

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

1 Auftrag: Drehmaschinen bauen

- Drehmaschinen bauen, anschliessend zeichnen
- Gespräch über Ergebnisse. Feststellung: Trotz weniger Bauteile wird es konstruktiv unterschiedliche Lösungen geben, z.B. werden die Wellen sowohl in der waagerechten als auch in der senkrechten Ebene gelagert, unterschiedlich geführt und abgestützt.

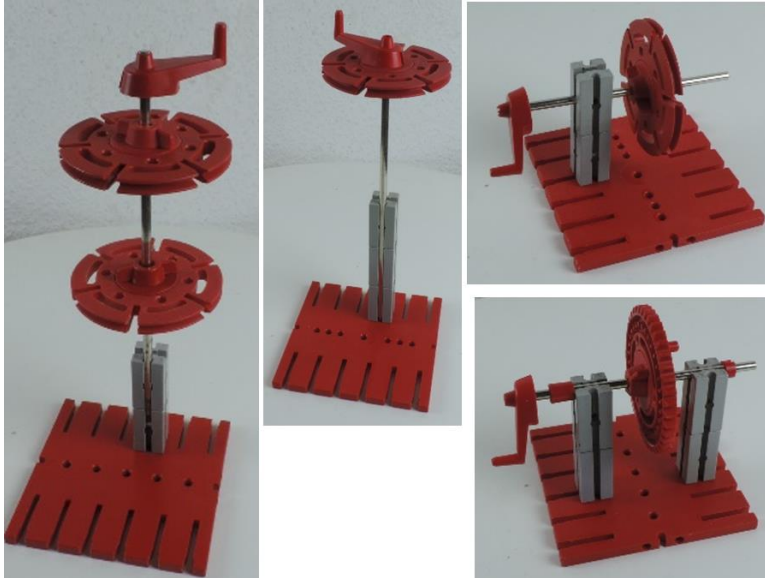


Abb. 1: Unterschiedlich konstruierte Drehmaschinen (©fischertechnik)

- Andere Arten von Drehmaschinen bauen, z.B. Basteln einer Dosen-Kurbelmaschine oder Karton-Maschine
- Karton-Maschine oder Dosen-Maschine erfinden: drehen auf einer Seite führt zu Bewegung von etwas anderem auf anderer Seite und/oder auf der Oberseite der Schachtel bzw. Büchse. Material: Cappuchino-Dose, Schuhkarton, Schweissdraht, verzinkter Eisendraht, Korkzapfen; Werkzeuge: Kombizange, Flachzange, Rundzange, Ahle, Kartonagemesser, Schere, Bohrer bzw. Ahle zum Stechen von Löchern (Anleitungsvorschlag: siehe Anhang).

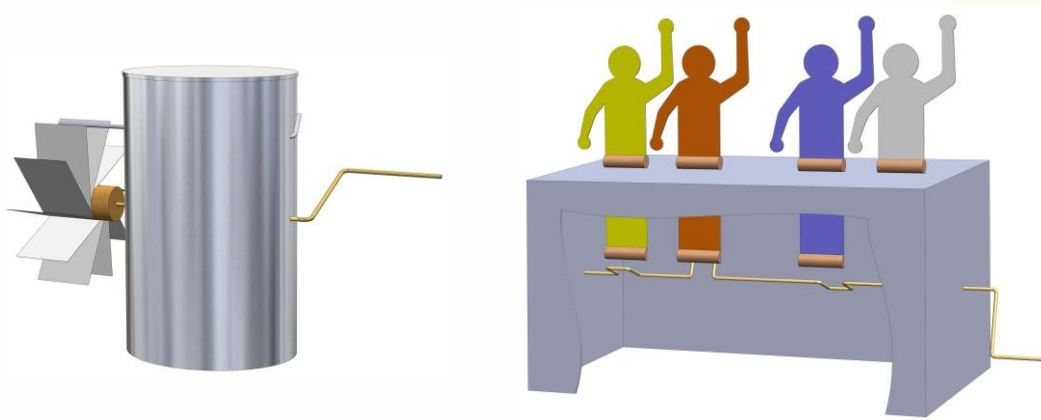


Abb. 2: Dosen-Kurbelmaschinen als „Daumenkino“, Kurbelbox (©Schumann)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

2 Gespräch und Klärung von Begriffen

- Gespräch und Klärung von Begriffen: Handkurbel, Achse/Welle, Lager, Kröpfung, aber auch Grundplatte, Baustein, Drehscheibe/Rad, bewegen, kurbeln, drehen, linksherum, rechtsherum, schnell, langsam
 - a) Handkurbel (A)

Eine Handkurbel ist vom Prinzip her ein einarmiger Hebel. Der Hebelarm ist der Abstand vom Handgriff zum Drehpunkt. Das Drehmoment, das mit der Handkurbel erzeugt wird, entspricht der Kraft multipliziert mit der Länge der Kurbel. Je länger der Hebelarm ist, desto weniger Kraft muss man aufbringen, um z.B. einen Bohrer anzutreiben.
 - b) Achse/Welle (B)

Meist runde, drehbar gelagerte Stange zur Weiterleitung von Drehmomenten. Auf der Welle können Nocken und Kurbeln befestigt werden.
 - c) Lager (C)

Das Lager stützt die Welle, gibt Stabilität und macht, dass die Welle gleichmässig dreht (hier als Griff für die zweite Hand gezeichnet, d.h. die Hand stabilisiert die Welle).
 - d) Zusatzlager (D)

Es stabilisiert die Richtung der Welle
 - e) Kröpfung (E)

Kröpfung: Durchmesser des Kreises, den die Kurbel bei der Drehung beschreibt (der Mittelpunkt des Kreises ist der Drehpunkt).

