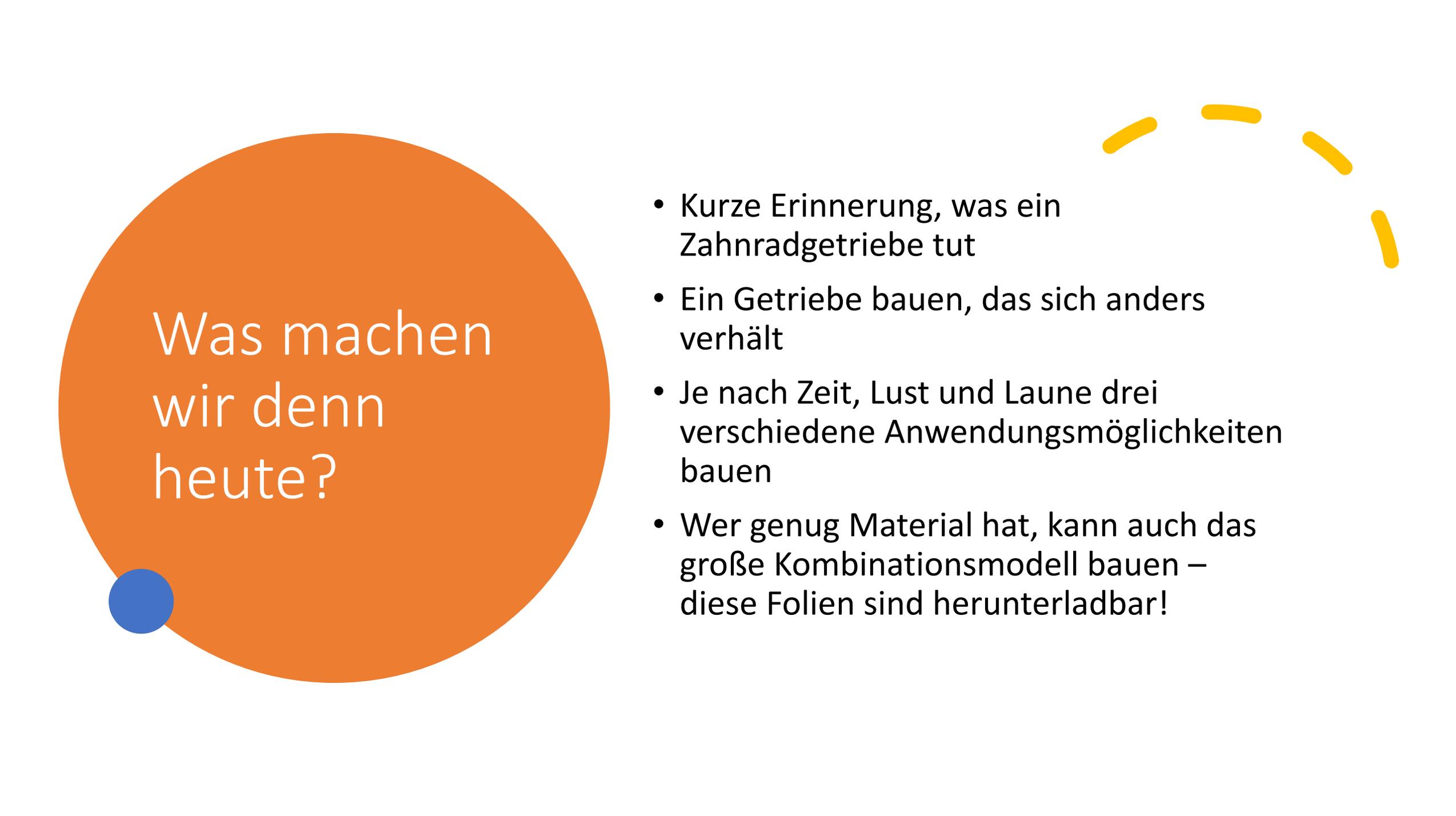




# Ein Getriebe, das schrittweise läuft

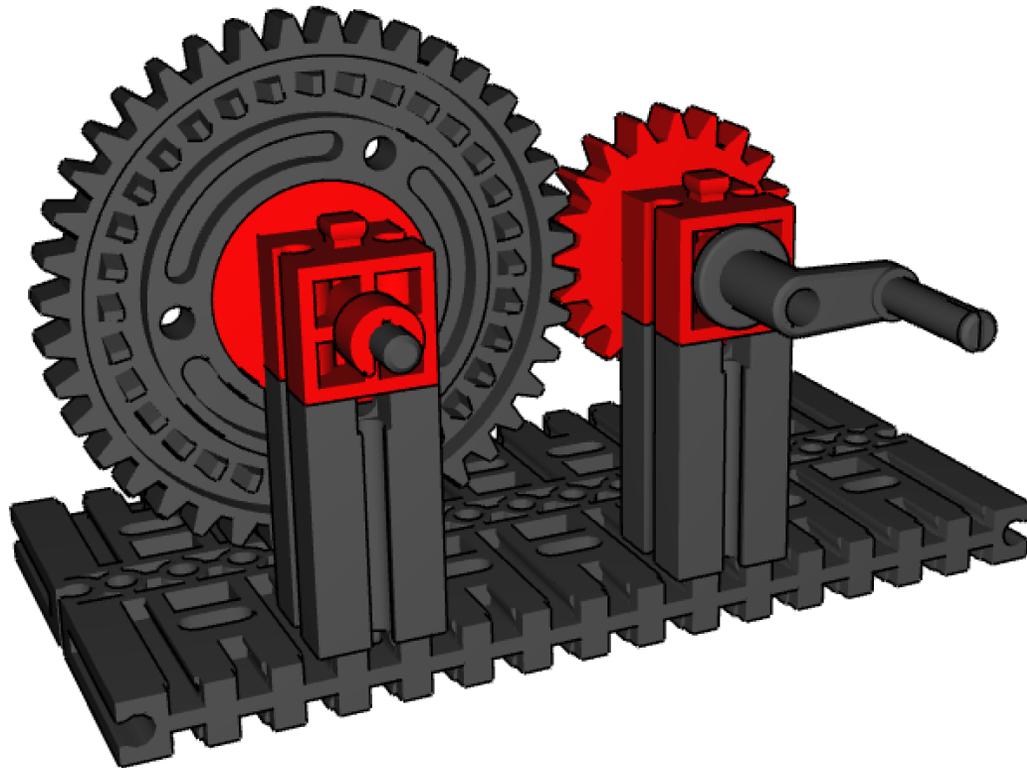
Stefan Falk



Was machen  
wir denn  
heute?

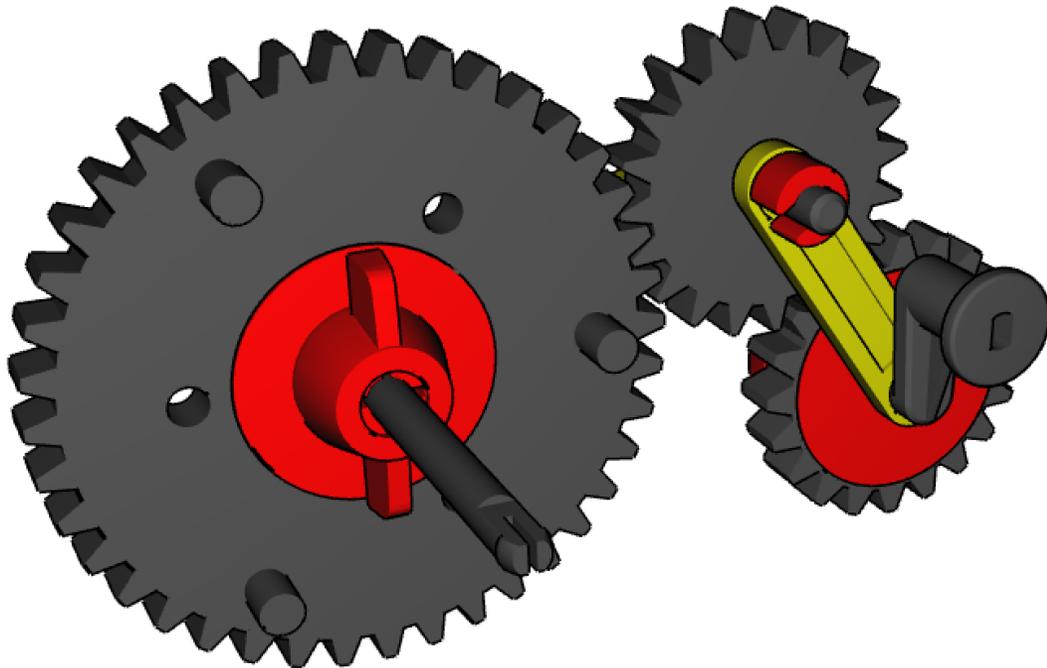
- Kurze Erinnerung, was ein Zahnradgetriebe tut
- Ein Getriebe bauen, das sich anders verhält
- Je nach Zeit, Lust und Laune drei verschiedene Anwendungsmöglichkeiten bauen
- Wer genug Material hat, kann auch das große Kombinationsmodell bauen – diese Folien sind herunterladbar!

# Einfaches Zahnradgetriebe



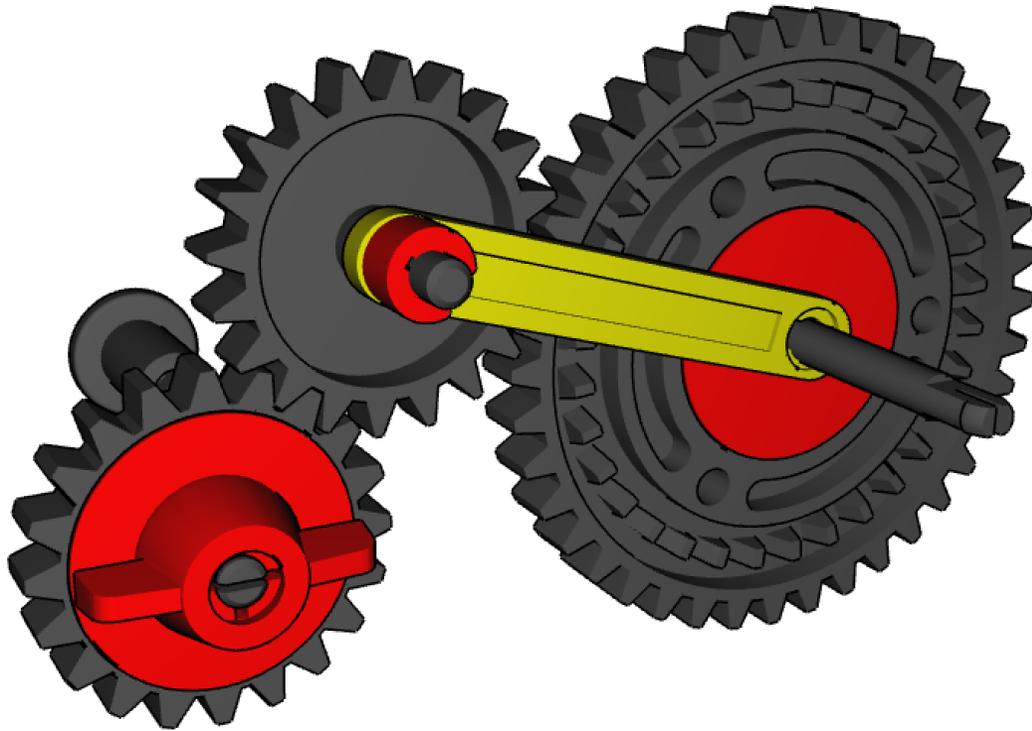
- Zahnräder sitzen auf fest gelagerten Achsen
- Das Übersetzungsverhältnis wird durch die Zähnezahlen bestimmt
- Das Übersetzungsverhältnis ist **konstant**

# Der Trick mit dem beweglichen Zahnrad



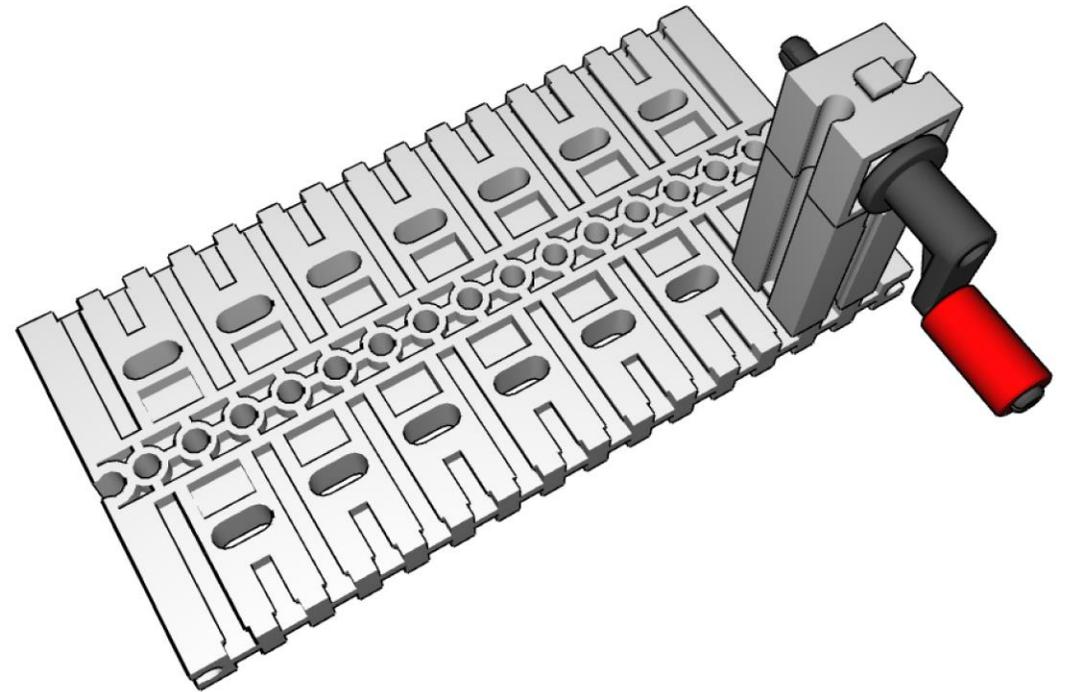
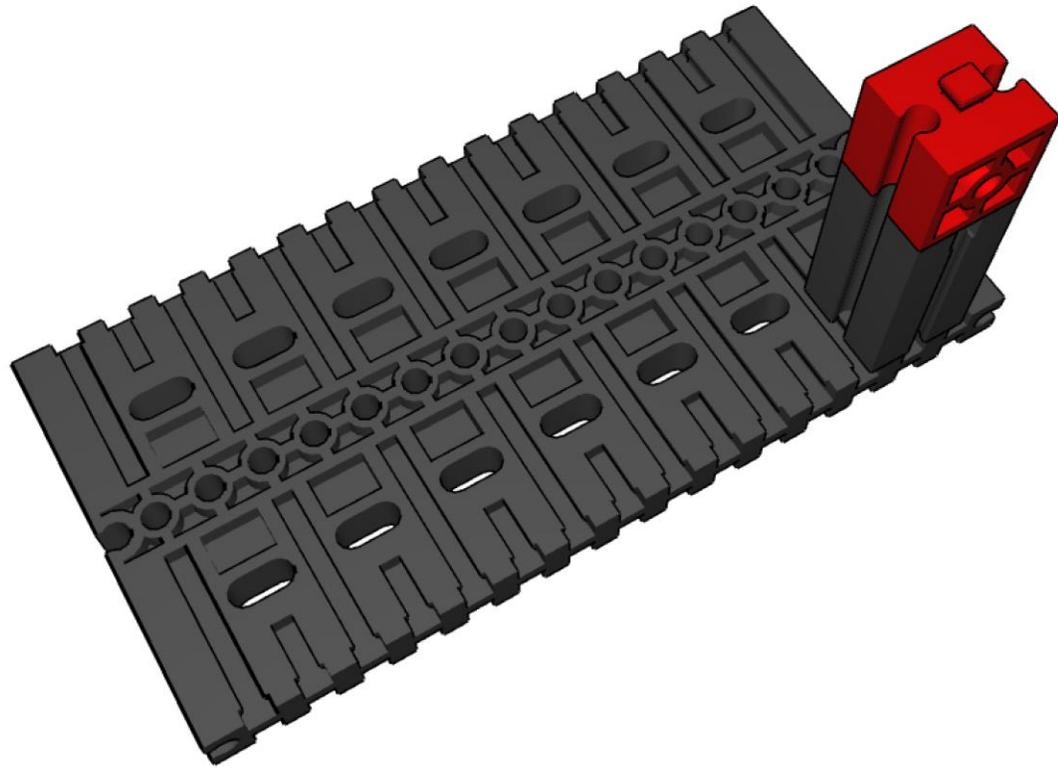
- Das erste Zahnrad sitzt auf der **exzentrischen** Seite einer **Kurbel**
- Zwischen erstem und letztem Zahnrad sitzt ein Zwischenzahnrad
- Das Zwischenzahnrad ist **beweglich**
- Hier eine Seite mit einer Strebe zwischen Zahnrad 1 und 2

