundlegenden Typen von Nocken sowie die Art der Bewegung, die sie erzeugen. Wird ein Loch mit einem Durchmesser von 4 mm in den Nocken gebohrt, kann er mit dem Nocken- und Stößelmodell von Fischertechnik ausprobiert werden.



Aufgabe 4

Blätter

Eine Drehbewegung übertragen: 3, Aufgabe 1 und/oder 2 zum Thema „Konstruktion eines Mechanismus“.

Konstruktionsblätter für Riemenscheiben und Riemen sowie für ein einfaches Getriebe.

Die Schüler sollten folgendes lernen:

- dass Mechanismen eine Drehbewegung zwischen parallelen Achsen übertragen und die Richtung der Bewegung ändern können;
- ein qualitatives Verständnis, dass diese Mechanismen die Geschwindigkeit und das Drehmoment ändern können und dass beide Änderungen miteinander in Verbindung stehen.

Sie haben die Gelegenheit, das in die Praxis umzusetzen, was sie in einer Problemlösungsaktivität gelernt haben. In dieser Lektion werden entweder eine oder beide (um eine Auswahl anzubieten) der Konstruktionsaufgaben als Hausaufgabe verwendet.

Bei jeder Aufgabe müssen die Schüler das einsetzen, was sie in allen vier Lektionen gelernt haben. Sie müssen die entsprechenden, miteinander verbundenen Mechanismen so auswählen, dass eine Drehbewegung von den Rädern übertragen und anschließend so geändert wird, dass eine andere Bewegung entsteht.

Dahinter steht die Absicht, dass Schüler ein Fischertechnik-Modell auf der Grundlage ihrer Konstruktion in der folgenden Lektion bauen.

Anmerkungen

1) Viele der in diesem Kurs gebauten mechanischen Modelle bieten die Gelegenheit, den Bedarf an steifen Strukturen zu erörtern, die den dynamischen Kräften widerstehen, die aufgebracht werden, wenn der Mechanismus eingesetzt wird. Effektive Strukturen sind besonders bei mechanischen Systemen wichtig, da bewegliche Teile korrekt ausgerichtet bleiben müssen. Die Verwendung von zwei Stützen für eine Achse und die Verwendung von roten Platten in Modellen

„Mechanik“: 1

mit Nocken und Stößel sowie Riemen-scheiben und Riemen sind ein gutes Beispiel hierfür. Die große Grundplatte sorgt natürlich für Stabilität, dies kann jedoch auch gelten, wenn Schüler ihre eigenen Modelle mit anderen Materialien bauen. Die Problemlösungsaktivität in dieser Lektion sieht so aus, dass zum ersten Mal während des Kurses Schüler aufgefordert werden, den Baukasten zu verwenden um ein eigenes Modell zu bauen. Daher wird hier am wahrscheinlichsten das Thema der Wirksamkeit von tragenden Strukturen angesprochen.

2) Die Konstruktionsblätter „Fahrgestell“ und „Wasserrad“ sind dazu gedacht, die Konstruktionsaufgaben zu unterstützen, um Zeit zu sparen und die Aufmerksamkeit auf das mechanische System zu lenken. Alternativ dazu könnten Schüler aufgefordert werden, das ganze Modell selbst zu konstruieren. Falls Sie möchten, dass die Schüler die Konstruktionsblätter verwenden, könnten Sie das Bild des fertigen Modells zum Hausaufgabenblatt hinzufügen, damit die Schüler ihre eigene Konstruktion entwickeln können.