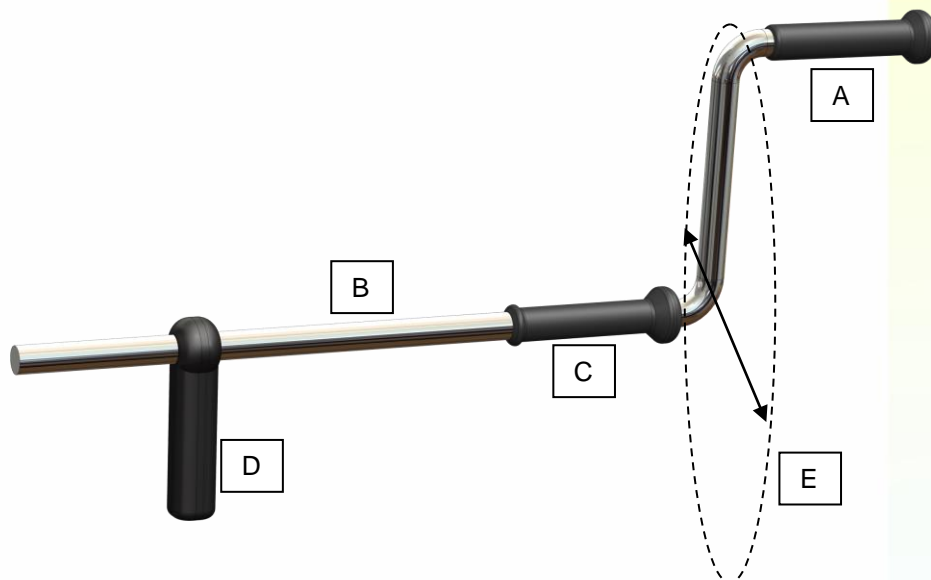
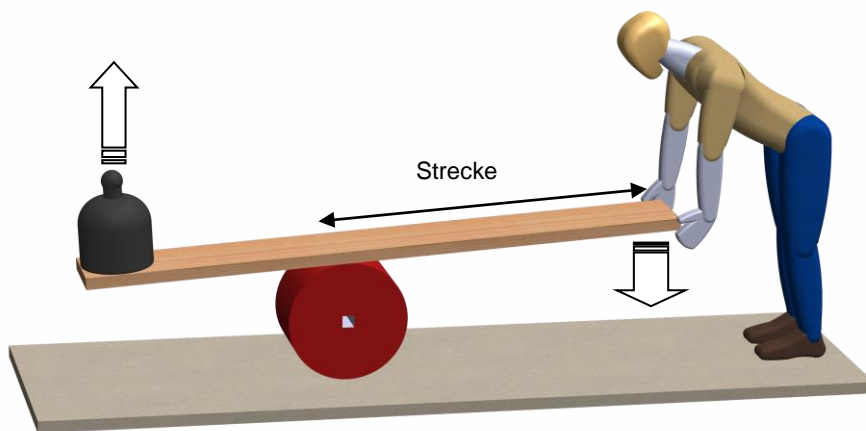


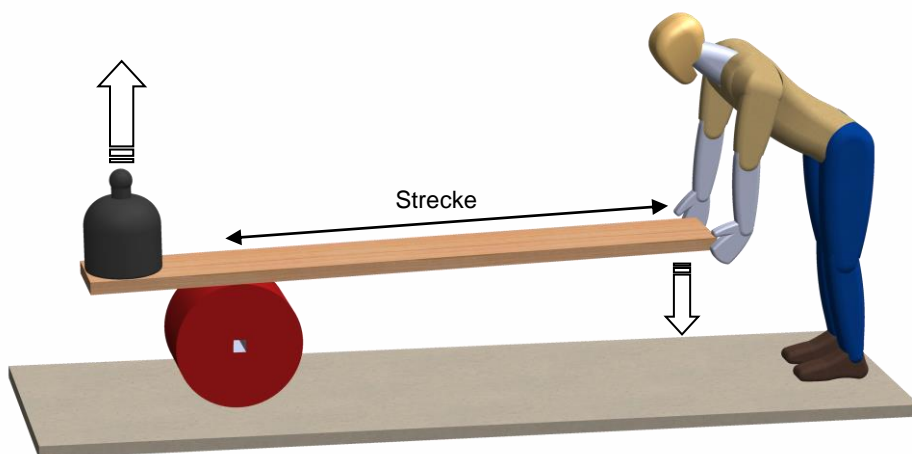
Abb. 3: Zeichnerische Darstellung der Begriffe Handkurbel, Lager und Welle (©Schumann)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

3 Hebel und Kurbel

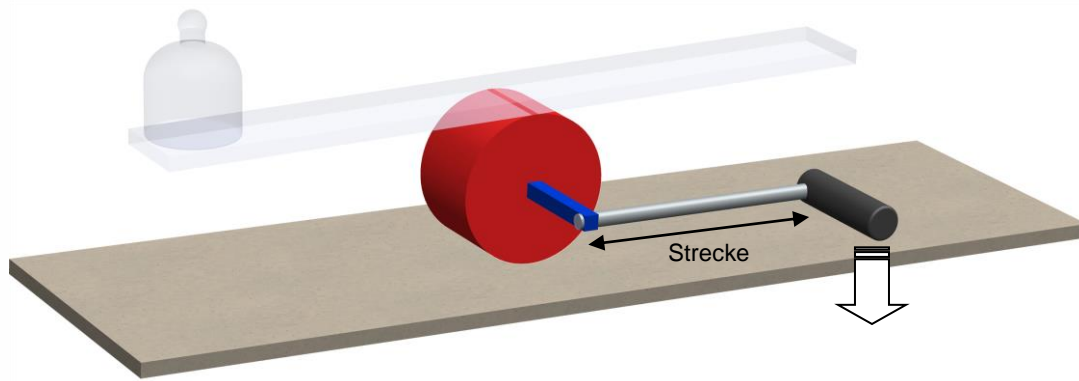


a) kurzer Hebelarm: hoher Kraftaufwand, kurze Strecke

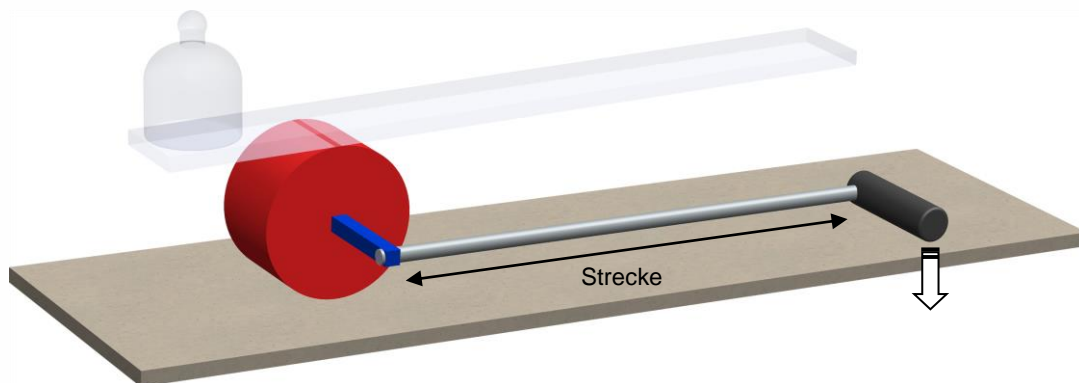


b) langer Hebelarm: geringer Kraftaufwand, längere Strecke

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN



c) kurzer Hebelarm: hoher Kraftaufwand, kurze Strecke



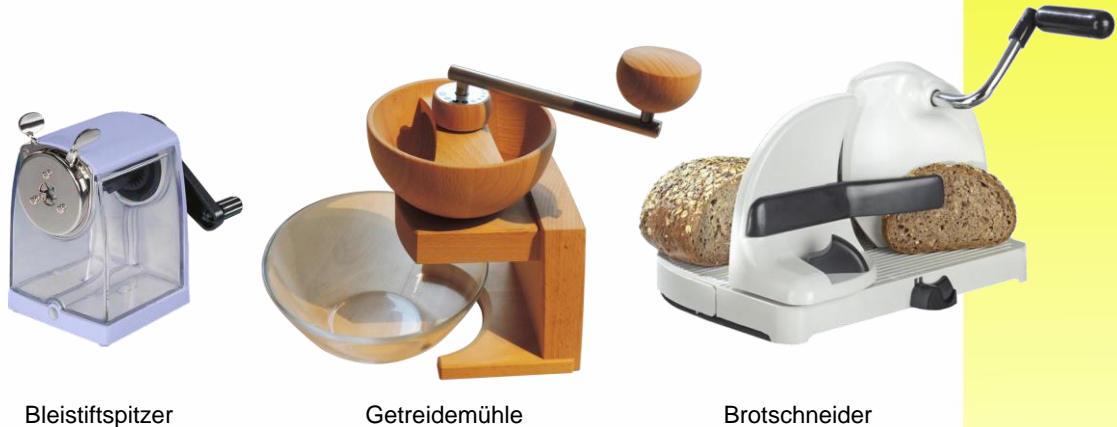
d) langer Hebelarm: geringer Kraftaufwand, längere Strecke