# Der Trick mit dem beweglichen Zahnrad

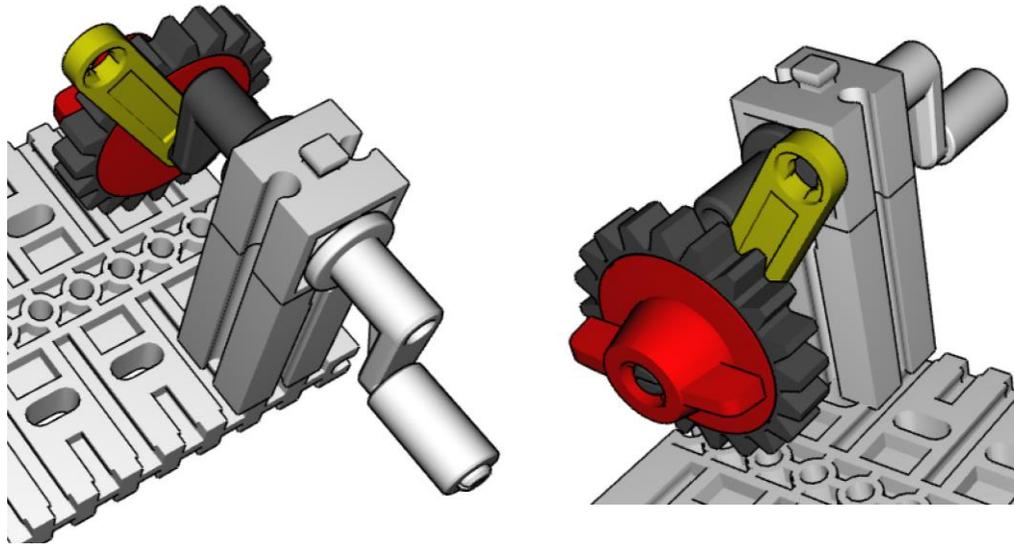


- Hier die Rückseite mit der Strebe zwischen Zahnrad 2 und 3
- Was passiert beim Drehen an der Kurbel?
  - Bauen und ausprobieren!

# Baustufen 1 und 2 – Antriebskurbel

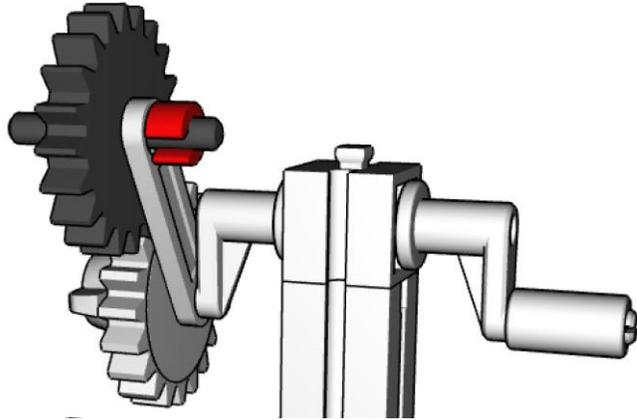


# Baustufe 3 – Exzentrisches Zahnrad

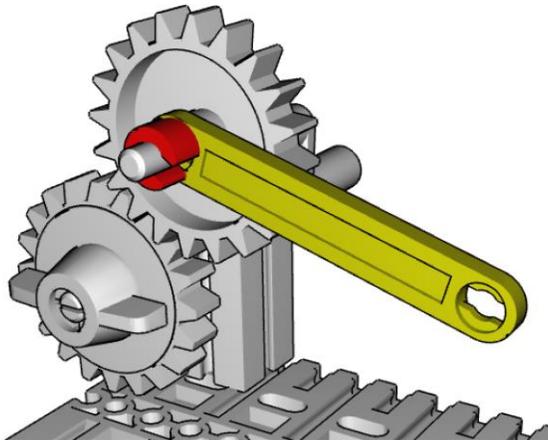


- Auf die zweite Kurbel kommt zunächst eine I-Strebe 30
- Dann wird das Zahnrad Z20 auf einer Flachnabe **auf der Kurbel festgeschraubt**
- Zwei Drehungen des Zahnrads werden überlagert:
  - um seine eigene Drehachse und
  - um die gelagerte Achse der Kurbel

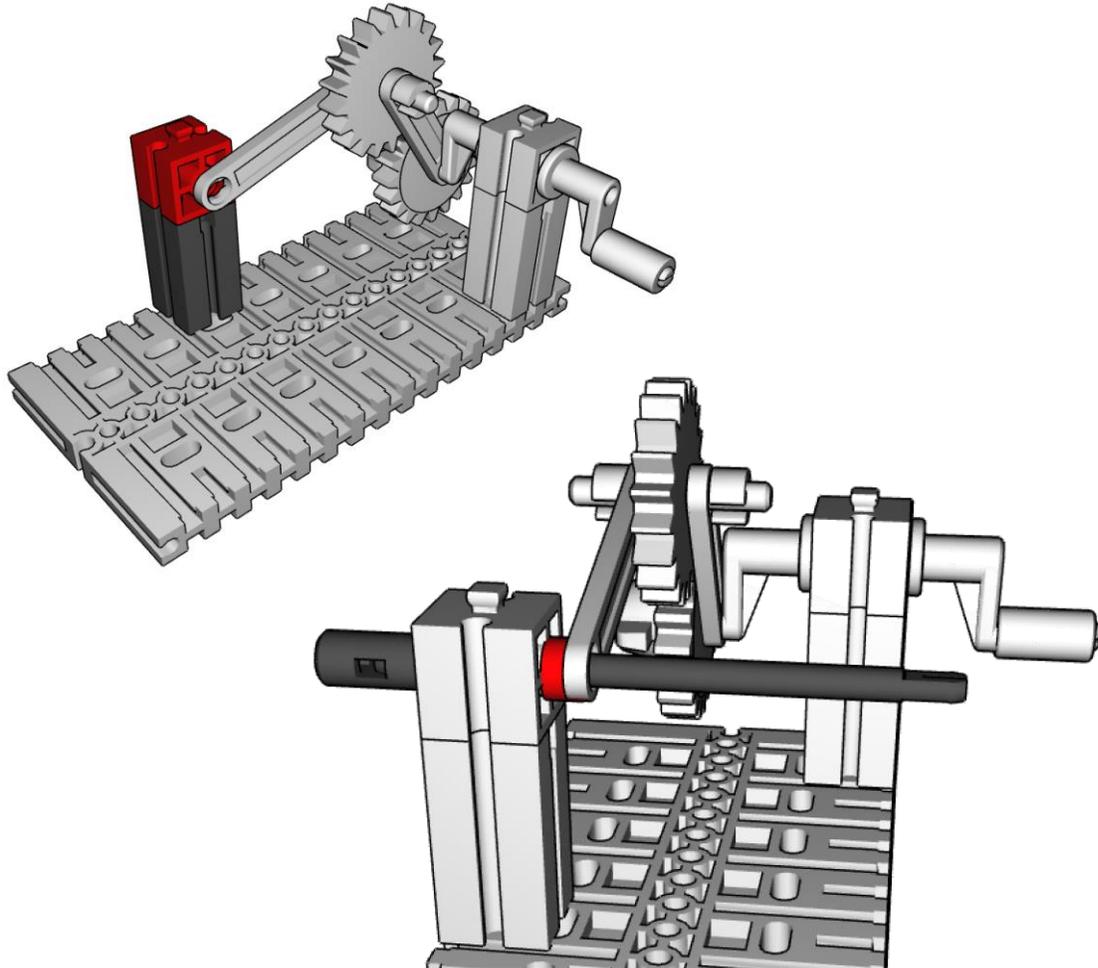
# Baustufen 4 und 5 – Zahnrad 2



- Durch die I-Strebe 30 kommt eine Achse 30,
- darauf ein 31779 Freilauf-Kettenzahnrad Z20 m1,5 (schwarz)
- Auf der anderen Seite folgt eine I-Strebe 45 zum Zahnrad 3

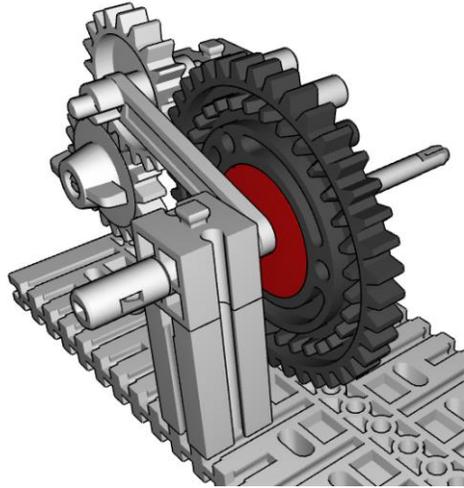


# Baustufen 6 und 7 – Achse fürs Zahnrad 3

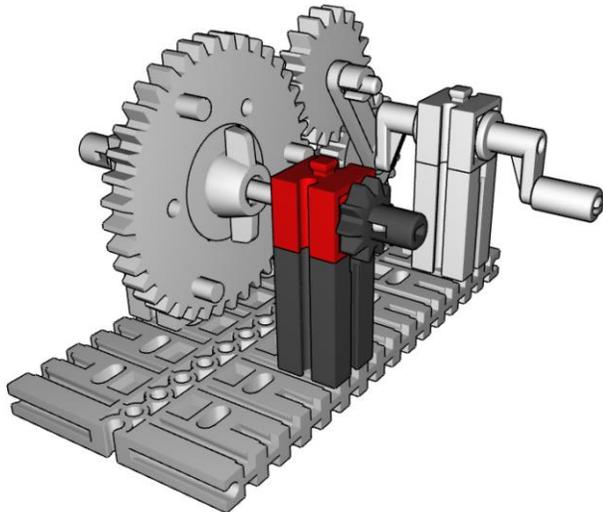


- Das Lager für die nächste Achse wird angebaut,
- die Rastachse 75 geht durch dieses Lager und die I-Strebe 45 und
- wird durch eine Rastkupplung und einen Klemmring gesichert

# Baustufen 8 und 9 – Zahnrad 3



- Es folgen das Zahnrad Z40 auf einer Flachnabe sowie
- die zweite Lagerung der Rastachse
  - schon mal mit einem Rast-Z10 für später versehen





Ausprobieren!

- Kurbelt!
- Beobachtet, die wie Zahnräder auf einander einwirken
- Wie bewegen sich das Z40 und das Z10?



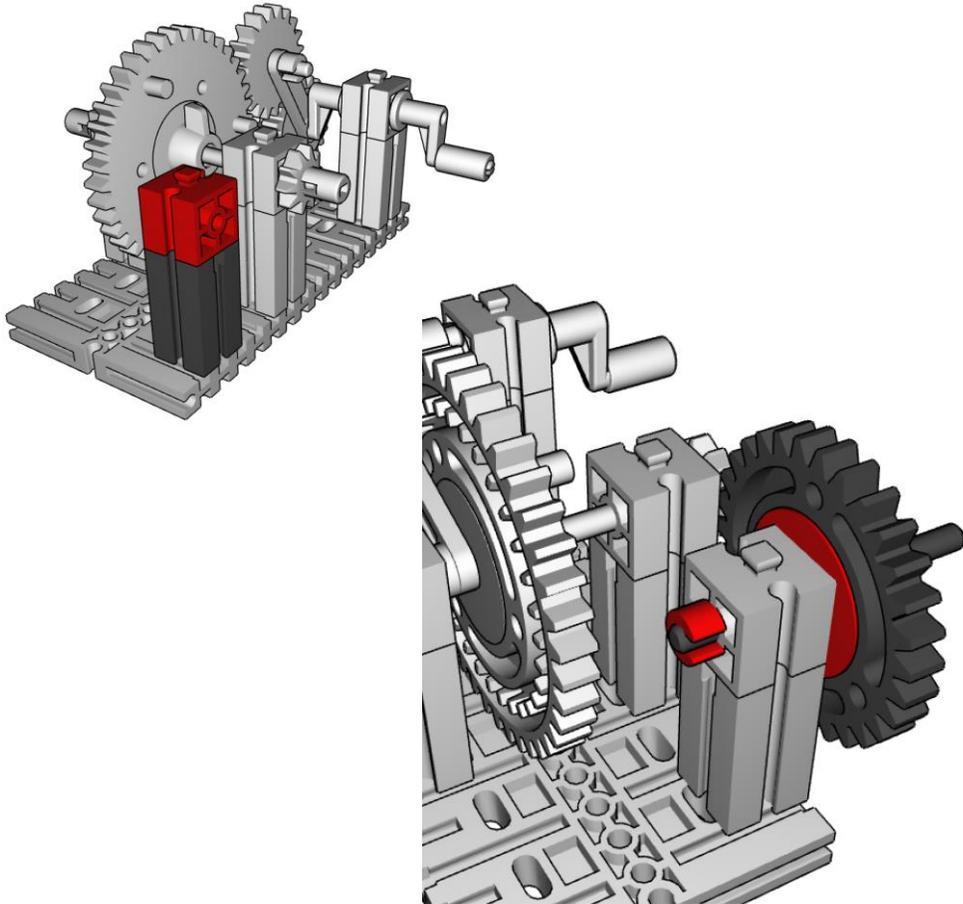


# Was haben wir da gebaut?

---

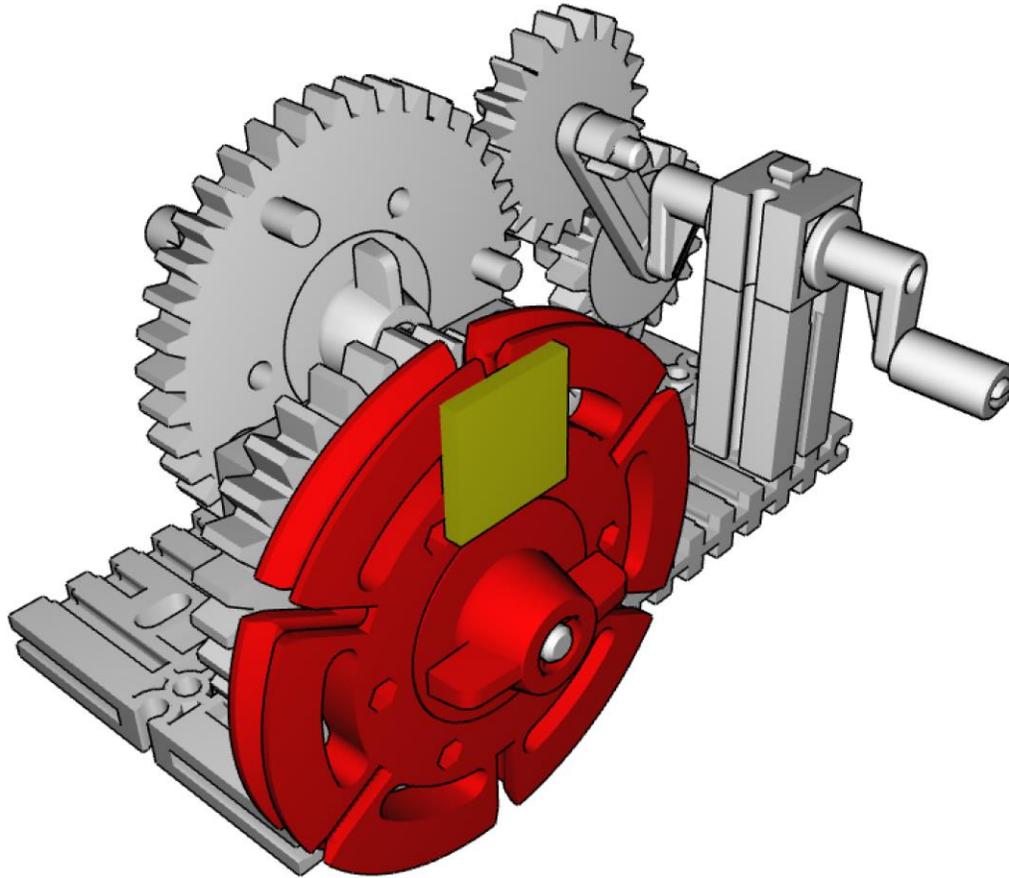
- Ein „zyklisch ungleichförmig übersetzendes“ Getriebe
  - **Zyklisch:** Nach jeder Kurbelumdrehung wiederholt sich derselbe Drehverlauf
  - **Ungleichförmig:** Das letzte Zahnrad dreht sich im Verlauf einer Kurbelumdrehung unterschiedlich schnell