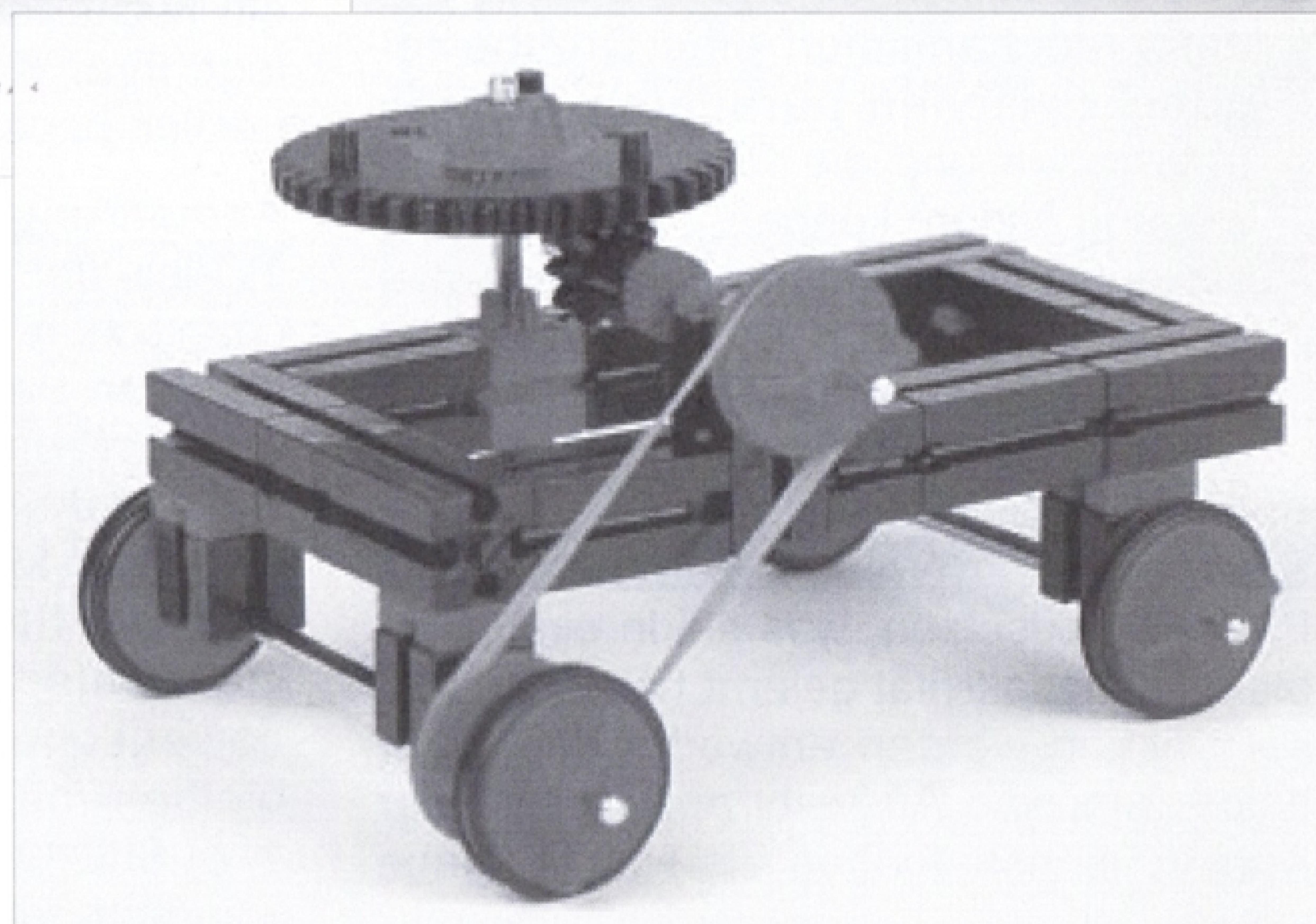