Abb. 4: Zeichnerische Darstellung der Begriffe Hebel und Kurbel (©Schumann)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

4 Betrachtung von Drehmaschinen aus dem Alltag und Gespräch darüber unter Klärung der Begriffe

- Zum Beispiel: Salatschleuder, Bleistiftanspitzer mit Handkurbel, Brotschneidemaschine mit Handkurbel, Getreide- oder Kaffeemühle mit Kurbel (überlegen: was ist jeweils die Handkurbel, die Welle, die Kröpfung?); ggf. auch Stummfilm „Apfelschälmaschine“ und „Getreidemühle“ anschauen und diese Geräte im Original untersuchen



Bleistiftspitzer

Getreidemühle

Brotschneider

Abb. 5: Geräte mit Kurbel

5 Zahnradübertragungen bauen

- Explorieren: im spielerisch-probierenden Tun die Funktion von Zahnrädern als Mittel der Bewegungsübertragung kennenlernen



Abb. 6: Zwei Zahnräder mit gleicher Anzahl Zähnen und mit einer Handkurbel (©NextX)

- Fragestellungen – dazu explorieren, also kleine Konstruktionen bauen und versuchen, im Gespräch elementare Prinzipien und Gesetzmässigkeiten des Zahnradgetriebes zu entdecken und zu erschliessen:

a) Was passiert, wenn ich das erste Zahnrad rechtsherum drehe?

Wenn das erste Zahnrad im Uhrzeigersinn gedreht wird, dreht sich das zweite Zahnrad entgegen des Uhrzeigersinns

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

- b) Was, wenn ich es linksherum drehe?

Umkehrung: wenn das erste Zahnrad gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird, bedeutet dies, dass sich das zweite Zahnrad im Uhrzeigersinn dreht

Prinzip: es lässt sich erkennen, dass bei zwei ineinandergreifenden Zahnrädern die Drehrichtung des getriebenen Rades entgegengesetzt ist zur Drehrichtung des angetriebenen Zahnrades

- c) Wie kann ich mit Zahnrädern in die Vertikale kommen?

Zahnräder im rechten Winkel anordnen. Sie greifen aber nicht sehr gut ineinander, die Reibungsfläche ist klein.



Abb. 7: Mit Zahnrädern in die Vertikale bauen (©NextX)

- d) Was passiert, wenn ein Zahnrad mit 40 Zähnen angetrieben wird und in ein Zahnrad mit 20 Zähnen greift?

Die Drehgeschwindigkeit ändert sich: in der Zeit, in der sich das grosse Zahnrad einmal dreht, hat sich das kleine Zahnrad zweimal gedreht. Es findet eine Übersetzung vom Langsamen ins Schnelle statt.

Beispiele für Übersetzungen: eine Zentrifuge, z.B. zum Schleudern von Honig – aus einer langsamen Bewegung soll eine ganz schnelle, den Honig aus den abgedeckelten Waben schleudernde Bewegung werden.

Das Übersetzungsverhältnis lässt sich mathematisch berechnen. Ein Beispiel: Zahnrad 1 hat 20 Zähne, Zahnrad 2 hat 10 Zähne. Das Zahnrad 2 dreht sich 2x, wenn sich das Zahnrad 1 nur 1x dreht. Das Übersetzungsverhältnis ist 2:1.

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

- e) Was passiert, wenn ein Zahnrad mit 20 Zähnen angetrieben wird und in ein Zahnrad mit 40 Zähnen greift?

Es findet eine Untersetzung statt, eine Transformation vom Schnellen ins Langsame.



Abb. 8: Über- und Untersetzungen mit Zahnrädern (©fischertechnik)

6 Zahnradübertragungen in Stummfilmen ansehen

- Gespräche über die bereitgestellten Stummfilme führen: welche Prinzipien sind in den Filmen erkennbar? Welche Begriffe sind hilfreich bei der Beschreibung der Vorgänge?

7 Zahnradübertragungen optimieren

- Festgestellt wurde, dass zwei im rechten Winkel angeordnete Zahnräder schlecht ineinandergreifen (vgl. 4c, mit Zahnrädern in die Vertikale bauen). Als Alternative wird ein Kegelradgetriebe gebaut und angesehen; Gespräch über die Bezeichnung „Kegelrad“ führen; Gespräch zum allgemeinen Austausch zwecks Aufbau von Verständnis

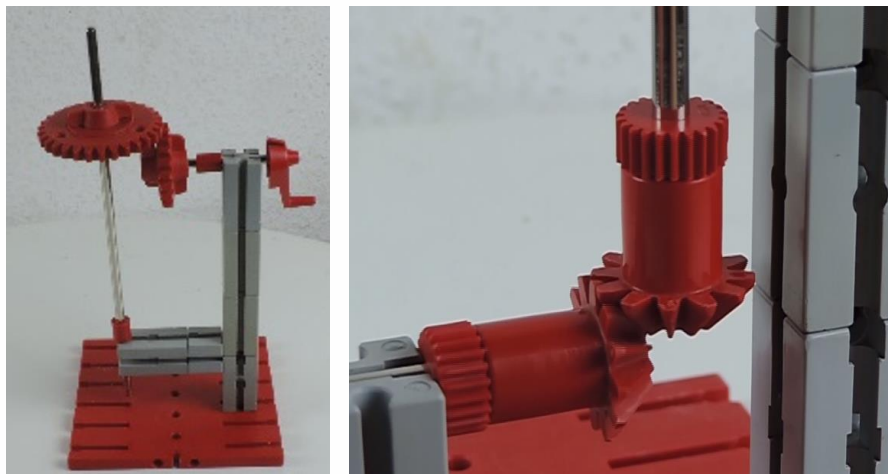


Abb. 9: Optimierung: normale Zahnräder und Kegelradgetriebe (©fischertechnik)

8 Zahnradübertragungen – weitere Möglichkeiten ansehen

- Demonstriert wird ein Schneckengetriebe. Im Gespräch wird geklärt, welche Besonderheiten damit verbunden sind:
 - a) Bestandteile: schraubenförmige Welle (die sog. Schnecke) und Schneckenrad (Zahnrad)
 - b) Schneckengetriebe: eine Sonderform des schrägverzahnten Zahnrades
 - c) Antriebsachse und angetriebenes Zahnrad liegen in der Regel im 90° Winkel versetzt zueinander
 - d) Die Schnecke kann links- oder rechtsdrehend sein (beide Drehrichtungen möglich)
 - e) Schneckengetriebe müssen in der Regel gekühlt werden (nicht im Modell)
 - f) Schneckengetriebe gelten als geräuschärmste Verzahnungsart
 - g) Schneckengetriebe werden dort eingesetzt, wo hohe Übersetzungen (bis 150) gefragt sind
 - h) Schneckengetriebe findet man in Pressen, Walzwerken, Bergbaumaschinen, aber auch in Präzisionsmaschinen, z.B. Fräsköpfen
 - i) Um Reibung zu verhindern, sind Schnecken und Schneckenrad aus unterschiedlichen Materialien gefertigt; die starkem Verschleiss ausgesetzte Schnecke besteht in der Regel aus gehärtetem Stahl, das Schneckenrad aus weicheren Materialien, z.B. Messing, Bronze oder Kunststoff