# Anwendungsbeispiel – Baustufen 10 und 11



- Lager für eine weitere Achse
- Ergänzung um ein Zahnrad Z30 auf einer Achse 50

# Baustufe 12 – Schrittantrieb für Drehteller

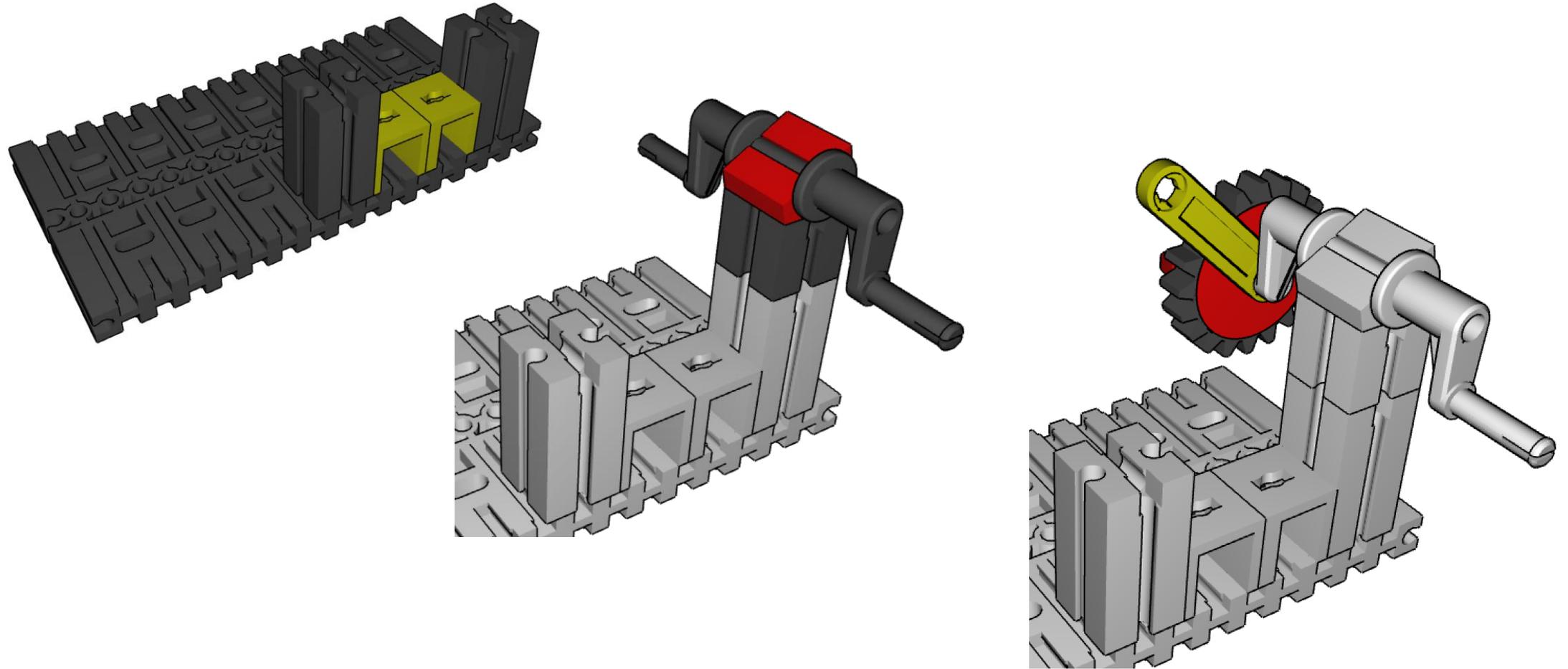


- Auf die Achse kommt noch eine Drehscheibe
- mit einer Markierung
- Insgesamt ergibt das eine Untersetzung  $Z_{20}:Z_{40}$  und  $Z_{10}:Z_{30}$ , also 1:6
- Die Drehscheibe dreht sich **sanft schrittweise** um je  $1/6$  Umdrehung je Kurbeldrehung

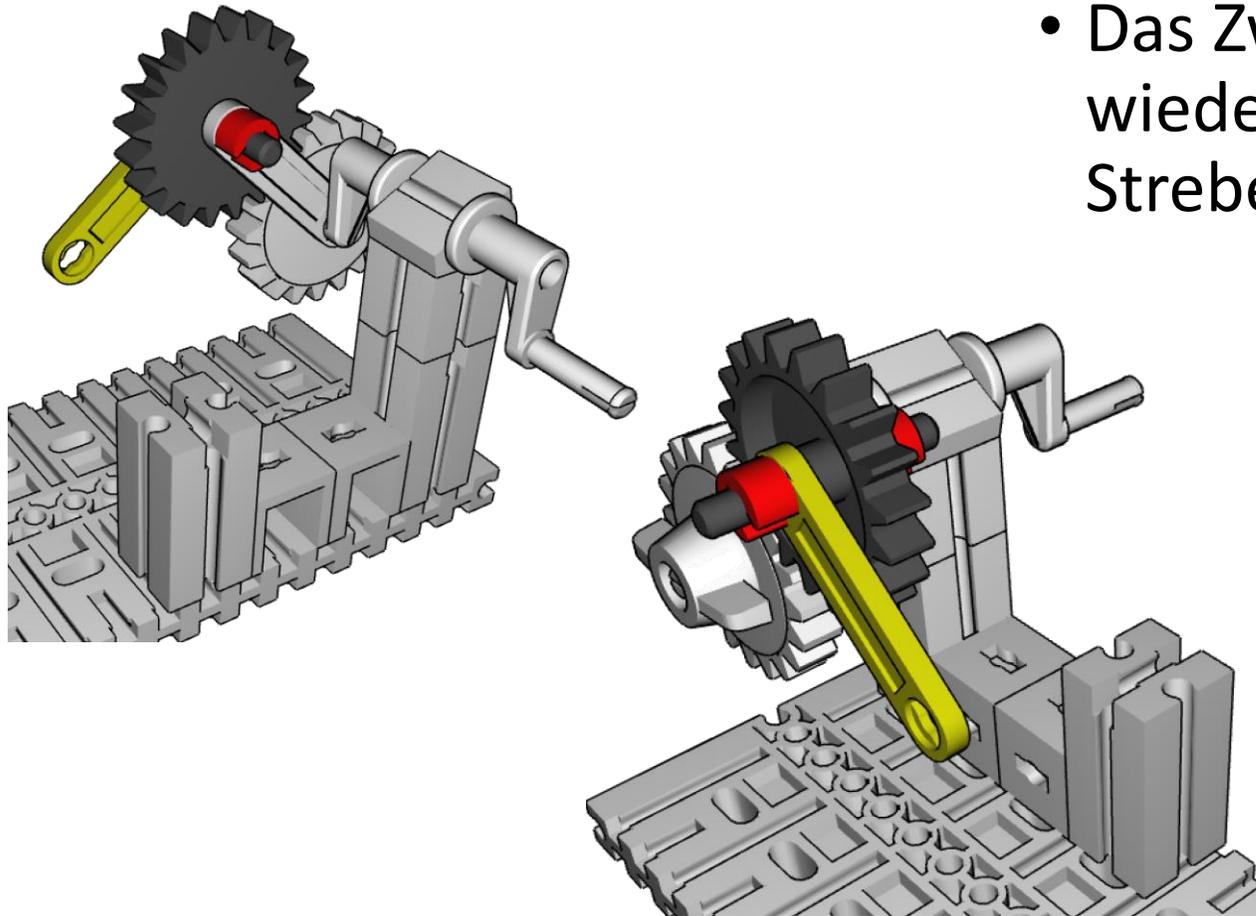
# Eigenschaften des Schrittantriebs

- Wir könnten anstelle der Kurbel einen Motor ansetzen, ...
  - der einfach die ganze Zeit durchläuft
  - und dennoch eine schrittweise Drehung bewirkt.
  - Ganz ohne komplizierte Steuerung!
- Wir benötigen nur wenige Bauteile
  - Viel weniger als mit einer komplizierten Motorsteuerung
  - Wir brauchen deshalb auch nur wenig Platz
- Die Schritte verlaufen sanft
  - Sanft beschleunigt und sanft wieder angehalten
  - Da nirgends ein Ruck auftritt, ist die Mechanik kaum belastet