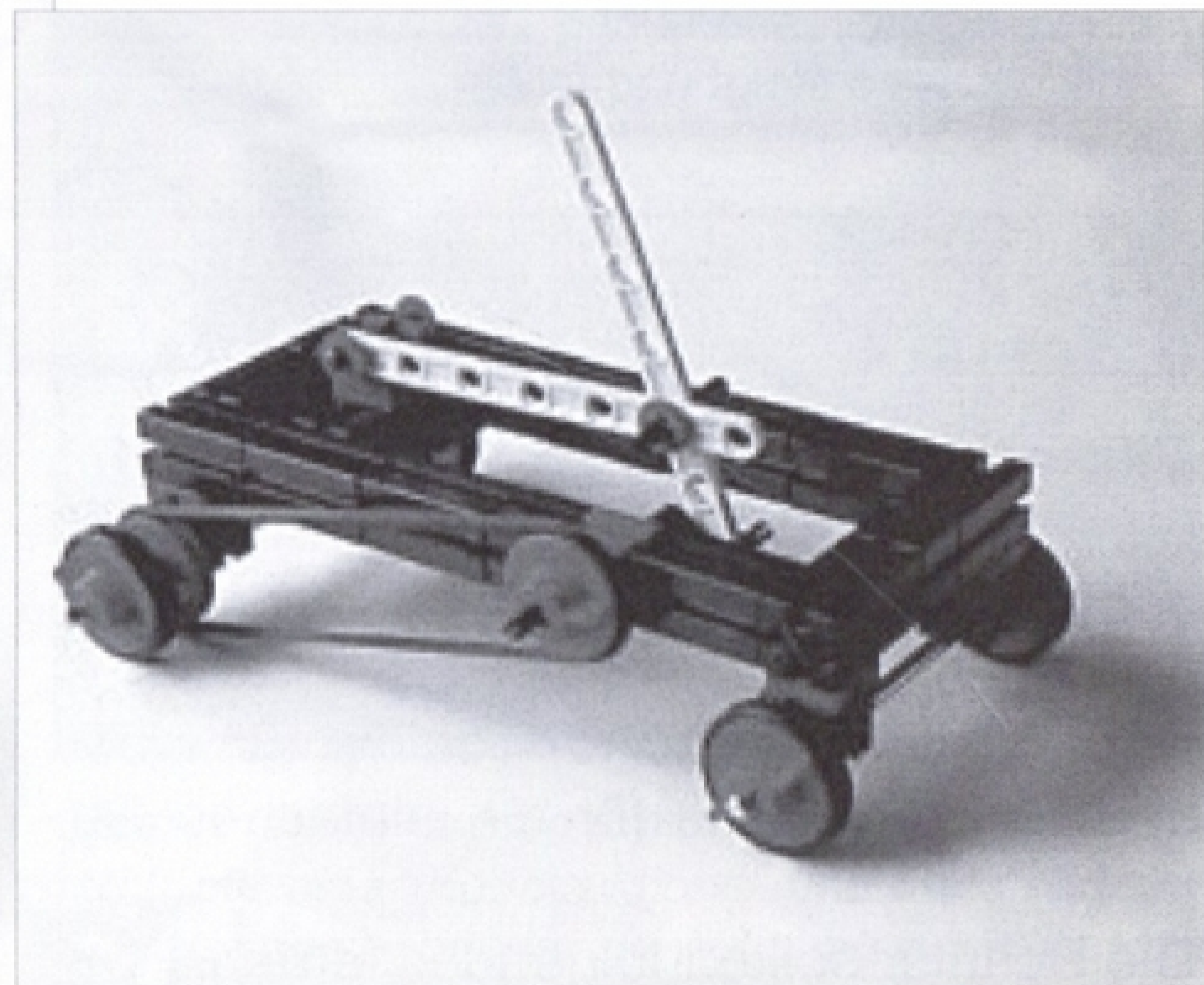