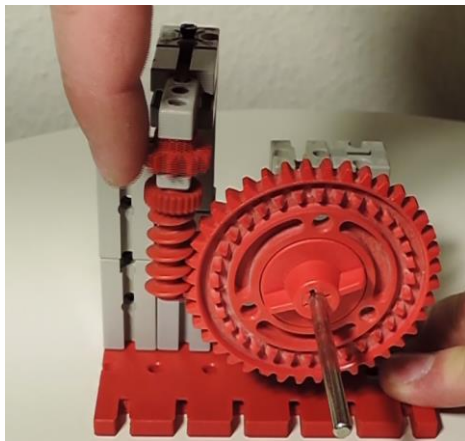


Abb. 10: Schneckengetriebe (@fischertechnik)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

9 Fragestellung: Wie funktioniert eine Handbohrmaschine?

- Handbohrmaschine so in Alufolie oder Packpapier wickeln, dass nur die Handkurbel an der Seite und der Bohrer unten heraussehen. Auftrag: die Maschine als Ganzes zeichnen, auch das, was verborgen ist. Anschliessend die Zeichnung vergleichen mit der dann ausgepackten Handbohrmaschine.



Abb. 11: Eingewickelte Handbohrmaschine (©Schumann)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

- Auch versuchen, eine Handbohrmaschine mit Hilfe von z.B. Fischertechnik-Bauteilen nachzubauen, als Modell.
- Gespräch darüber führen, was ein Modell ist (z.B. Funktionsmodell: stellt die Funktion des Gegenstands dar, aber entspricht nicht 1:1 dem originalen Gegenstand; veranschaulicht aber die Prinzipien der Wirkungsweise bzw. Funktion); Gespräche darüber führen, was das Modell und den originalen Handbohrer unterscheidet und worin beide übereinstimmen; Gespräch darüber führen, was man am jeweiligen Modell verändern kann (und dass man etwas verändern kann, d.h. man hat es mit dynamischen, nicht starren Modellen zu tun); Gespräch darüber führen, wozu Modelle nützen können (z.B. zur Veranschaulichung, zum Aufbau von mentalen Vorstellungen von Prinzipien, für Vorhersagen über mögliches Verhalten und ggf. Schwachstellen der Konstruktion); Gespräch darüber führen, wann ein Modell ein „gutes“ Modell ist (z.B. wenn es die komplexe Wirklichkeit vereinfacht darstellen kann, oder wenn es den Zweck gut erfüllt, für den man es gebaut hat oder wenn es ein Prinzip besonders gut demonstrieren kann).

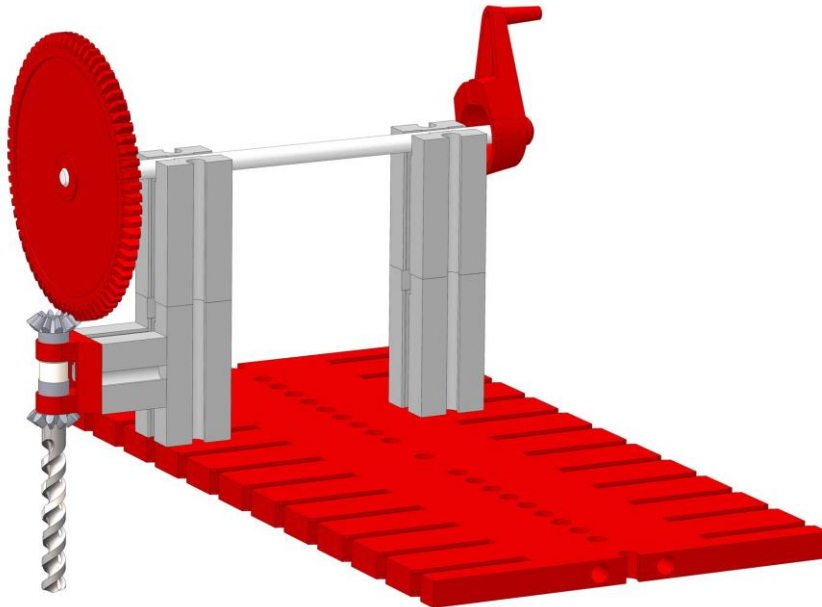


Abb. 12: Modell-Handbohrmaschine (©fischertechnik)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

10 Fragestellung: Wie spannt man einen Bohrer ein und wodurch wird er festgehalten?

- Ausprobieren: Bohrfutter auf Gewinde drehen, dabei Gewindeachse fixieren, da sonst wirkungslos
- Auftrag: wenn kein Bohrer eingespannt ist, von vorne bzw. unten in das Bohrfutter hineinsehen, ggf. mit Lupe. Was sieht man? Zeichnung anfertigen. Diese Zeichnung vergleichen mit einer vorgegebenen Abbildung. Drei Spannbacken werden in einen Konus geschoben und klemmen den Bohrer fest. Ggf. auch dazugehörigen Stummfilm ansehen.