# Ein sanfter Schrittvorschub (1)

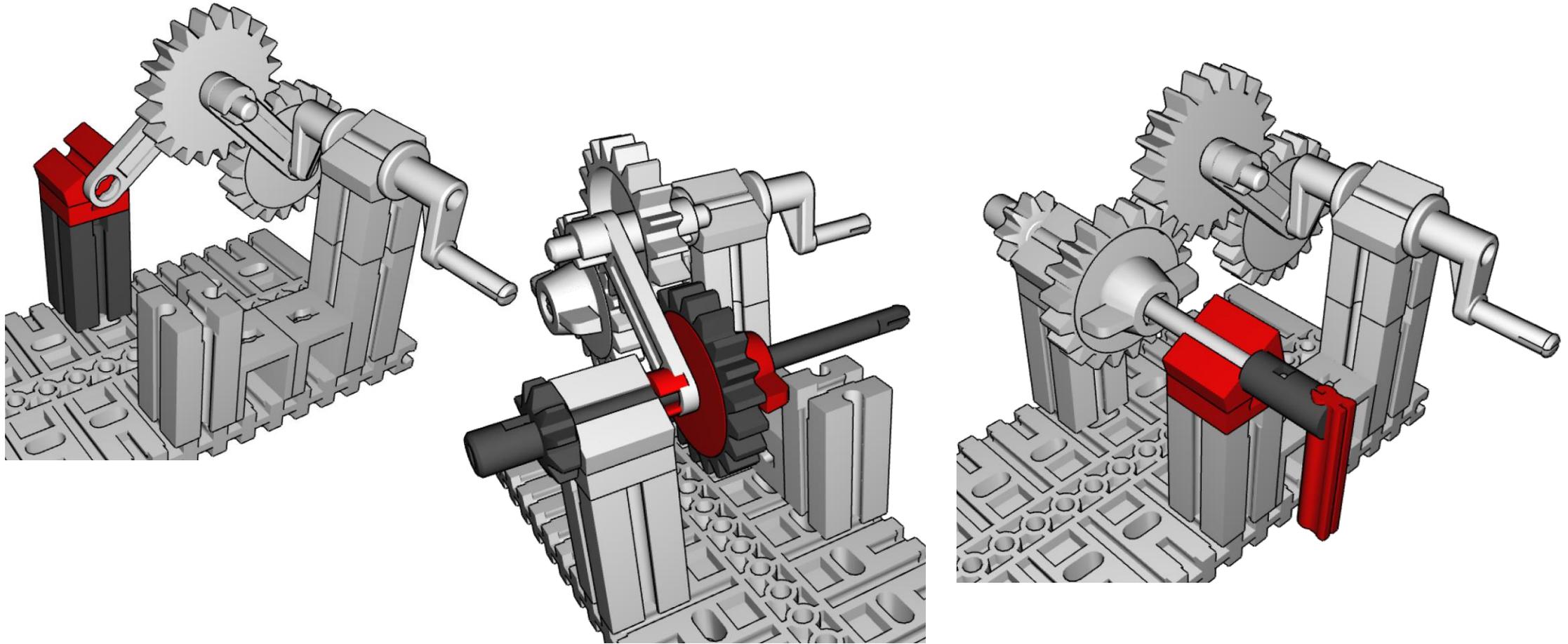


# Ein sanfter Schrittvorschub (2)

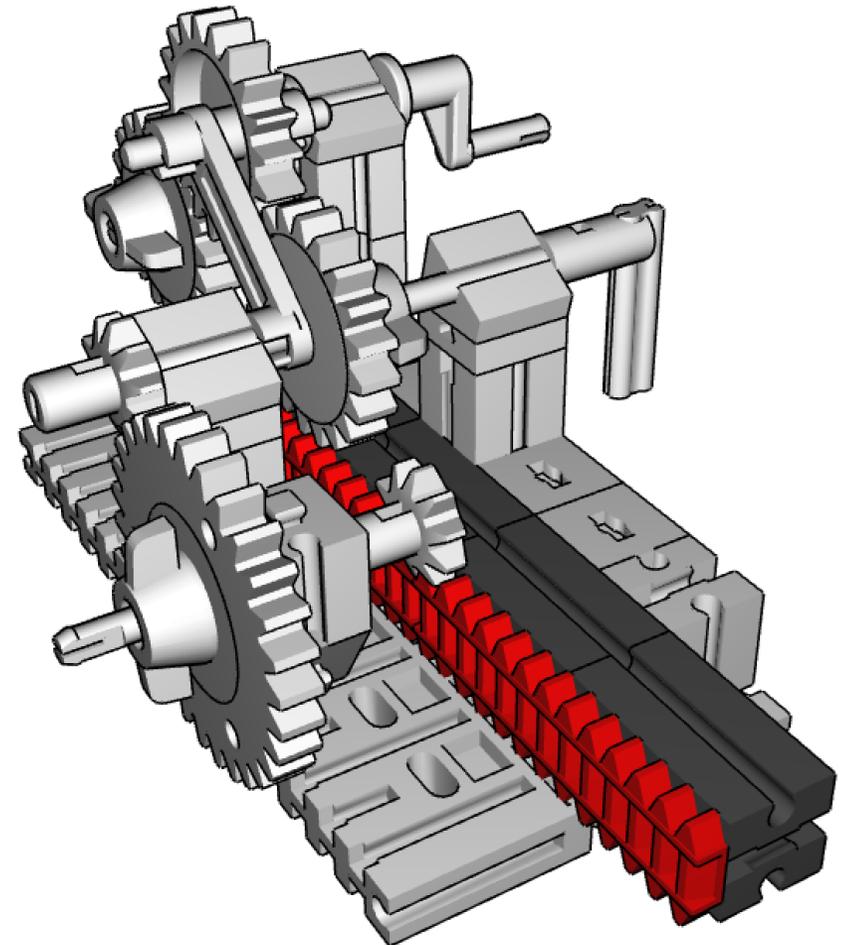
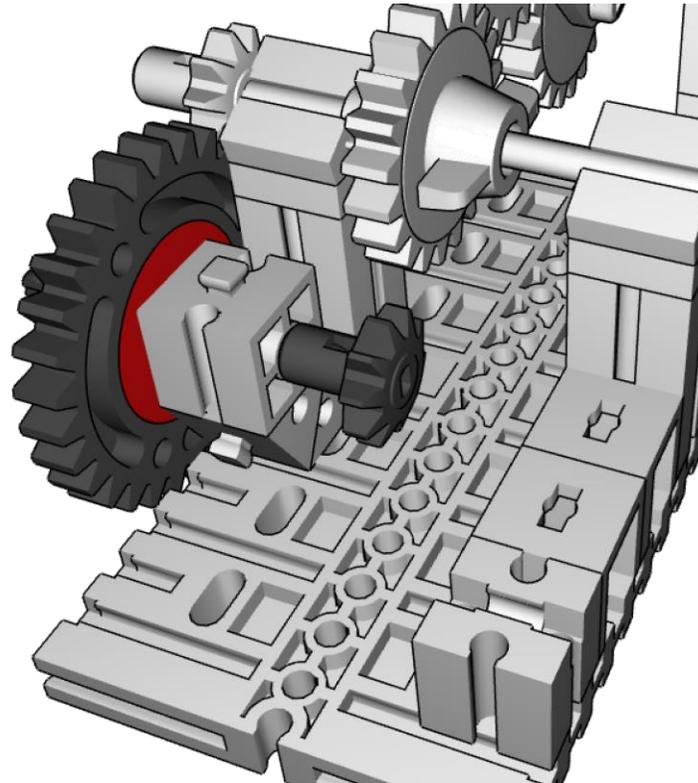
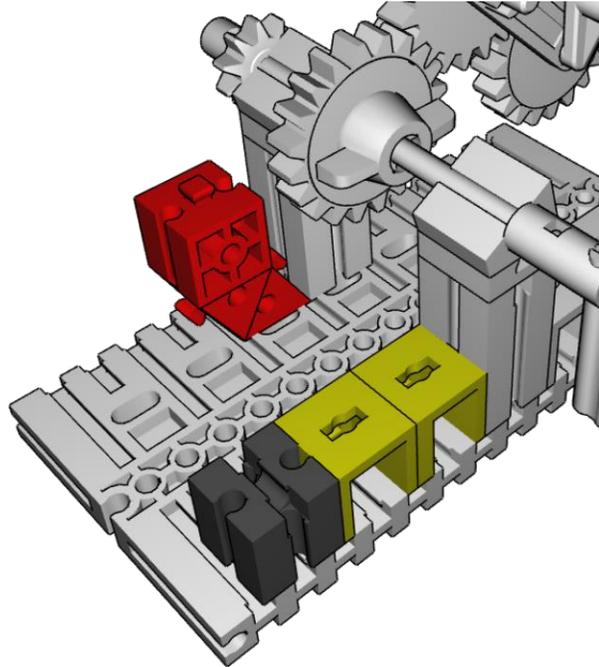


- Das Zwischenzahnrad wird wieder beidseitig von je einer Strebe gehalten (2 × I30)

# Ein sanfter Schrittvorschub (3)



# Ein sanfter Schrittvorschub (4)

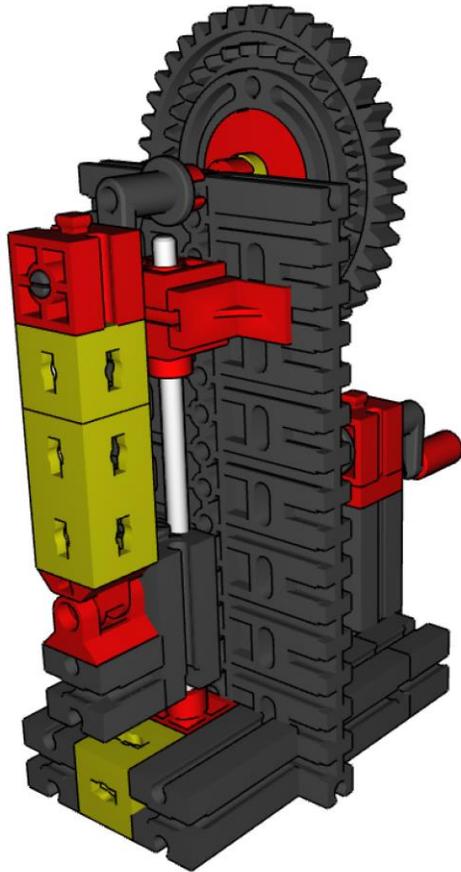


## Der sanfte Schrittverschluss

- Eine Umdrehung der Kurbel bewirkt ein Stück Vorschub der Zahnstange
- Die Zahnstange wird aber nicht ruckartig bewegt, sondern sanft beschleunigt und angehalten
- Bei Stillstand der Kurbel wird die Zahnstange ohne weiteren Aufwand vom Getriebe in Position gehalten

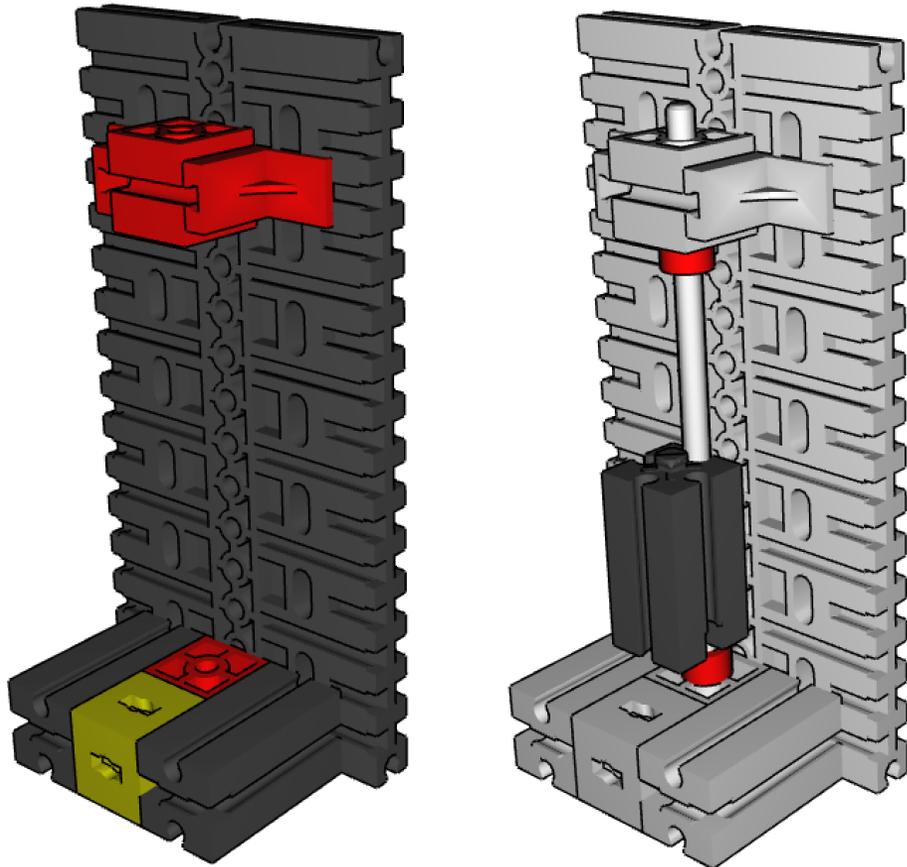


# Eine besondere Presse



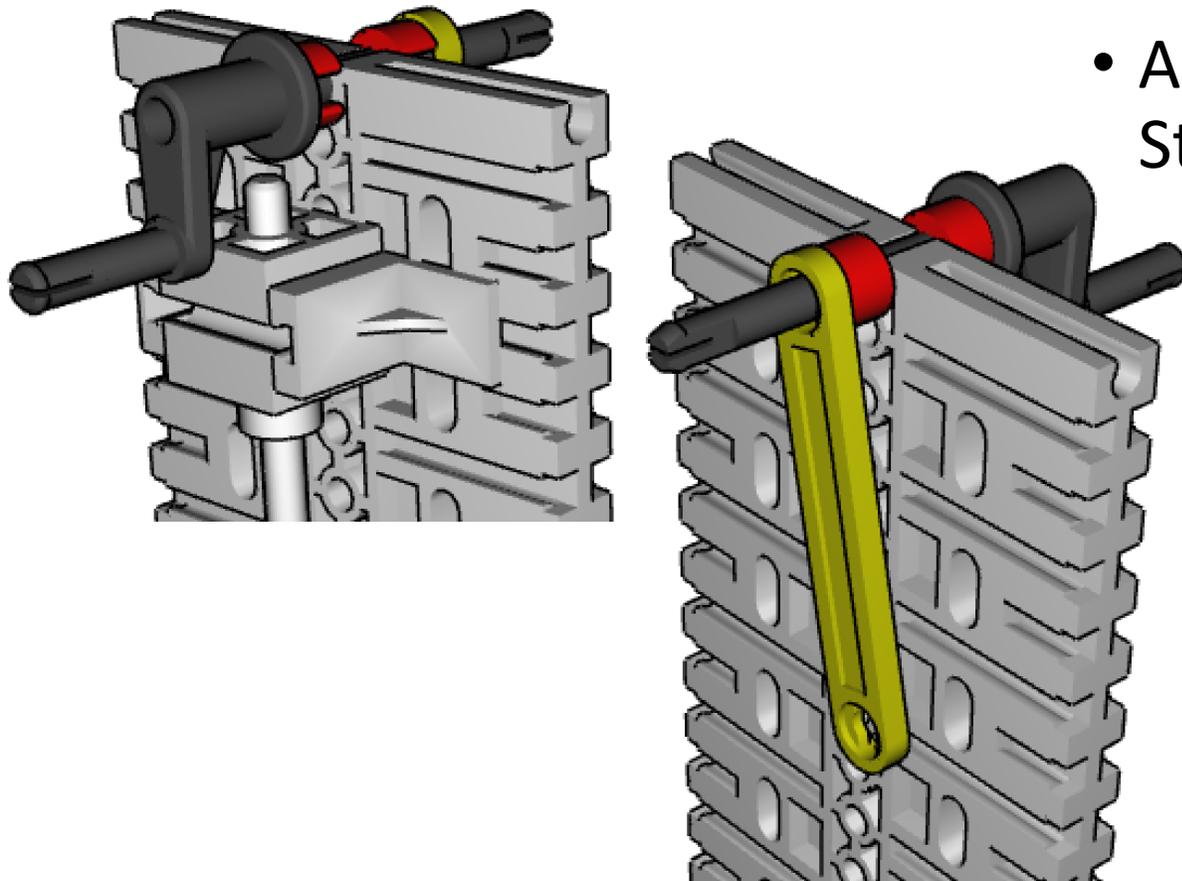
- Eine klassische Exzenterpresse findet sich in vielen fischertechnik-Anleitungen
  - Ein Rad dreht sich
  - Ein exzentrisch daran angebrachter Hebel bewegt die Presse auf und ab
- Können wir daran mit unserem Getriebe etwas verbessern?

# Presse – Baustufen 1 und 2



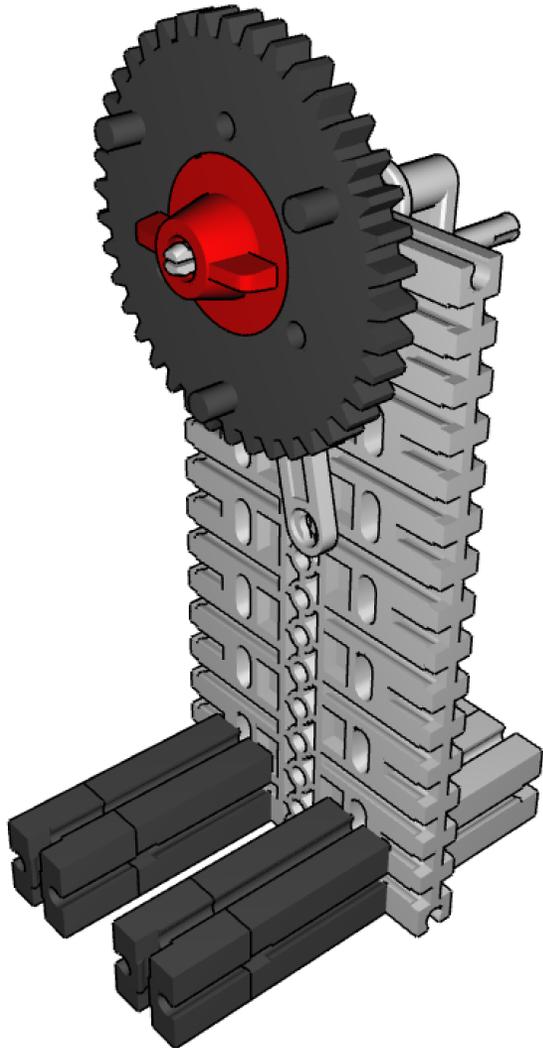
- Die Bauplatte verwenden wir hier senkrecht stehend
  - als Bauelement
- Einige Bausteine werden angebracht
  - Die Bausteine 15 mit Bohrung müssen mittig sitzen
- Sie dienen der Halterung einer Metallachse 110
  - gesichert mit Klemmringsen
- Auf der Achse kann ein Baustein 30 entlang gleiten
  - Zapfen des Bausteins nach oben bitte