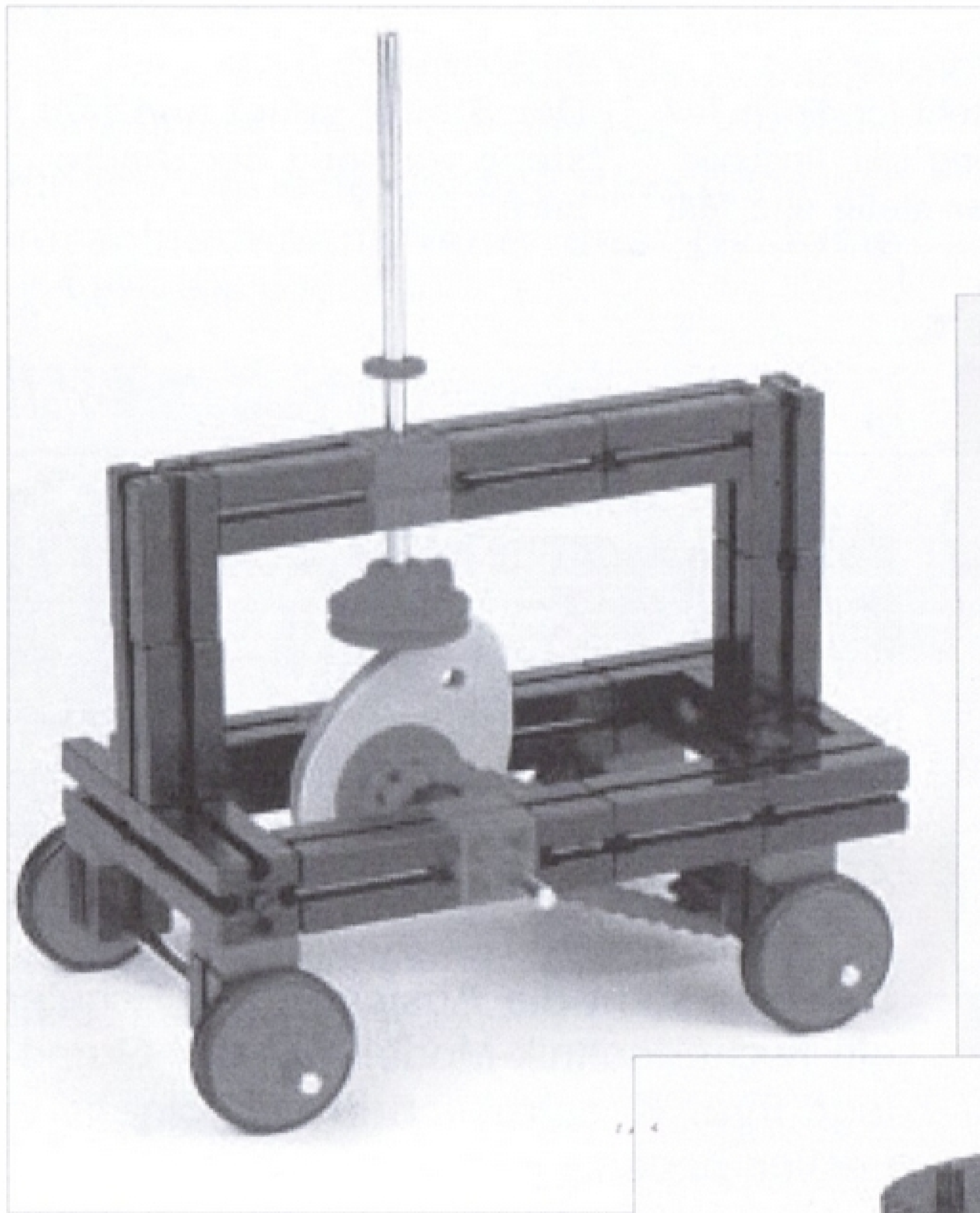