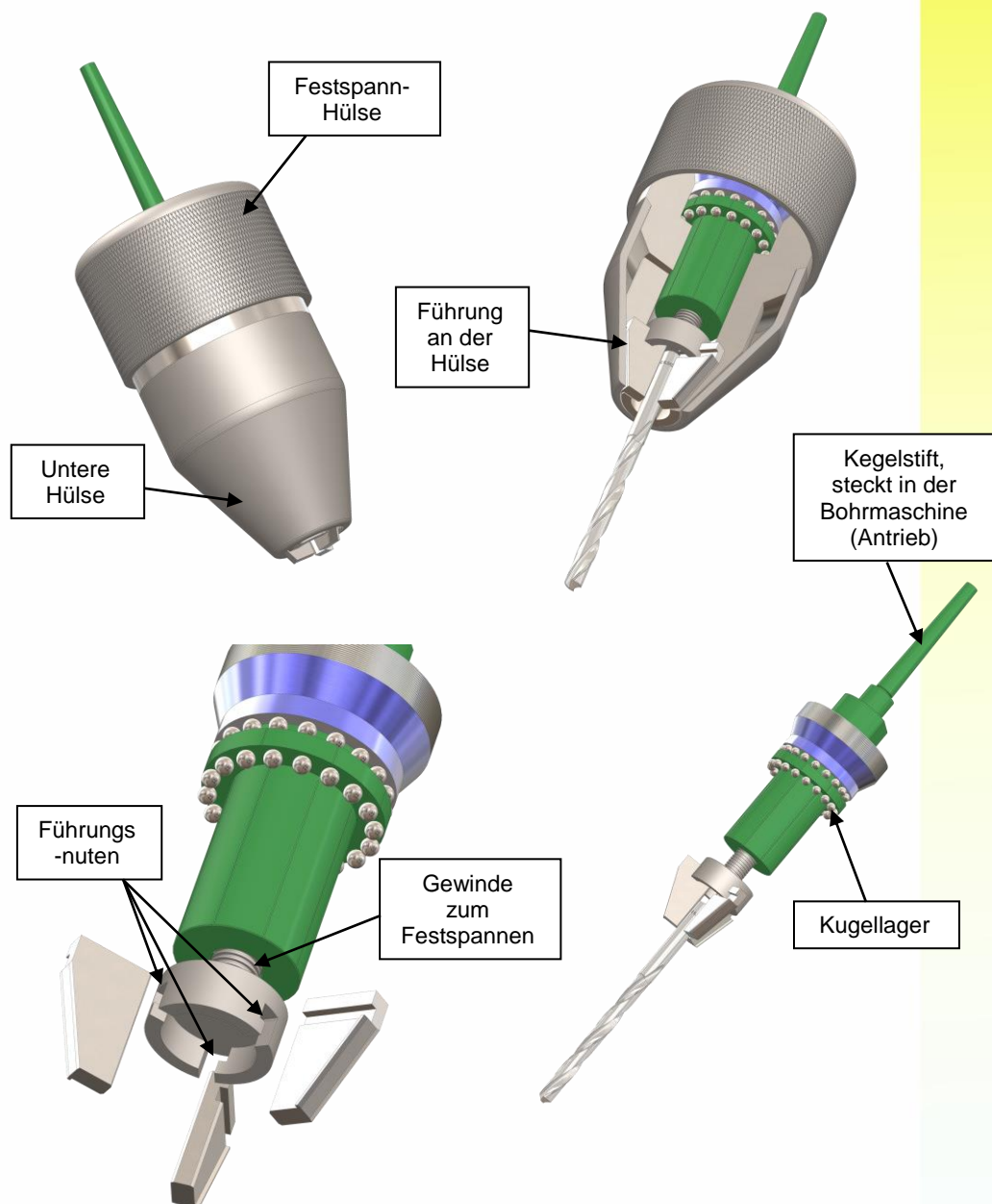


Abb. 13: Exemplarischer Aufbau eines Bohrfutters mit drei Spannbacken, durch Nuten und die untere Hülse geführt (es gibt zahlreiche Varianten des Aufbaus eines Bohrfutters) (©Schumann)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

- Explorieren: eine Metallhülse nehmen und versuchen, einen Bohrer darin zu fixieren, z.B. mit Hilfe von streichholzdicken Hölzchen und Styroporkrümeln.
- Klärung im Gespräch: warum sind gerade 3 Spannbacken gut geeignet? (Zentrierung)

11 Fragestellung: Wie funktioniert der Bohrvorgang?

- Ausprobieren:
 - a) Bohrer fest einspannen
 - b) Zahnradübersetzung beobachten
- Klärung im Gespräch
 - a) Grosse, rote Handkurbel fungiert als Hebel
 - b) Kleines, silbernes Kegel-Zahnrad wird durch Handkurbelantrieb gedreht – Übersetzung geht vonstatten, d.h. das kleine silberne Kegel-Zahnrad dreht sich schnell – dafür ist viel Kraft erforderlich – wäre die rote Stange, an der der Handknäuf befestigt ist, länger, müsste man nicht so viel Kraft aufbringen. Es erfolgt gleichzeitig auch eine Bewegungsänderung von vertikal zu horizontal. Betrachtung der Passung: Form des kleinen silbernen Rades ist ein Kegel, so entsteht ein optimaler Formschluss.
 - c) Bohrfutter und Bohrer werden in Drehung versetzt
- Im Fall der Zeichnung (rechts) lässt sich noch etwas Anderes gut beobachten: hier ist noch ein zweites Kegelrad (oben, gleich unterhalb des oberen Griffs) angebracht - ein Gespräch lässt sich darüber führen, was es damit auf sich hat (es dient der Stabilisierung; das rote Zahnrad läuft dann besonders rund; wichtig ist auch: dieses obere Kegelrad darf nicht mit dem unteren verbunden sein, denn es dreht sich ja in die „falsche“ Richtung).

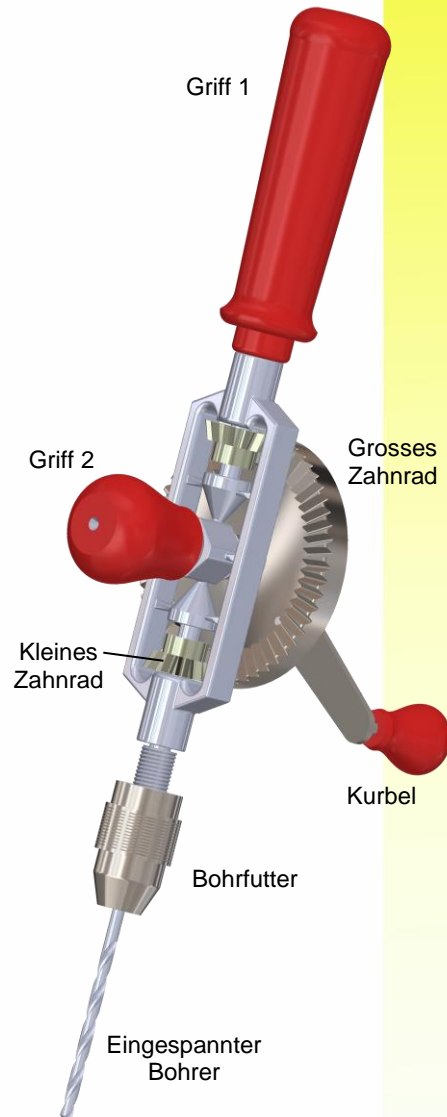


Abb. 14: Aufbau einer Handbohrmaschine (©Schumann)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

- Explorieren: vorsichtig (Schneid-Gefahr) mit einer Hand den eingespannten Bohrer drehen, mit der anderen Hand das Gerät nur vorsichtig ganz oben festhalten. Beobachtung: das grosse, rote Rad dreht sich sehr langsam. Untersetzung: Klärung im Gespräch
- Erweiterte Fragestellung: würde der Handbohrer auch funktionieren, wenn das Kegelradgetriebe aus einem geraden silbernen Zahnrad bestünde, nicht aus einem kegelförmigen? Klärung im Gespräch, dass es evtl. ginge, aber unter Verlust von Präzision; eine schlechte Übertragung und viel Kraftverlust wären die Folgen; evtl. Anschauen der bereitgestellten Stummfilme zum Kegelradgetriebe
- Weitere zusätzliche Fragestellung: manche Handbohrer haben seitlich noch eine Stange. Diese dient dazu, dass man die Handkurbel umschrauben kann und damit die Drehrichtung ändern.
- Nachdenken über den funktionalen Aufbau des Handbohrers: Im funktionalen Aufbau des Handbohrers lassen sich drei Mechanismen unterscheiden: der Antriebsmechanismus, der die erforderliche Antriebsenergie erzeugt - im Fall des Handbohrers die Handkurbel; der Übertragungsmechanismus, der die Antriebsbewegung aufnimmt, weiterleitet, nach Bedarf umwandelt und auf den Werkzeugteil überträgt - im Fall des Handbohrers die Zahnrad-Übertragungen; den Werkzeug- oder Arbeitsmechanismus, der die eigentliche Arbeit verrichtet - im Fall des Handbohrers der Bohrer und der Bohrvorgang.
- Verallgemeinerungsversuche im Gespräch - Nachdenken über den konstruktiven Aufbau von Maschinen allgemein: Maschinen bauen sich aus einfachsten Bauteilen auf, die konstruktiv nicht weiter zerlegbar sind. Die wichtigsten Maschinenelemente sind Elemente der drehenden Bewegung wie Zapfen, Welle, Achse, Lager. Elemente der Drehmomentübertragung wie Zahnräder, Riemenantrieb, Kettenantrieb, Kupplung. Elemente der Bewegungsumwandlung wie Kurbelantrieb. Verbindungselemente als unlösbare Verbindungen wie Niete, Schweiss-, Schrumpf-, Klebeverbindung; als lösbare Verbindungen wie Keil, Schraube, Bolzen, Gewinde. Als Träger der Maschinenelemente dienen Gestell und Gehäuse.



LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

12 Vergleichen: wie unterscheidet sich ein Kurbelbohrer von einer Handbohrmaschine?

- Überlegen: wie funktioniert ein Kurbelbohrer?

Dieser Kurbelbohrer ist sehr übersichtlich im Aufbau und in der Funktionsweise. Zwei frei drehbare Griffe, in der Abbildung unten aus poliertem Holz gebildet, sind an einer einfachen Kurbel angebracht. Der Bohrer wurde mit einer einfachen Spannvorrichtung fixiert. Man kann die Kurbel natürlich auch aufwändiger gestalten und am unteren Ende wieder ein Spannbacken-Bohrfutter anbringen. Hier gibt es auch wieder sehr viele Kombinationsmöglichkeiten in der Verwendung und Ausstattung der einzelnen Komponenten. Dieser Kurbelbohrer könnte z. B. auch vollständig aus Holz hergestellt werden.

- Im Dialog überlegen, was Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Vergleich von Kurbelbohrer und Handbohrmaschine sind und wo man welches Werkzeug einsetzt

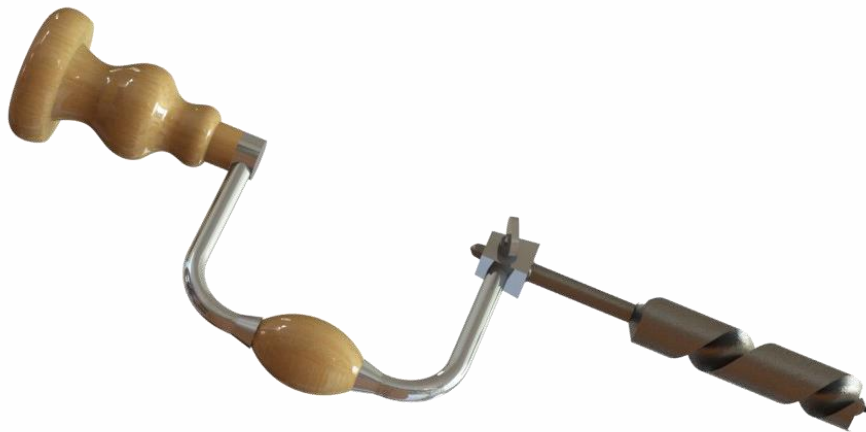


Abb. 15: alter Kurbelbohrer oder Brustbohrer mit Holzgriffen

Wenn wir den Kurbelbohrer (auch Brustbohrer genannt, da man auch mit der Brust statt mit der Hand Druck auf den oberen Drehknopf ausüben kann) mit der Handbohrmaschine (wie oben gezeigt) vergleicht, stellt man fest, dass man beim Kurbelbohrer mit weniger Bauteilen auskommt. Die komplizierte Zahnrad-Technik mit Übersetzung fällt hier vollständig weg. Die Kraftübertragung beim Kurbelbohrer ist unmittelbar, man kann gut die Hebelwirkung der Kurbel nachvollziehen (je tiefer die Kurbel ausgeprägt ist [=> Kröpfung], desto grösser ist die Hebelkraft für den Antrieb). Der Kurbelbohrer hat eine gute Kraftübertragung und eine geringe Drehzahl (wenn man einmal die Kurbel dreht, dreht sich der Bohrer auch einmal - es gibt keine Übersetzung). Die Handbohrmaschine liefert im Vergleich eine schnelle Drehbewegung für den eingespannten Bohrer, aber die Kraftübertragung ist nicht so effizient (es gibt viel „Sand im Getriebe“, also z.B. viel Kraftverlust durch Reibung oder „wackeln“). Daher ist die Handbohrmaschine eher für dünnere Bohreinsätze geeignet (2 bis 8 mm).

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

13 Vergleichen: wie unterscheidet sich ein Drillbohrer von einer Handbohrmaschine?

- Überlegen: wie funktioniert ein Drillbohrer?

Der Antrieb des Drillbohrers verfügt über ein völlig eigenständiges Prinzip, es gibt keine Kurbel und keine Zahnradübersetzung. Eine spiralförmig gedrehte Achse ist mit einem frei drehbaren Lager am oberen Griff befestigt. Am unteren Ende der Spiralachse ist über einen einfachen Schraub-Konus ein dünner Bohrer eingespannt. Die Besonderheit liegt im mittleren Griffstück verborgen. Die Spiralachse steckt hier formschlüssig in einem Ein-Wege-Lager, das sich in eine Richtung frei drehen kann, und in die andere Richtung blockiert. Wenn man das Griffstück nach oben zieht, läuft das Lager frei mit, und die Spiralachse dreht sich nicht. Beim Nachuntendücken des Mittelgriffs blockiert das Lager, und die Spiralachse muss sich in Drehbewegung versetzen, um dem Druck des Griffes nachzugeben.

- Im Dialog überlegen, was Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Vergleich von Handbohrmaschine, Kurbelbohrer und Drillbohrer sind und wo man was einsetzt

Durch die nur sehr geringe Kraftausübung über den Mittelgriff und die Spiralachse können hier nur sehr kleine Bohreinsätze (1,5 – 3 mm) verwendet werden. Dieser Bohrer eignet sich für kleine Handarbeiten in weichem Material, z.B. in Balsaholz, Karton, weichem Kunststoff oder Leder. Kinder können mit diesem Werkzeug erste Erfahrungen sammeln für eine ganz andere Bewegungsform, die ein Handbohrgerät ausführen kann, wenn es entsprechend gebaut ist.



Abb. 16: Drillbohrer (©Pebaro)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

14 Auftrag: mit dem Handbohrer etwas herstellen

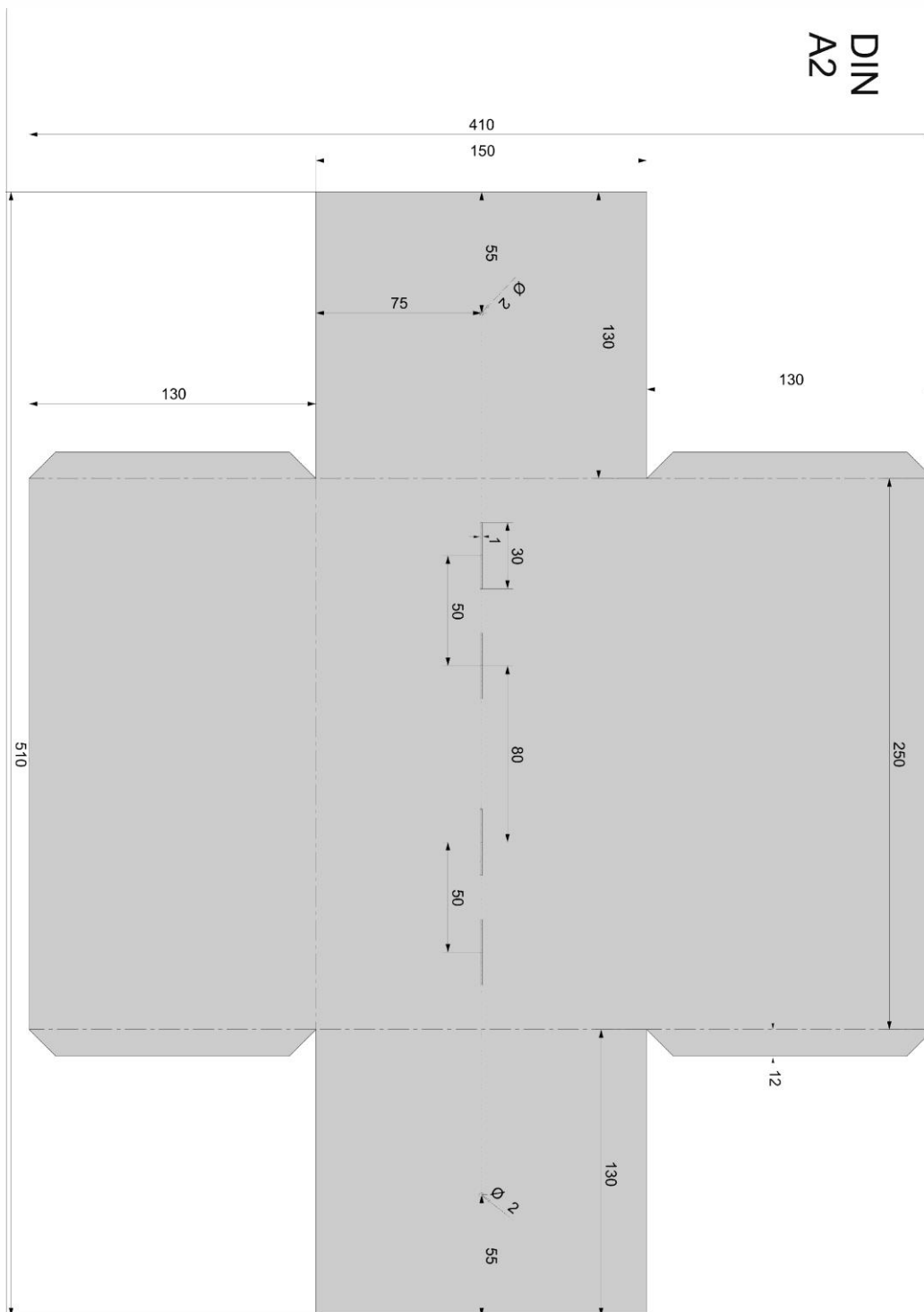
- ausprobieren, wie die Handbohrmaschine funktioniert, zunächst mit Restholz: Bohrer einspannen, Holz ggf. einspannen, bohren; beim Rausziehen nicht rückwärts kurbeln
- Mit Hilfe von Werkzeugen und u.a. auch unter Einsatz des Handbohrers kann etwas hergestellt werden, z.B. ein kleines Bootsmodell, ein Gummimotorauto oder eine einfache Maschine z.B. eine Seifenblasmaschine



Abb. 17: Seifenblasmaschine (©matches21)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN

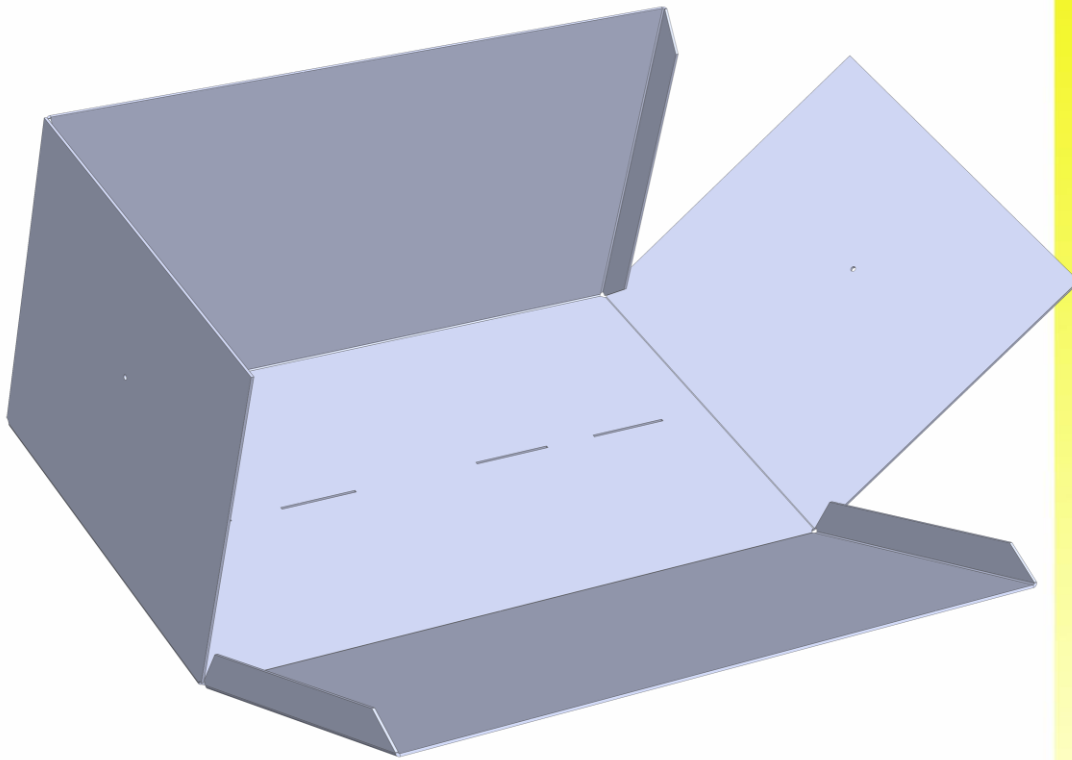
Anhang: Kurbelbox herstellen



Schnittvorlage auf A2-Blatt aufzeichnen und ausschneiden (Karton ca. 1 mm dick)