# Presse – Baustufe 3



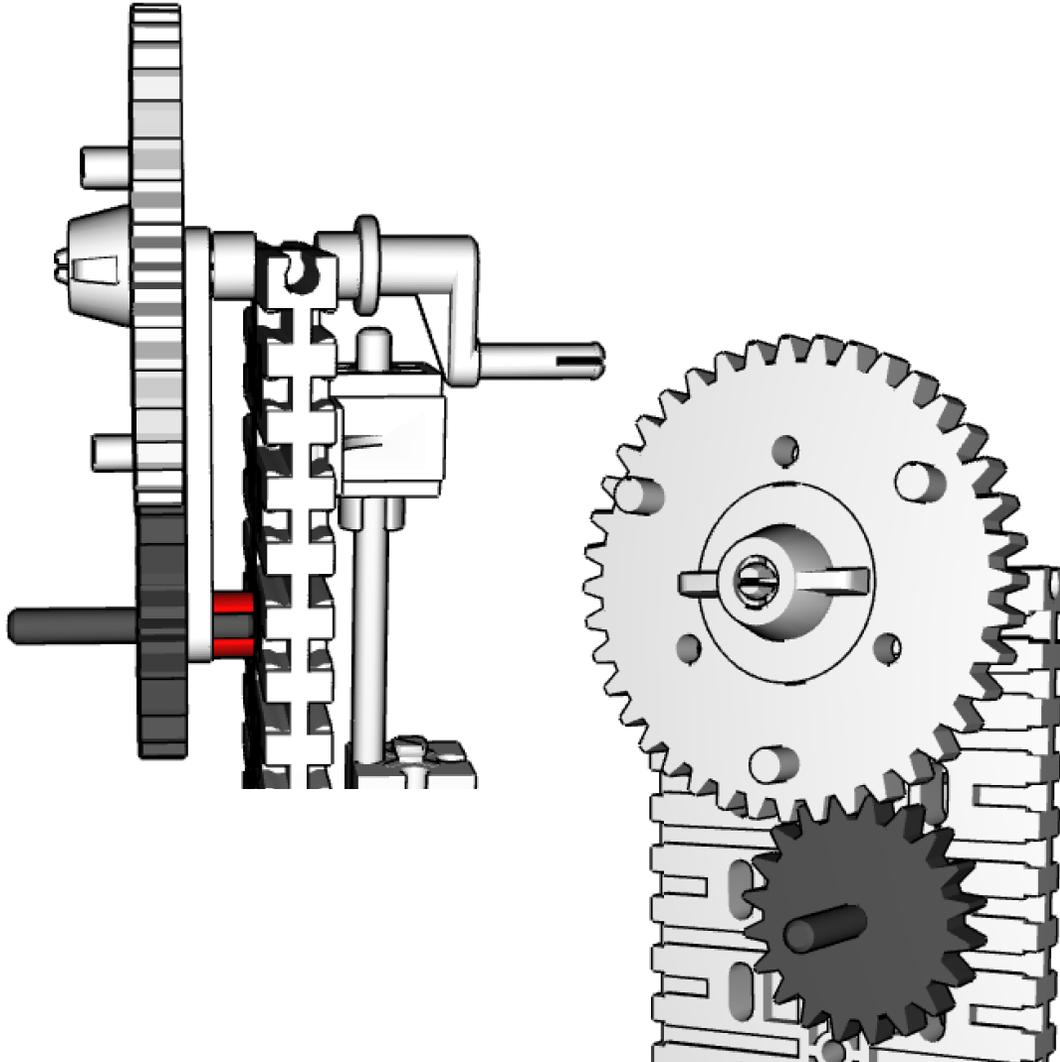
- Oben wird eine Kurbel eingebaut
- Auf der Rückseite sitzt eine I-Strebe 45 auf der Achse

# Presse – Baustufe 4



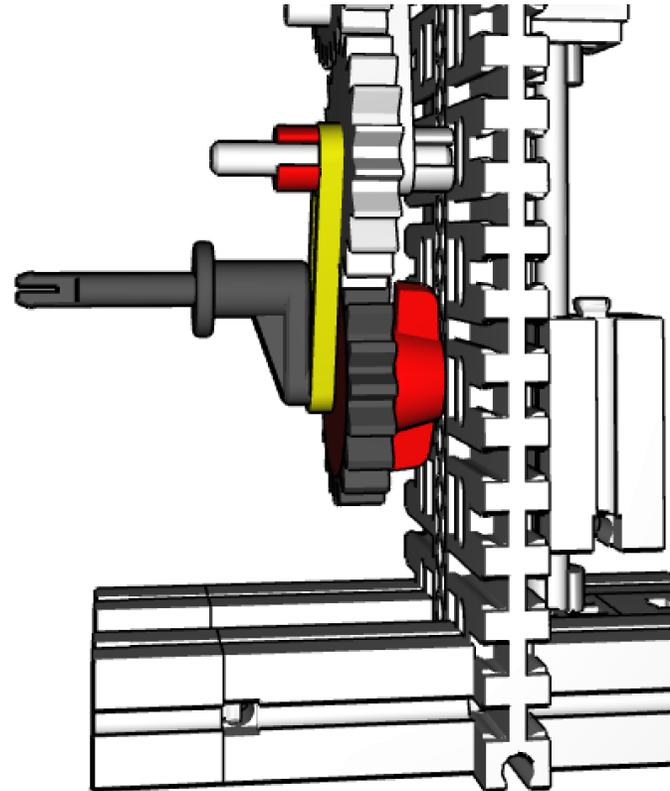
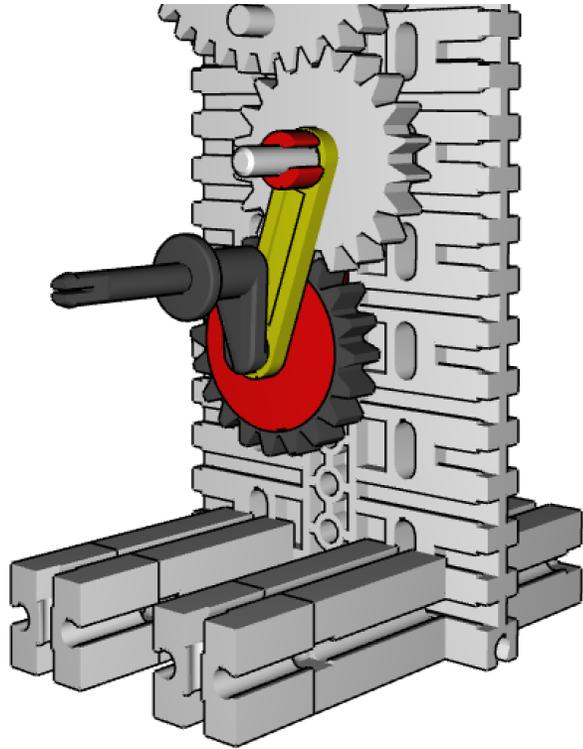
- Auf die Achse auf der Rückseite kommt eine Flachnabe mit Zahnrad Z10
- Unten werden mit Bausteinen 30 und 15 die rückwärtigen Stützen ergänzt
  - Die BS15 bitte mit ihrer End-Nut senkrecht stehend (für später)

# Presse – Baustufe 5



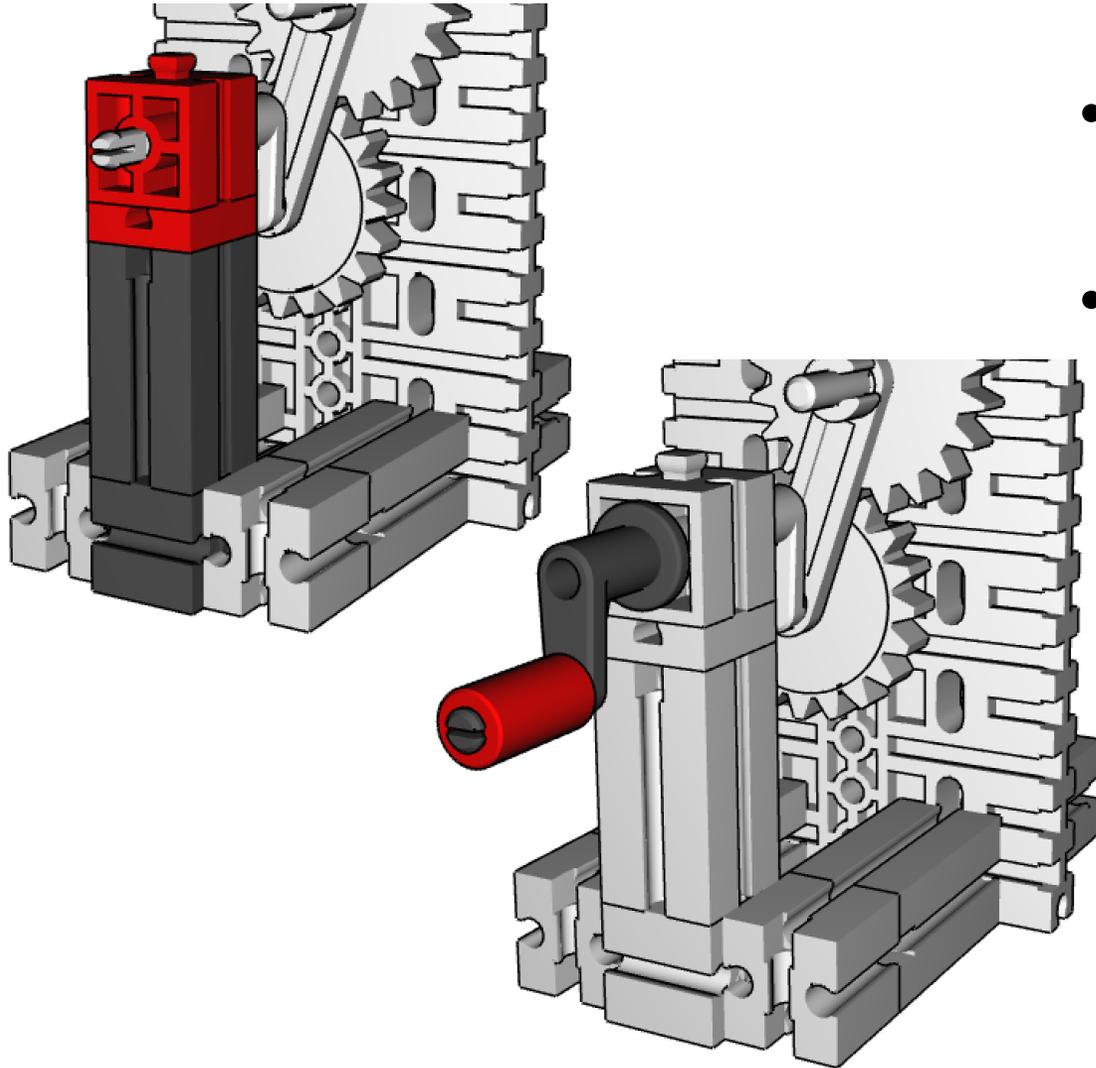
- Es folgt auf einer Achse 30 wieder ein frei laufendes Kettenzahnrad
- Klemmring nicht vergessen

# Presse 6 – Baustufe 6



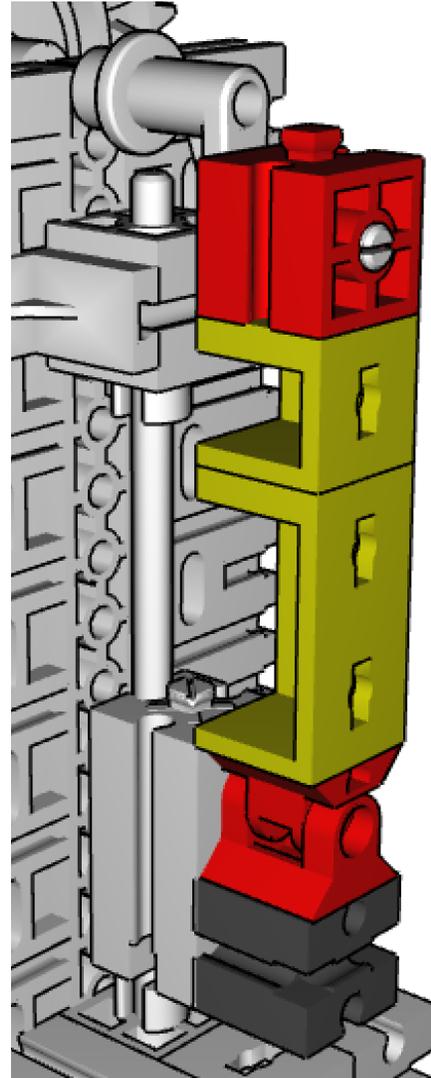
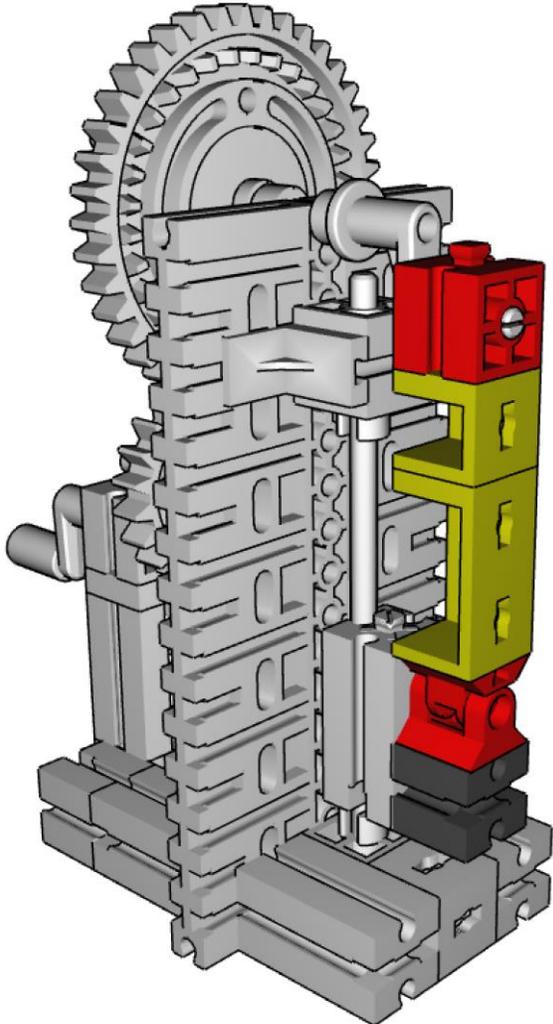
- Die Kurbel mit fest angezogenem Z20 kommt durch die I-Strebe 30
- In die Kurbel kommt eine Rastachse 30

# Presse – Baustufen 7 und 8



- Das Lager für die Achse der Kurbel wird ergänzt
- Darauf kommt die Antriebskurbel
  - alternativ ein Motorantrieb

# Presse – Baustufe 9



- Auf der Vorderseite wird nun die „Schub“- oder „Pleuel“-Stange ergänzt
- und mit dem gleitenden Baustein 30 verbunden

Was macht  
diese Presse  
anders?

- Im Gegensatz zu einer klassischen Exzenterpresse ändert sich der Ablauf der Pressbewegung:
- Die Auf- und Ab-Bewegungen erfolgen schnell
- Im „oberen Totpunkt“ bleibt die Presse lange stehen
  - und bietet viel Zeit zum Wechsel des zu pressenden Werkstücks!
- Im „unteren Totpunkt“ bleibt die Presse lange stehen
  - und sorgt so für eine lange und nachhaltige Pressung.