Abb. 4
Spielzeugmodelle zum Hinterherziehen als Beispiele für die Aufgabe 1 zum Thema „Konstruktion eines Mechanismus“.

Aufgabe 5

Blätter

Konstruktionsblätter für Fahrgestell und Wasserrad, falls erforderlich

Ziele

Die Schüler verwenden den Baukasten, um einen Gegenstand selbst zu konstruieren. Sie beweisen, dass sie über das Wissen und das Verständnis hinsichtlich Mechanismen verfügen, das sie während des Kurses erworben haben.

Anmerkungen

1) In Abbildung 4 sind einige der Spielzeugmodelle zum Hinterherziehen zu

sehen, die von Schülern einer der Versuchsschulen mit Hilfe des Baukastens hergestellt wurden.

2) Das folgende Quiz wurde in den Versuchsschulen am Ende des Kurses erfolgreich eingesetzt. Ein Referenzbaukasten „Mechanik“ von fischertechnik war in diesem Fall besonders nützlich, um die Schüler an die Mechanismen zu erinnern, die ihnen während des Kurses begegneten. Ein Satz aufgebauter Modelle ist eine wertvolle Referenzquelle, und zwar sowohl während des Kurses als auch danach, wenn die Schüler ihre eigenen Gegenstände konstruieren und herstellen.

Quiz

Runde 1: Geschwindigkeit ändern

Schreibt für jeden der folgenden Mechanismen auf: erhöht (A), verlangsamt (B) oder keine Änderung (C)

- 1) Zahnkranz und Ritzel (Ritzel als Eingabe)
- 2) Kegelradgetriebe
- 3) Riemenscheiben und Riemen mit Griff an der Achse der größeren Riemenscheibe
- 4) Schneckenradgetriebe
- 5) Kardangelenk
- 6) Einfaches Getriebe mit Griff an der Achse des größeren Zahnrads

Runde 3: Drehmoment ändern

Ändert der folgende Mechanismus das Drehmoment? Schreibt für jeden Mechanismus auf, ob ja oder nein.

- 13) Schneckenradgetriebe
- 14) Einfaches Getriebe mit Griff an der Achse des größeren Zahnrads
- 15) Riemenscheiben und Riemen mit Griff an der Achse der kleineren Riemenscheibe

Runde 2: Arten von Bewegung

Bei der Eingabe aller dieser Mechanismen handelt es sich um eine Drehbewegung. Welche Art von Bewegung liegt an der Ausgabe vor? Schreibt folgendes auf: Drehbewegung (D), lineare Bewegung (E), Hin- und Herbewegung (F) oder schwingende (G) Bewegung.

- 7) Schraubenspindel
- 8) Kurbel und Schieber
- 9) Zahnstange und Ritzel
- 10) Riemenscheiben und Riemen
- 11) Nocken und Stößel
- 12) Kurbel und Hebel

Antworten:

B, C, A, B, C, A,
E, F, E, D, F, G
ja, nein, ja.

Aufgabe 1

Blätter

Hebel: 1, Wie Hebel funktionieren, Hebel: 2, Hausaufgaben zum Thema „Hebel“, Konstruktionsblatt Hebel.

Ziele

Schüler sollten durch praktische Untersuchung folgendes lernen:

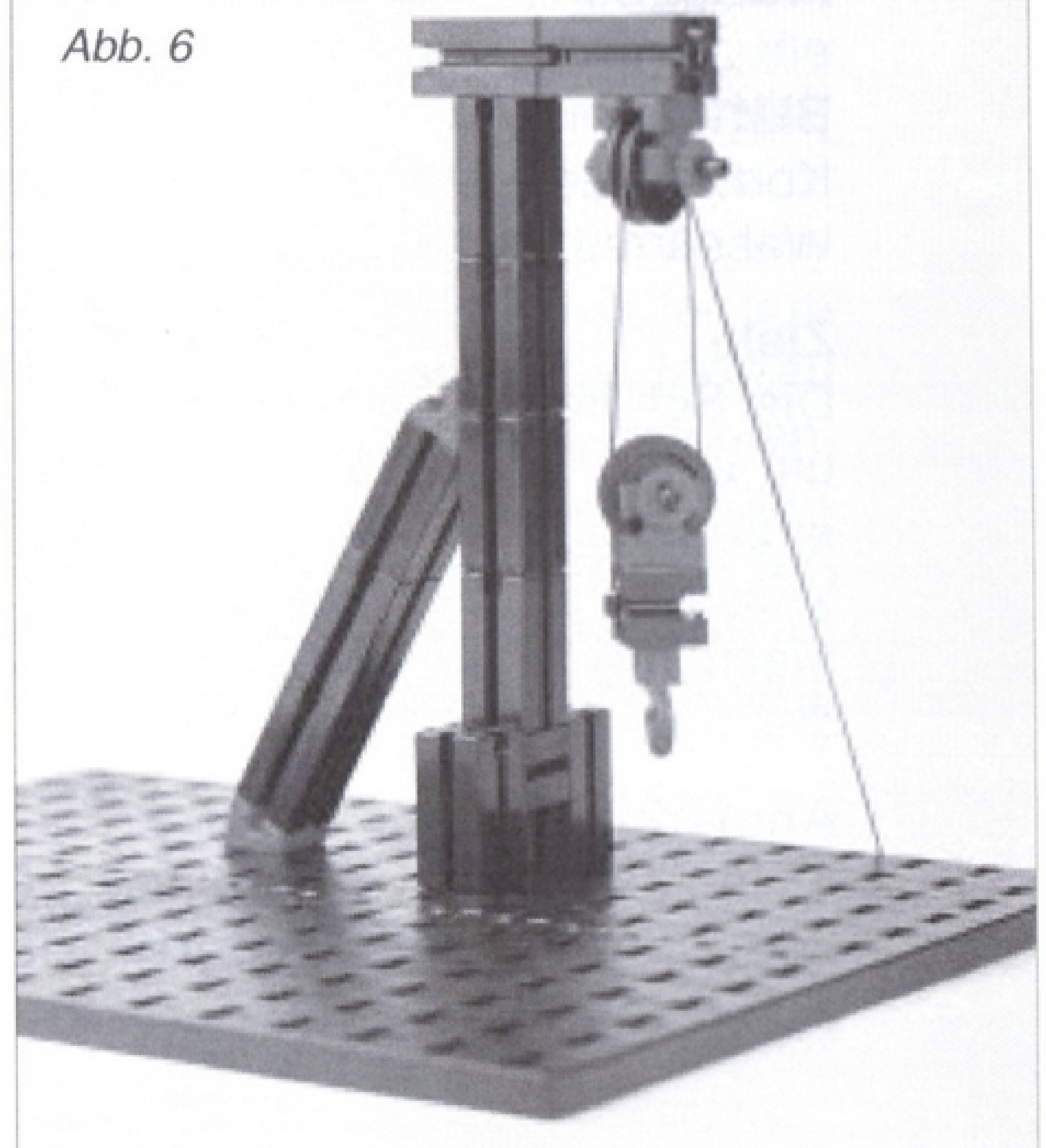
- die Berechnung des Geschwindigkeitsverhältnisses und des Last-Kraft-Verhältnisses eines Hebels;
- die Auswirkungen verschiedener Anordnungen von Last, Hebeldrehpunkt und Kraft (Hebelklassen).

Durch die Hausaufgabe wird Praxis bei der Berechnung von Hebeln vermittelt und es werden entsprechende Berechnungen für Riemenscheibensysteme eingeführt. Die Hausaufgabe stellt ebenfalls das Konzept des Wirkungsgrades von mechanischen Systemen vor und vermittelt Praxis bei deren Berechnung.

Anmerkungen

- 1) Die in dieser Lektion verwendeten drei Anordnungen von Hebeln werden manchmal als Hebel der Klasse 1, 2 und 3 bezeichnet.
- 2) Achsen können in die Nuten auf den Längsseiten von Bausteinen eingesetzt werden, die in diesen Modellen verwendet werden, um zu verhindern, dass sie sich beim Versuch verbiegen.
- 3) Es lohnt sich, den Schülern gegenüber hervorzuheben, dass es Situationen gibt, bei denen die Verringerung der vom dritten Hebeltyp gelieferten Kraft gute Auswirkungen hat, z.B. Pinzetten, die verwendet werden, um zarte oder zerbrechliche Objekte wie zum Beispiel Briefmarken aufzunehmen.
- 3) Lösungen für die Berechnungen während der Hausaufgaben: 1) a) 4, b) 3, c) 6, d) 15, 3) a) Last-Kraft-Verhältnis = 3,75, Wirkungsgrad = 93,7 %. b) Last-Kraft-Verhältnis = 14, Wirkungsgrad = 77,8 %.
- 4) In Abb. 6 ist zu sehen, wie Modelle von Riemenscheibensystemen unter Verwendung des Baukastens „Mechanik“ gebaut werden können. Beachten Sie die nützliche Stütztechnik, bei der zwei Bausteine mit verschiedenen Winkeln eingesetzt werden.