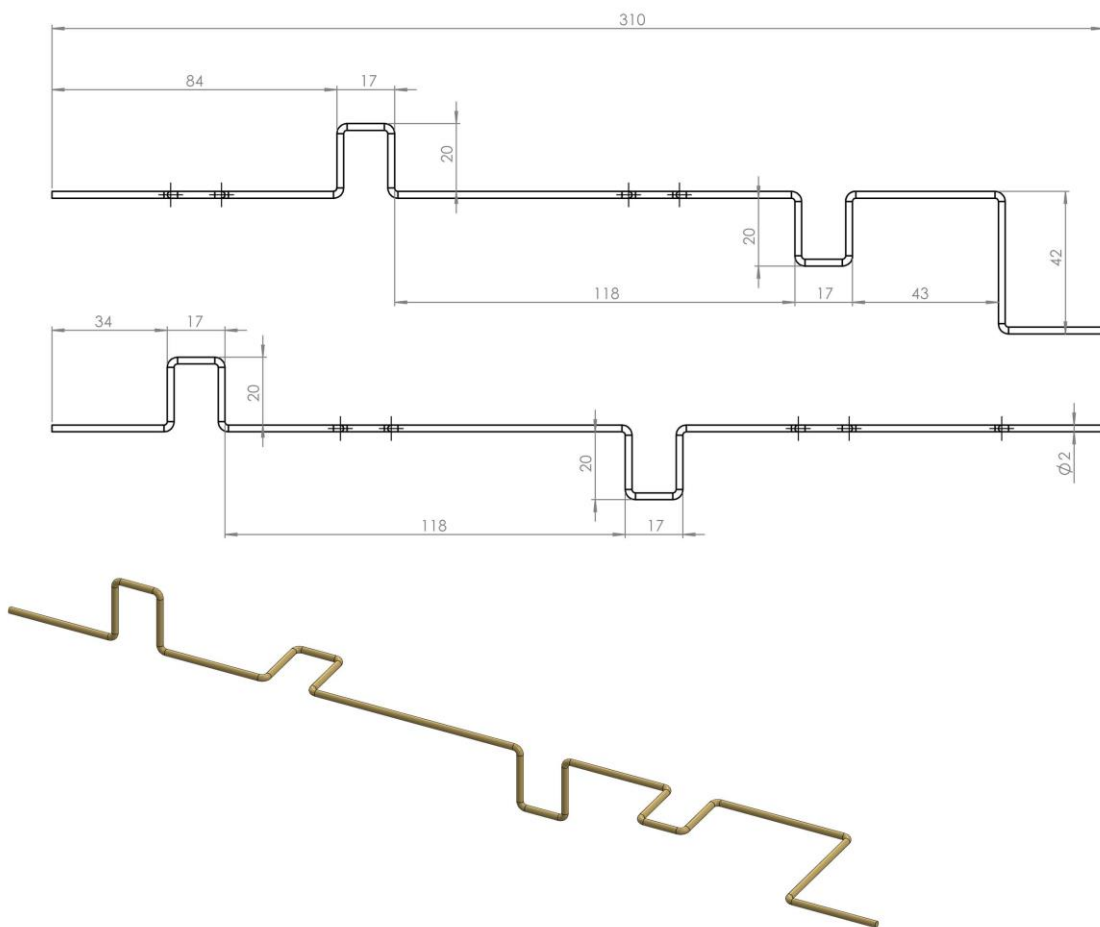
LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN



Box falten und kleben

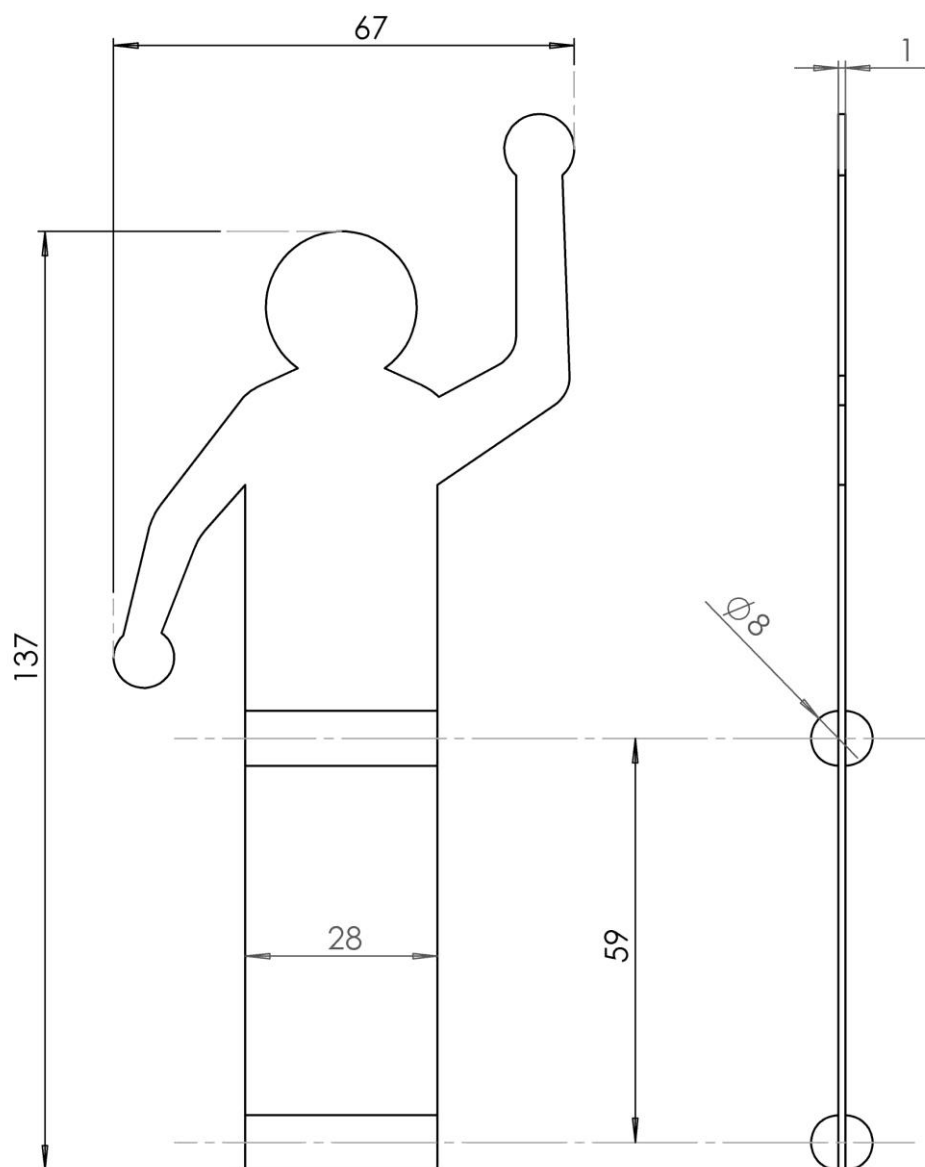
Achtung! Vor dem Kleben der letzten schmalen Seitenwand zuerst die Kurbel in die Löcher einfädeln!

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN



Kurbel aus Draht biegen (2 mm Drahtdicke)

LERNUMGEBUNG HANDBOHRMASCHINEN



Figur aus Karton (ca. 1 mm dick), Holzstäbchen (halbrund) aufkleben.

Achtung: Die unteren Holzstäbchen erst nach dem Durchstecken durch die Schlitz in der Box aufkleben!