# Wer hat sowas erfunden?

---

- Ein deutscher Ingenieur namens **Wilhelm Klopmeier**
- Äußerst raffinierte und vielseitige Getriebekonstruktionen mit Hebelgelagerten Zahnrädern
- Entwickelt mit fischertechnik!
- Patentierte!
- [Er war damit 2011 auf der fischertechnik-Convention in Erbes-Büdesheim!](#)



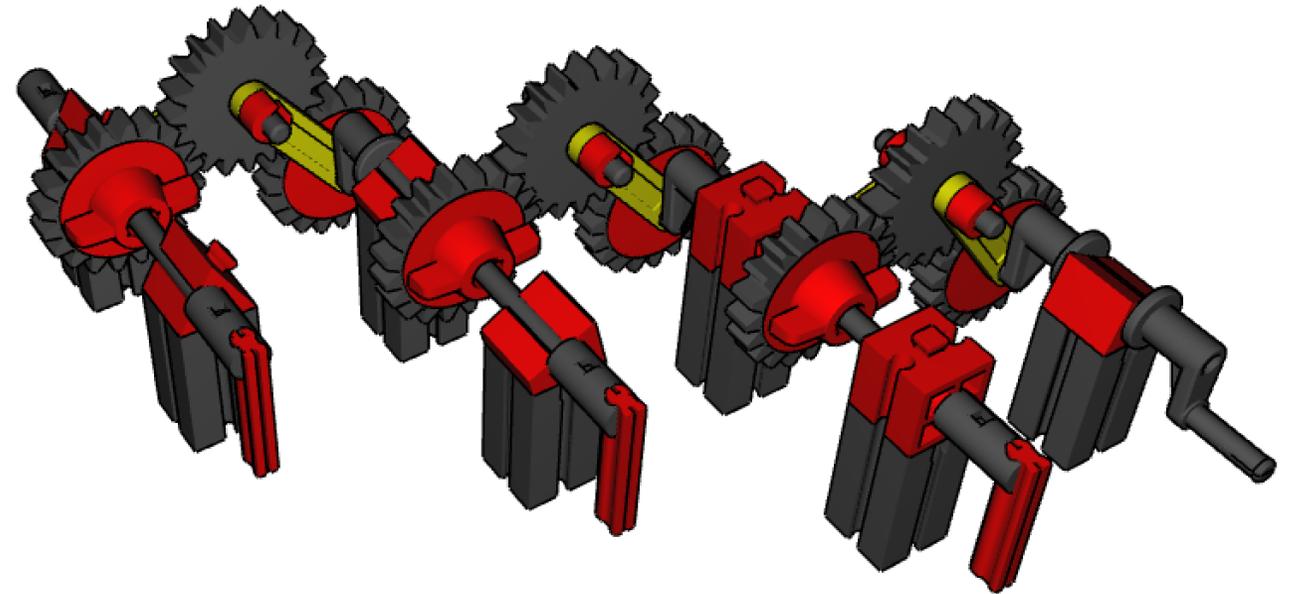
# Weiterführende Informationen

---

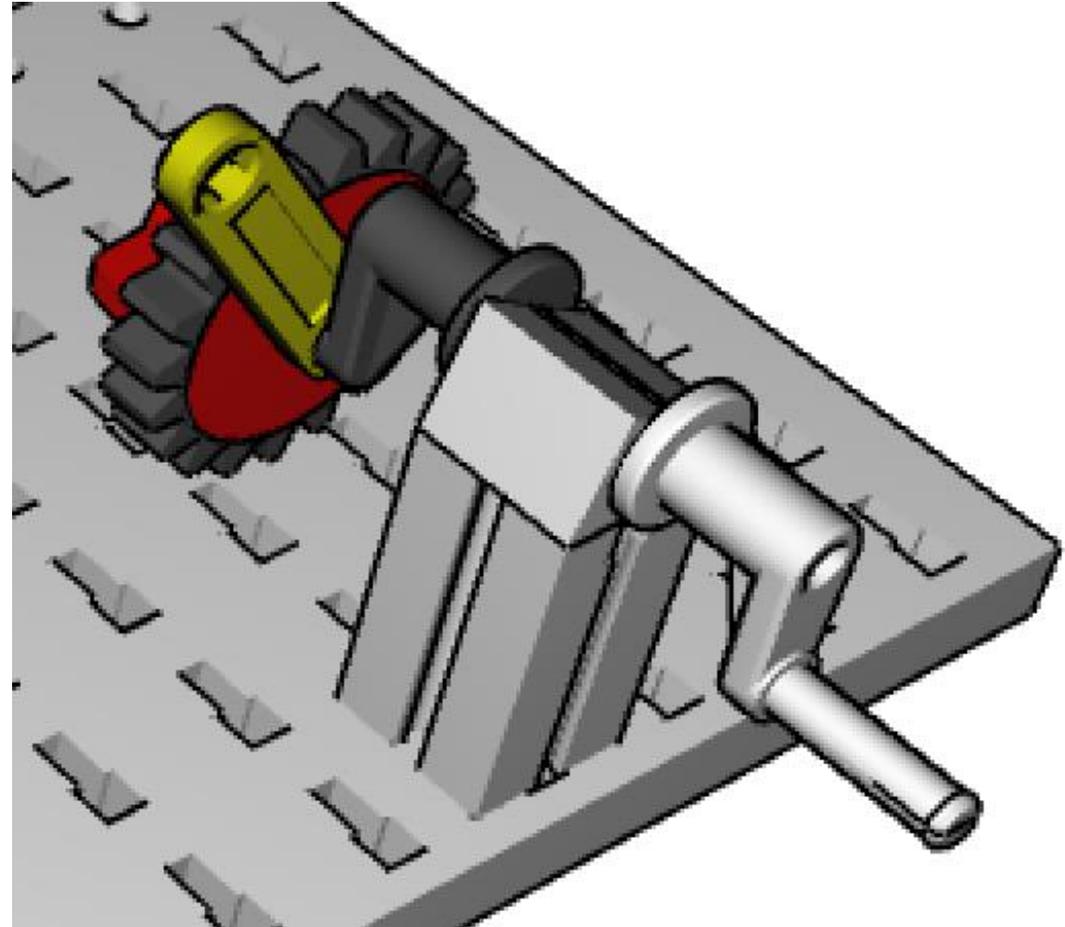
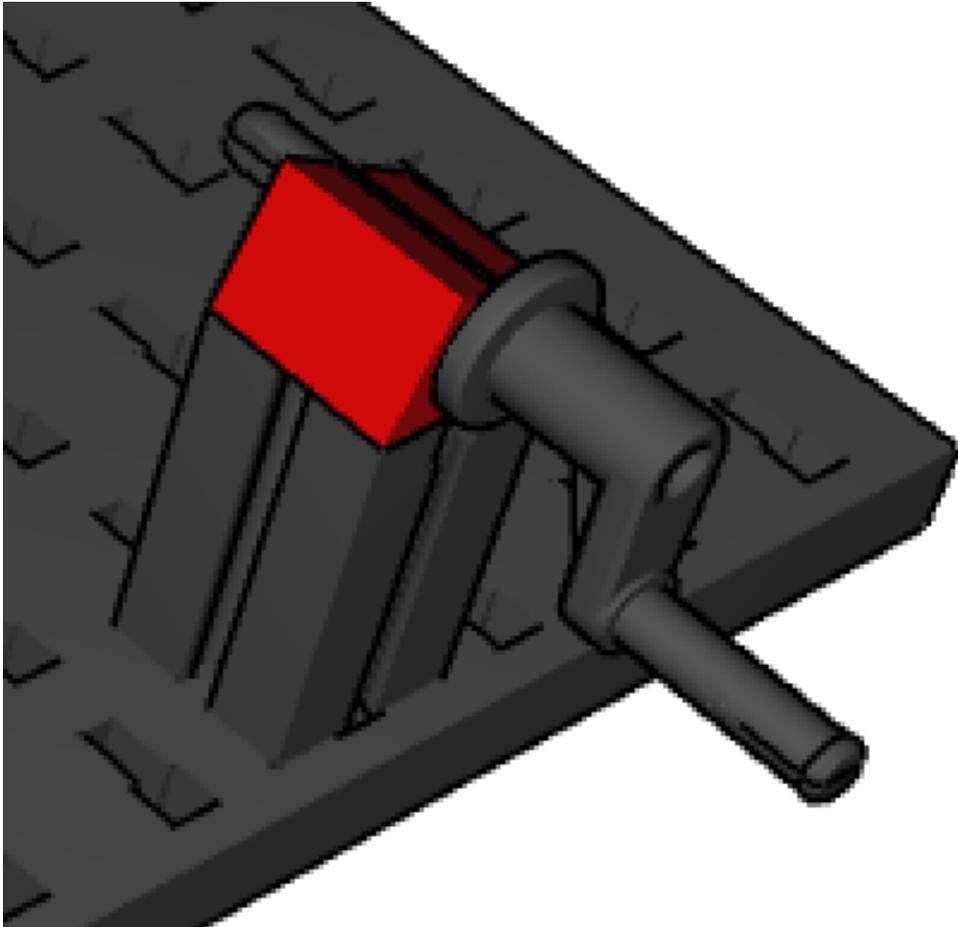
- Bilder von der fischertechnik Convention 2011
  - [Getriebe mit zyklisch variables Übersetzungsverhältnis :: fischertechnik Community \(ftcommunity.de\)](http://ftcommunity.de)
- Nachbauten des Klopmeier-Mechanismus
  - [Zyklisch variables Getriebe \(peterholland\) :: fischertechnik Community \(ftcommunity.de\)](http://ftcommunity.de)
  - [Drei zyklisch variable Getriebe nach Klopmeier :: fischertechnik Community \(ftcommunity.de\)](http://ftcommunity.de)
  - Auf YouTube: <https://youtu.be/hG3hUklMaOI>
- **Das geht natürlich auch mit anderen Zahnrädern als Z20!**
  - I-Streben passen für Z10-Z30, Z20-Z20, Z20-Z40 und Z30-Z30
  - Für Z10-Z20, Z10-Z40, Z20-Z30 Grundbausteine mit Baustein 7,5 fürs richtige Maß

# Kombinationsmodell – kaskadierte Getriebe

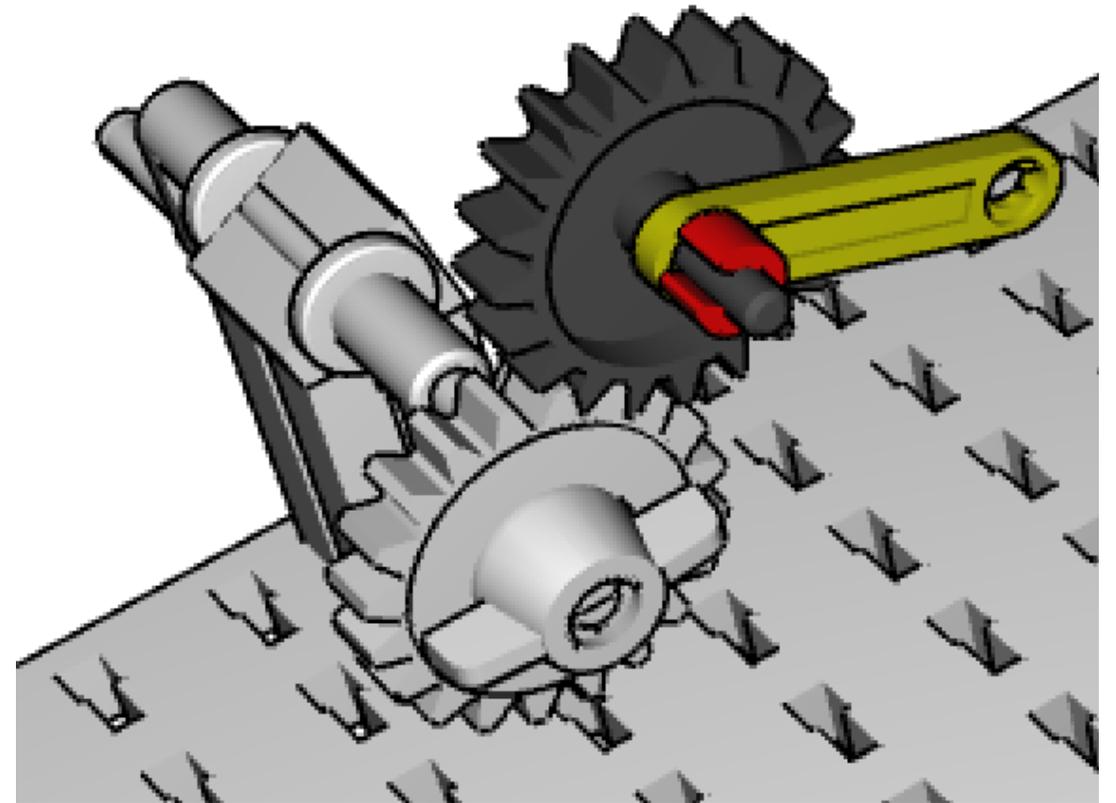
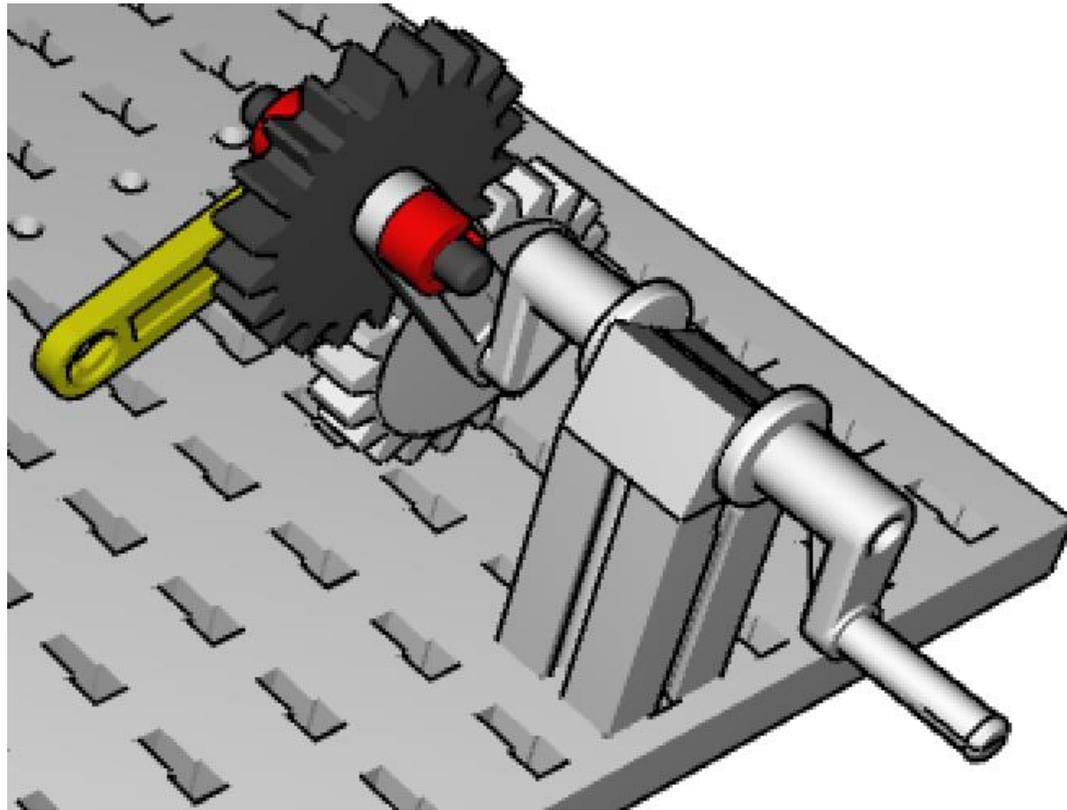
- Was passiert, wenn wir mehrere solche Getriebe hintereinander bauen?
- Dreimal das gleiche Getriebe, nur mit verschiedenen Bausteinen zur Lagerung der Achsen, damit die Abstände groß genug sind



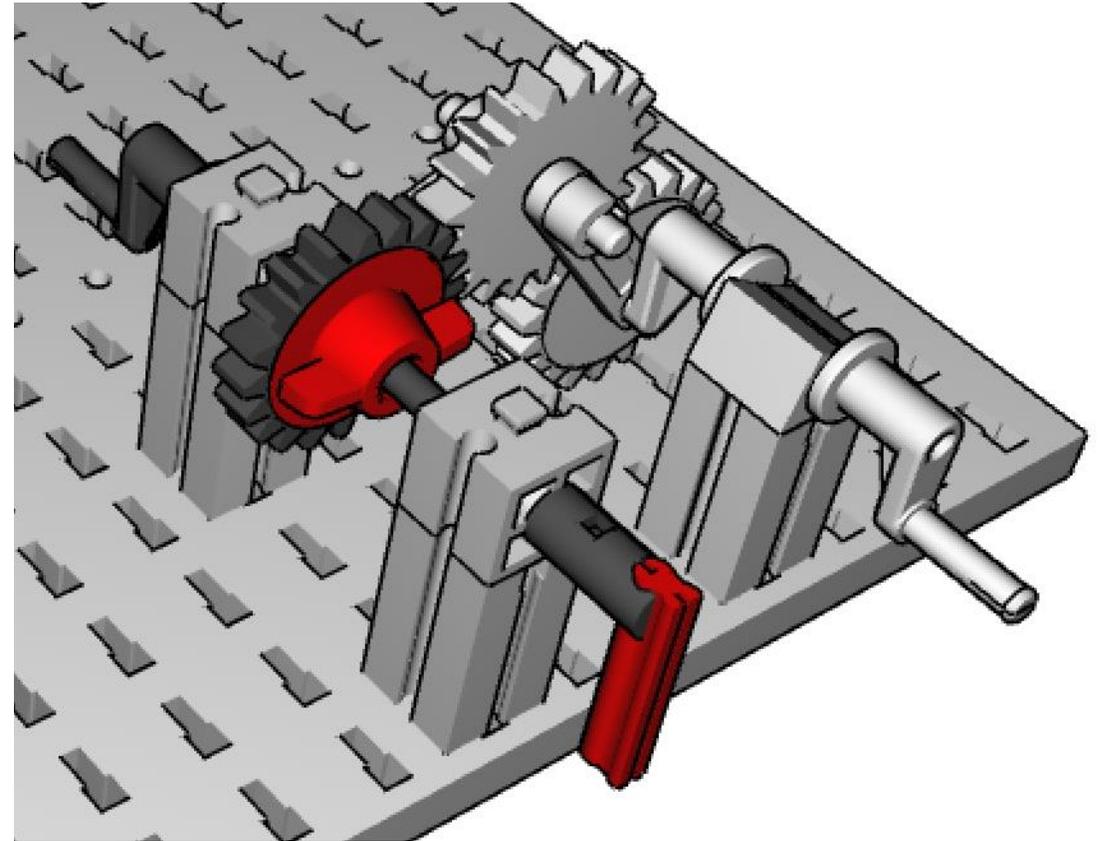
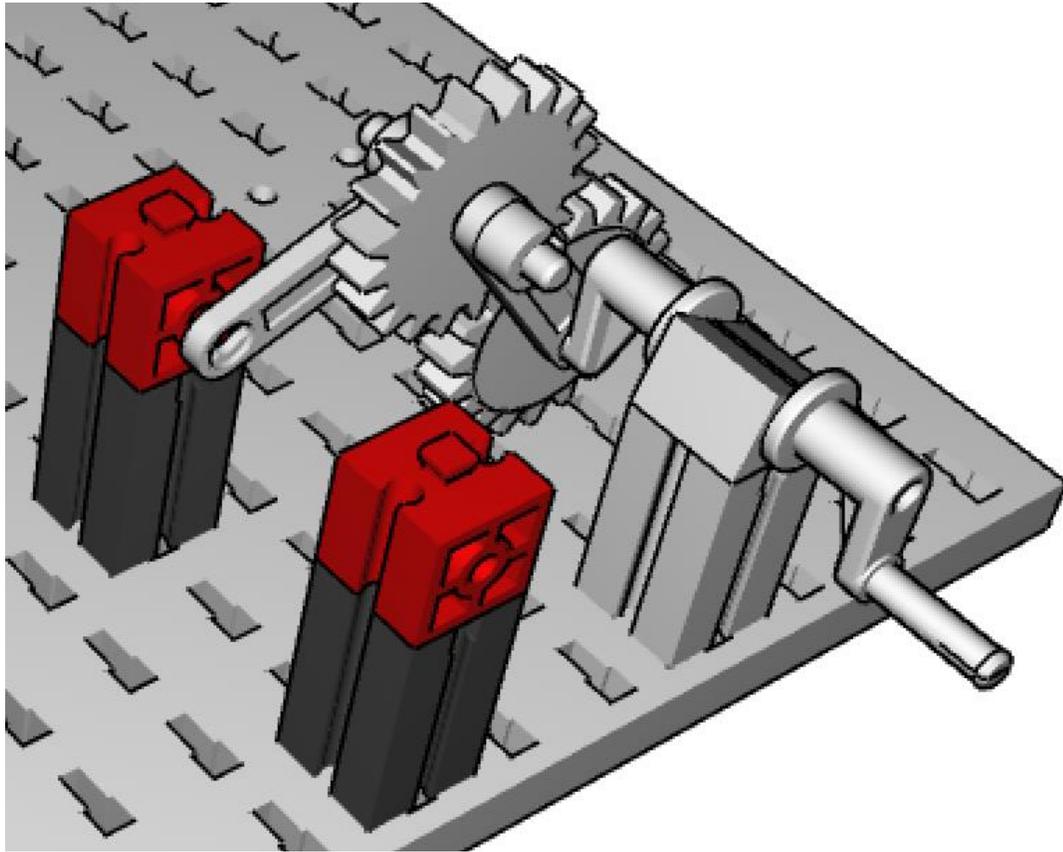
# Kaskadierte Getriebe – Baustufen 1 und 2



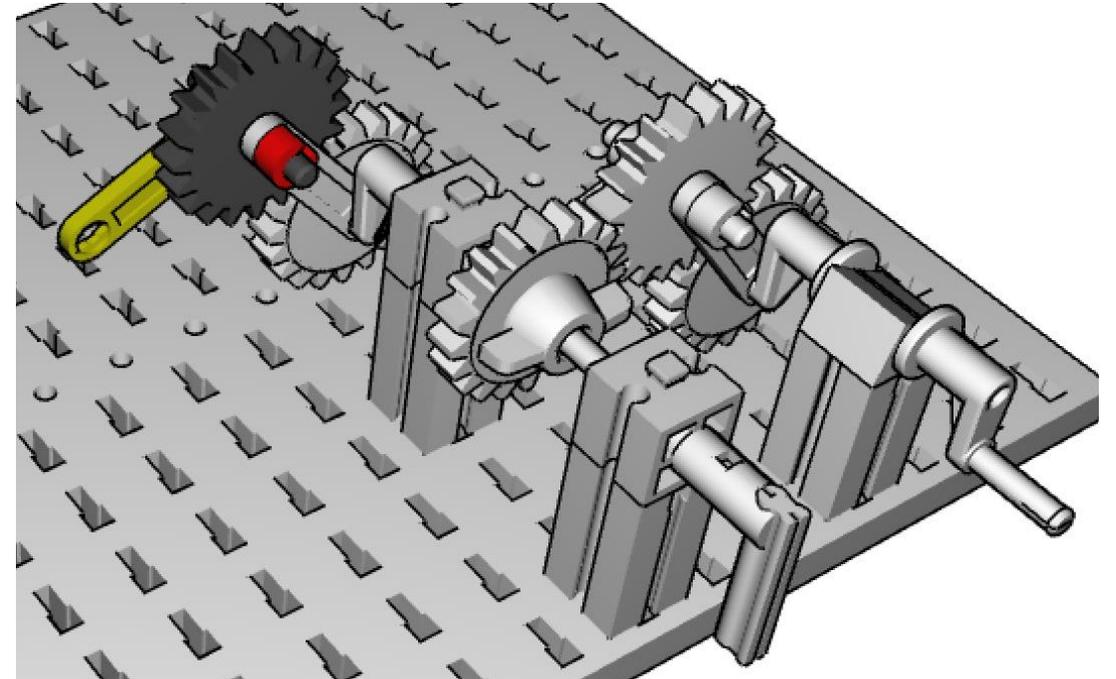
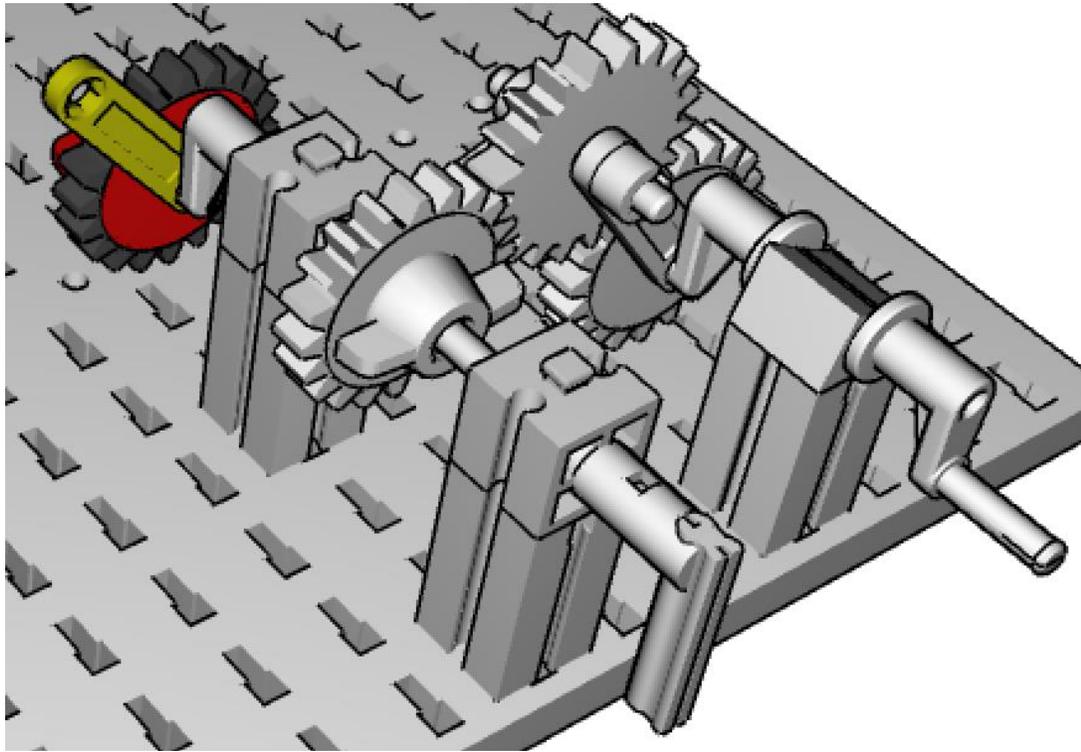
# Kaskadierte Getriebe – Baustufe 3



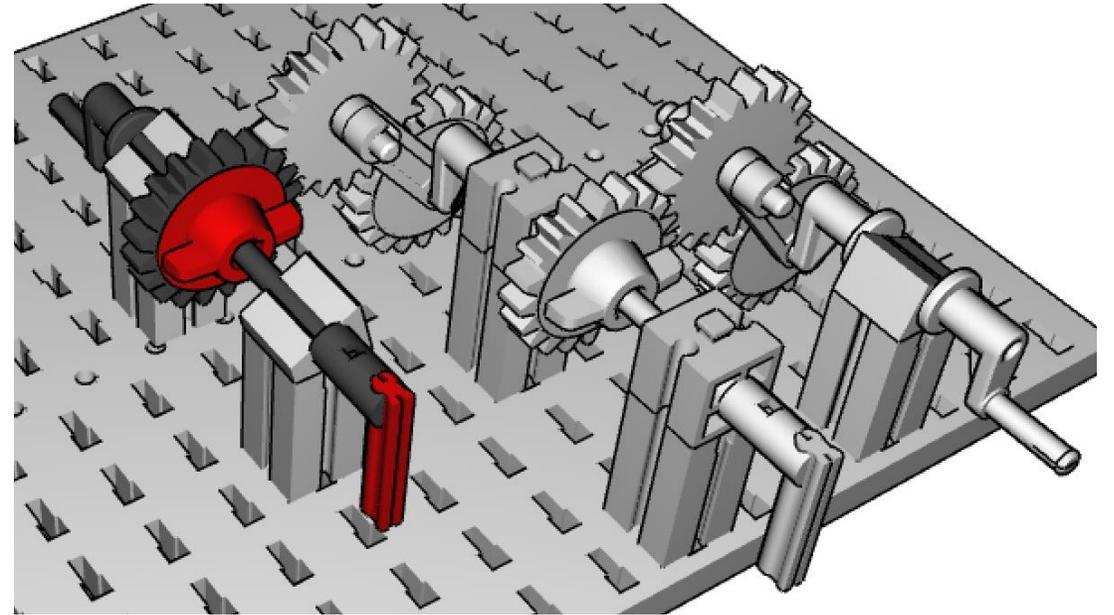
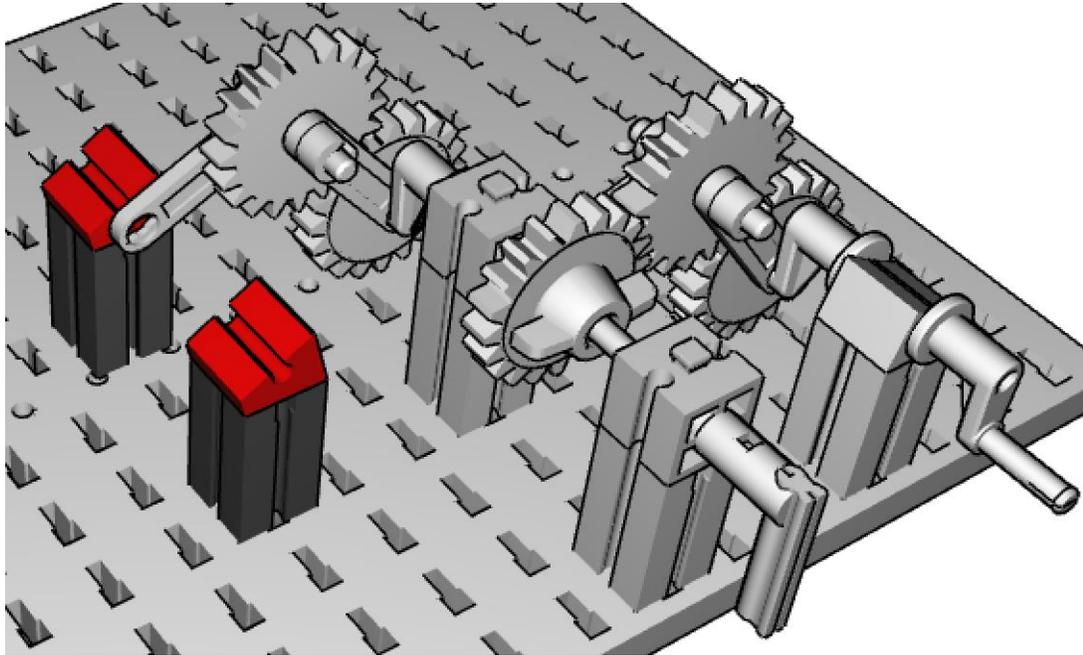
# Kaskadierte Getriebe – Baustufen 4 und 5



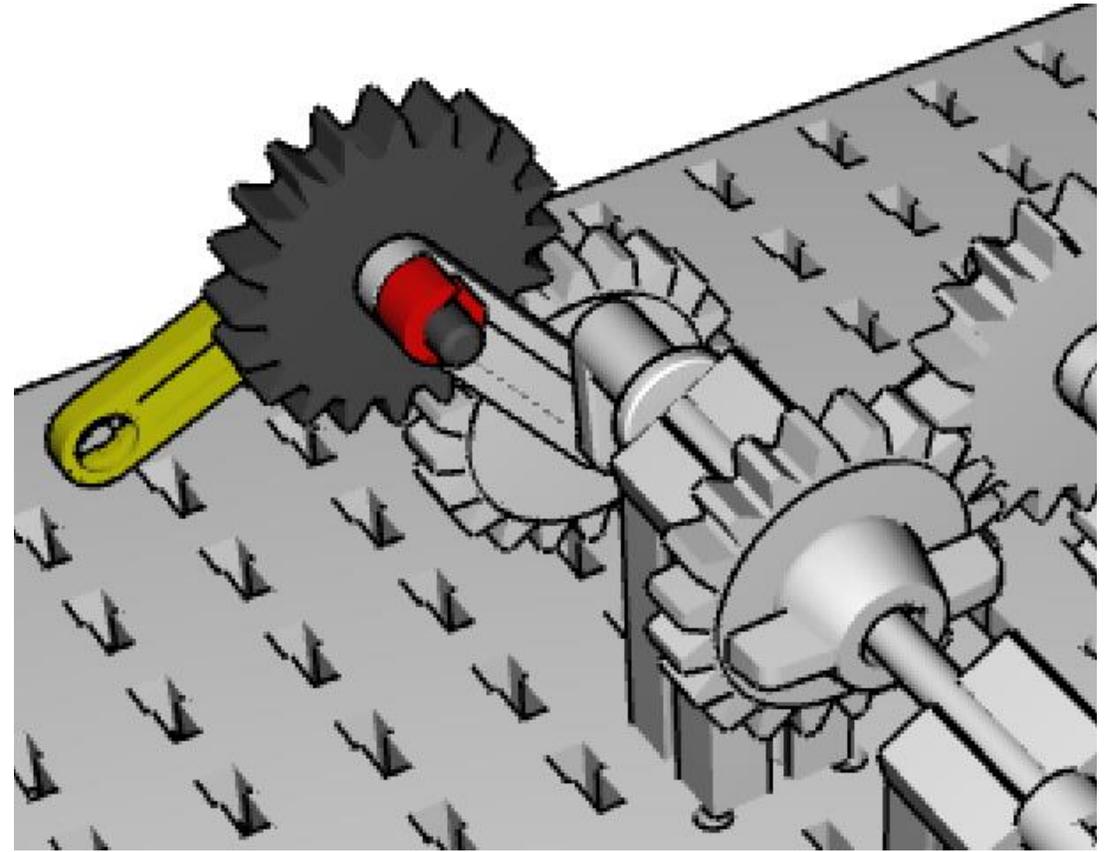
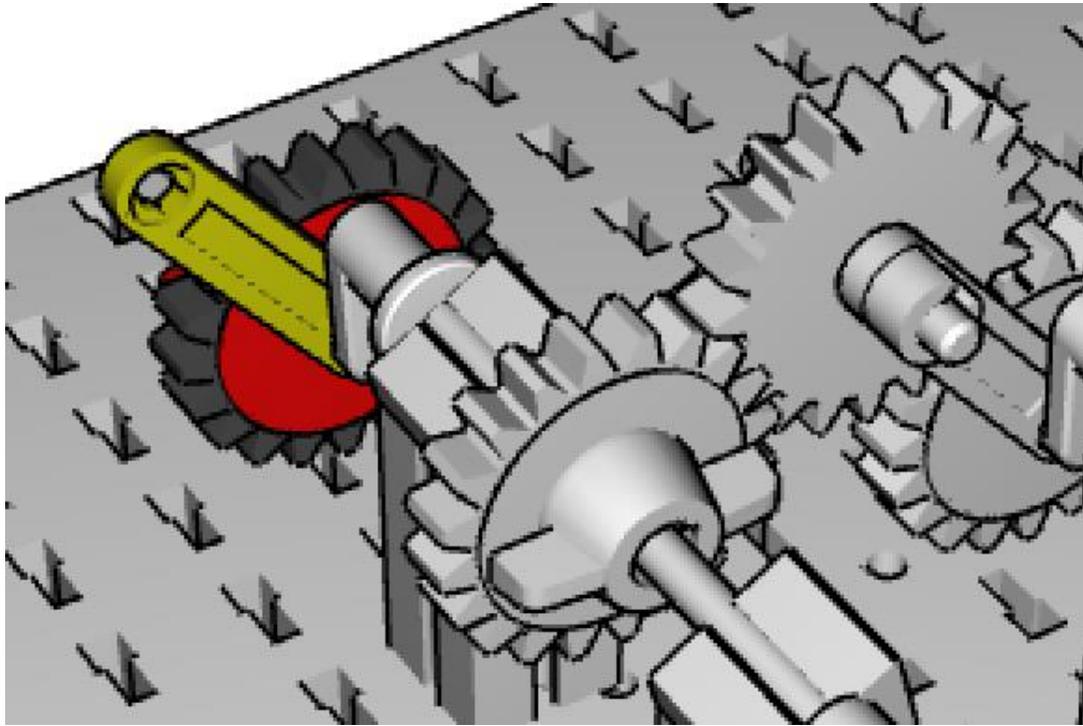
# Kaskadierte Getriebe – Baustufen 6 und 7



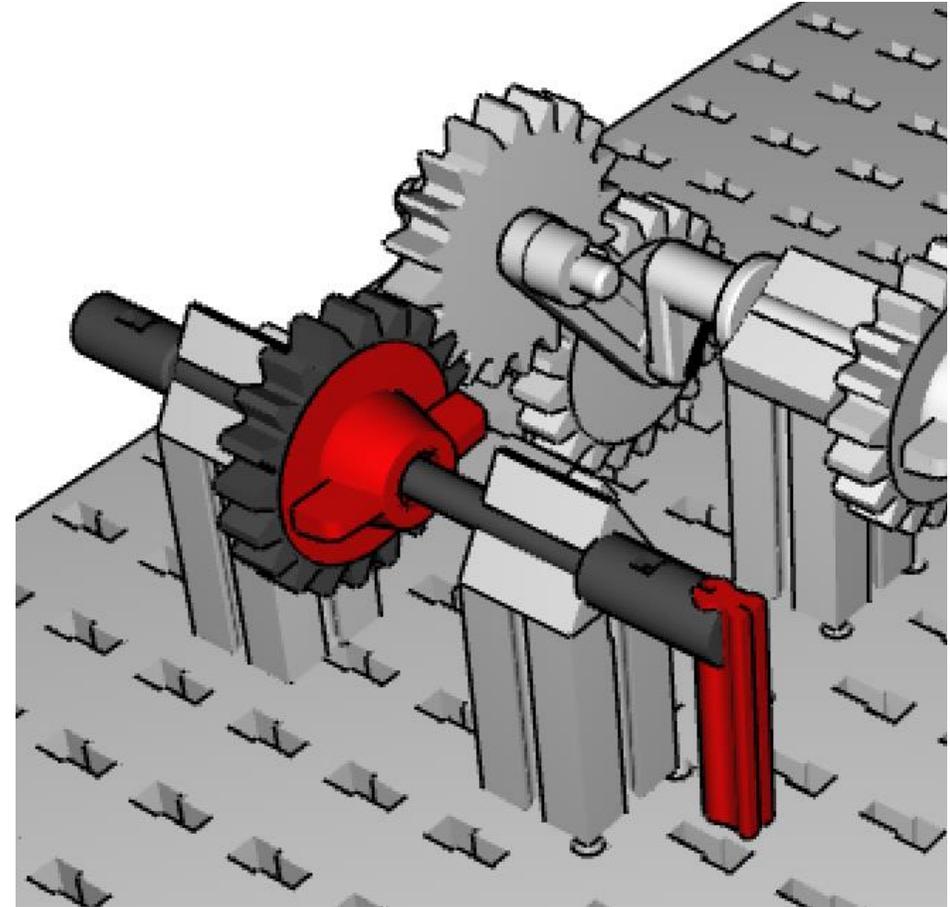
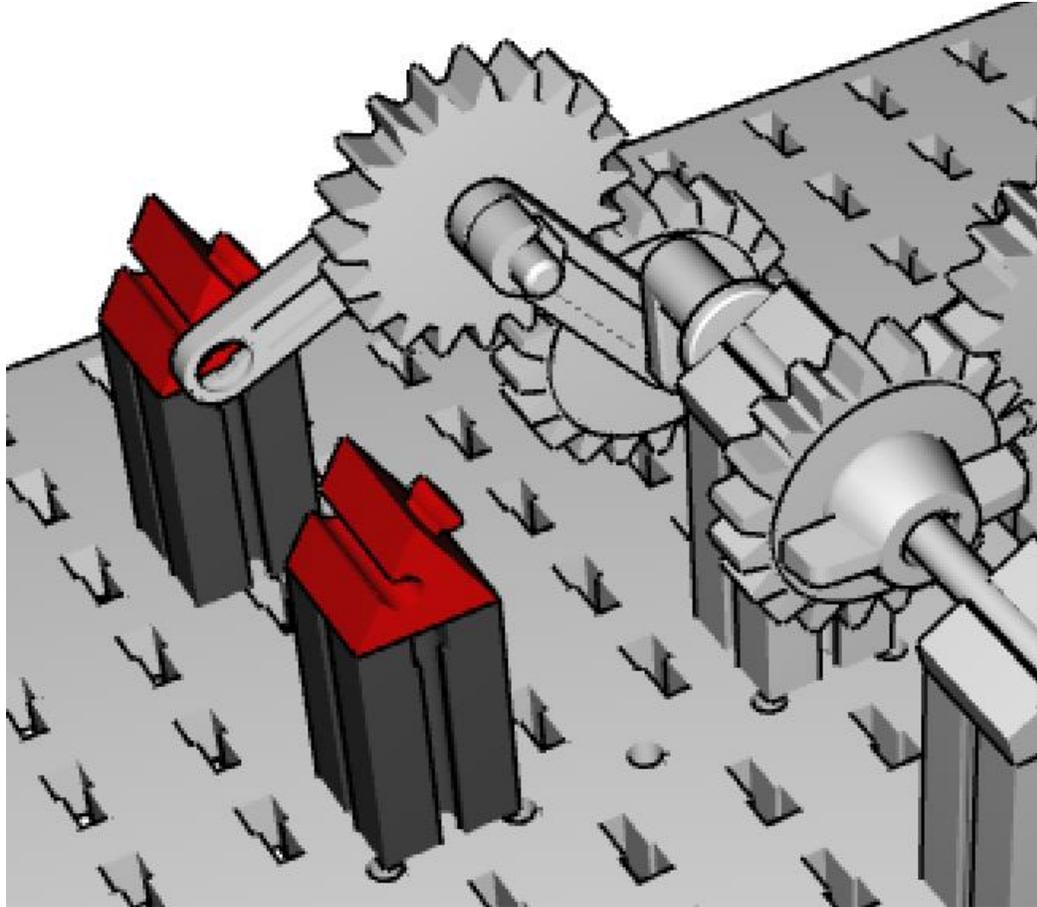
# Kaskadierte Getriebe – Baustufen 8 und 9



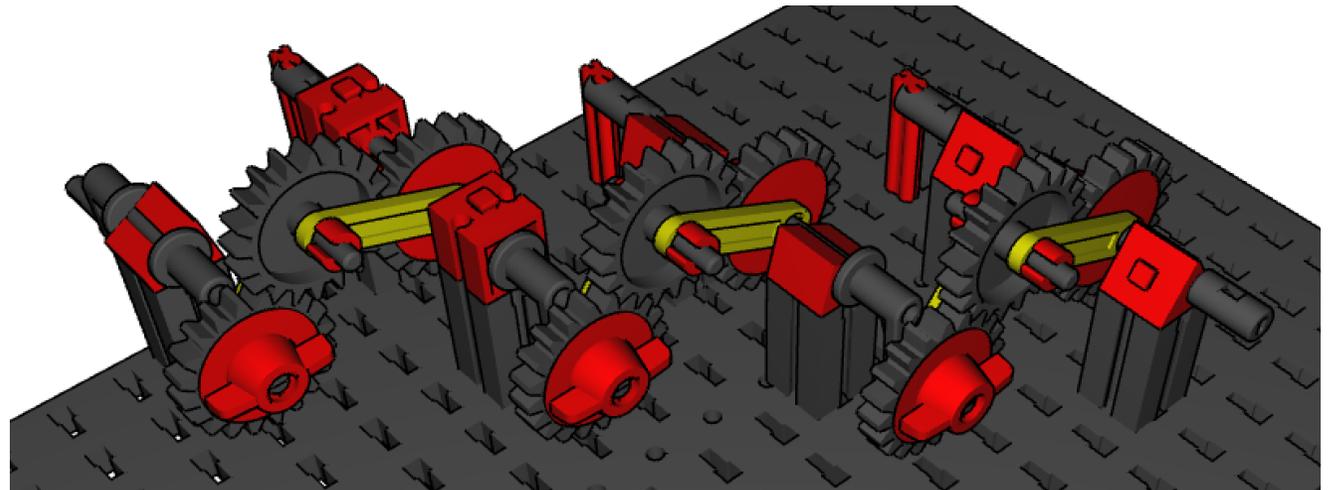
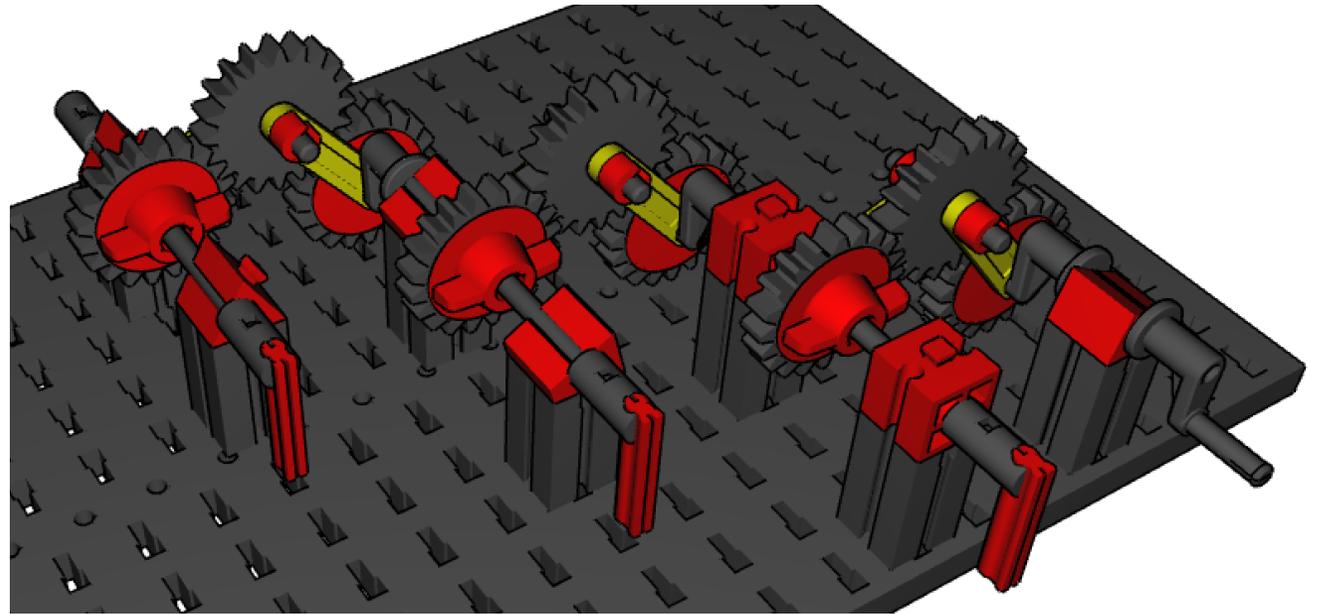
# Kaskadierte Getriebe – Baustufen 10 und 11



# Kaskadierte Getriebe – Baustufen 12 und 13



Gesamtansicht  
von vorne und  
hinten





# Was passiert beim Kurbeln?

---

- Die **Kurbel** dreht sich **gleichmäßig**
- Die **erste Fahne** (Verbinder 30) vollführt ihre Umdrehung – wie in den vorherigen Modellen – in etwa nur **einer Hälfte** der Kurbelumdrehung, sie bleibt etwa **die Hälfte der Zeit stehen**
- Die **zweite Fahne** vollführt ihre Umdrehung in etwa nur **in einem Viertel** der Kurbelumdrehung; sie bleibt **3/4 der Zeit stehen**
- Die dritte Fahne vollführt ihre Umdrehung in etwa nur **in einem Achtel** der Kurbelumdrehung; sie bleibt **7/8 der Zeit stehen**