Abb. 6



Aufgabe 2

Blätter

Zahnräder: 1, Zahnräder: 2, Zahnräder: 3, Hausaufgabe zum Thema „Übersetzungs- und Riemenscheibenverhältnisse“. Konstruktionsblatt „Einfaches Getriebe“

Ziele

Schüler sollten durch praktische Untersuchungen lernen, wie das Geschwindigkeitsverhältnis und das Last-Kraft-Verhältnis sowohl von einfachen als auch Verbundgetrieben berechnet werden können. Ihnen wird bei diesen Berechnungen Praxis vermittelt und sie erhalten Gelegenheit das anzuwenden, was sie gelernt haben, um Getriebe für spezielle Anforderungen zu konstruieren.

Ihnen wird gezeigt, wie sie ihre Konstruktionen unter Verwendung von standardmäßigen Zeichnungsnormen anderen Personen mitteilen können.

Die Hausaufgabe führt in die Berechnung des Geschwindigkeitsverhältnisses und des Last-Kraft-Verhältnisses von Riemenscheiben- und Riemensystemen sowie Schneckenradgetriebesystemen ein. Die Hausaufgabe vermittelt ebenfalls die für die Berechnung des Wirkungsgrades dieser Systeme erforderliche Praxis.

Anmerkungen

1) Das Konstruktionsblatt „Zahnräder: 2“ vermittelt zusätzliche Praxis zu den aus Konstruktionsblatt „Zahnräder: 1“ gewonnenen Lernerfahrungen und ist daher für einige Schüler möglicherweise nicht erforderlich. In den Fällen, in denen eine zusätzliche Vertiefung der praktischen Untersuchungen erforderlich ist, können die Modelle schnell aus jenen weiterentwickelt werden, die auf dem Konstruktionsblatt „Zahnräder: 1“ zu finden sind.

2) Folgende Verbundgetriebe können mit Hilfe des Baukastens hergestellt werden, um die Anforderungen der Konstruktionsaktivitäten bezüglich folgender Getriebe zu erfüllen:

a) Übersetzungsverhältnis von 30:10, 40:10.

b) Übersetzungsverhältnis von 20:40, 10:30, 10:40.

3) Lösungen für die Berechnung während der Hausaufgaben:

a) 90 %, b) 85,7 %, c) 75 %.

Aufgabe 3

Blätter

Drehmoment, motorisierte Seilwinde, Konstruktionsblatt „Seilwinde“.

Ziele

Die Schüler sollten folgendes lernen:

- die Art eines Mechanismus mit Sperrzahnrad und Sperrklinke;
- Berechnung des Drehmoments;
- dass die Menge des von einem Elektromotor gezogenen Stroms dazu in Beziehung steht, wie „hart“ der Motor arbeiten muss;
- dass kleine Elektromotoren ein niedriges Drehmoment liefern und daher normalerweise zusammen mit mechanischen Systemen mit einem großen Last-Kraft-Verhältnis verwendet werden.

Anmerkungen

1) Diese Aktivität setzt voraus, dass Schüler in der Lage sind, ein Vielfachmessgerät zu verwenden, um den Strom zu messen.

2) In Abb. 7 sind die in Versuchen gemessenen typischen Ergebnisse zu sehen.

3) Die in den Anmerkungen für die Lektion 2 „Elektrische Schaltungen“ gegebenen Informationen geben das Last-Kraft-Verhältnis von drei unterschiedlichen mechanischen Systemen an, die bei der letzten Aufgabe gezeigt wurden.

	Stromstärke (Ampere)
Motor läuft ohne Last	0,05
Motor mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 treibt die Seilwinde ohne Last an	0,10
Motor mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 hebt 200 g	0,25
Motor mit einem Übersetzungsverhältnis von 2:1 hebt 200 g	0,14

Abb. 7

Mechanik Starter Kit

1. Auflage 2011

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
Hermann-Hesse-Weg 2
78464 Konstanz

Telefon 07531 5801-26
Telefax 07531 5801-85
www.schule-trifft-technik.de

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung