



Das technische Prinzip des Nockenrads wird an einem kleinen und lautstarken Spielzeug erklärt. Ein Griff dreht über eine Welle ein Rad mit exzentrisch gesetzten Nocken. Diese bewegen abwechselnd zwei Hämmer und geben sie wieder frei, so dass sie auf eine Grundplatte aufschlagen. Lager und Hämmer sind auf der Grundplatte so angeordnet, dass nur der Griff übersteht.

# der hölzerne **KRACHMACHER**

# HAMMERWERK



## MATERIAL

Bezeichnung	Rohmaße	Stückzahl
Grundplatte l x b x h	200 x 57 x 22	1
Lager für Welle und Achse	60 x 20 x 7	4
Hebel	44 x 15 x 7	1
Nockenrad	d= 50, h 11	1
Hammer	66 x 17 x 7	2
Hammerkopf	33 x 30 x 28	2
Achse, Welle	Dübel d 8, l 57	2
Nocken	Dübel d 8, l 25	4
Splinte	Dübel d 4, l 15	6

Die Einzelteile können in beliebiger Reihenfolge angefertigt werden. Grundsätzlich sind alle vorzunehmenden Veränderungen sorgfältig und exakt anzuzeichnen, Bohrungen werden immer vorgestoßen, Rohlinge bei allen Arbeitsschritten, außer beim Schleifen, eingespannt.

Das NOCKENRAD kann wie in dem abgebildeten Beispiel aus einem Brettchen ausgesägt werden. Dabei wird deutlich, dass jeder Kreis einem Quadrat einbeschrieben ist, an dem fortlaufend die Ecken entfernt werden. Die **Kreisform** entsteht durch Näherungsschnitte zum Achteck mit der Feinsäge und dann durch Raspel, Feile und Schleifleinen. Wichtig ist, dass die aufgezeichnete Kreislinie bis zum Abschluss erkennbar bleibt. Bei der Bearbeitung muss zudem darauf geachtet werden, dass die Wand- bzw. Seitenfläche des Rads im rechten Winkel zur Kreisfläche bleibt. Erst am Ende wird eine gleichmäßige Fasse ausgearbeitet. Alternativ kann das Rad aus einem entsprechenden Rundholz gesägt werden. Dann ist die Kreisfläche sorgfältig zu schleifen, wobei auf Einhaltung der gleichmäßigen Dicke zu achten ist.

Das **ausrissfreie Bohren** ist nicht einfach, in diesem Fall aber erforderlich: Es gibt nur durchgehende Bohrungen, also keine nicht sichtbare „Rückseite“. Dies wird durch eine feste, geringfügig schmälere Unterlage – z. B. eine Leiste, die beim Einspannen mit eingeschoben wird - erreicht, so dass der scharfe Bohrer – eine Grundbedingung – nicht ins Leere stößt und dabei Späne herausreißen kann.

Eine besondere Herausforderung ist das **Bohren im Rundholz (ACHSE, WELLE)**, um die Splinte einzusetzen. Der kleine Bohrer muss scharf, am einfachsten nagelneu sein. Beim Bohrvorgang sollte der Bohrer möglichst kurz eingespannt werden und bei hoher Drehzahl mit geringem Vorschub gebohrt werden. Bei einer einzelnen Bohrung tastet man sich während des Anbohrens durch leichtes Verschieben des Bohrschraubstocks an die mittige Position heran. Vorsicht: Bis die Bohrerspitze einen Kegel mit dem vollen Boh-

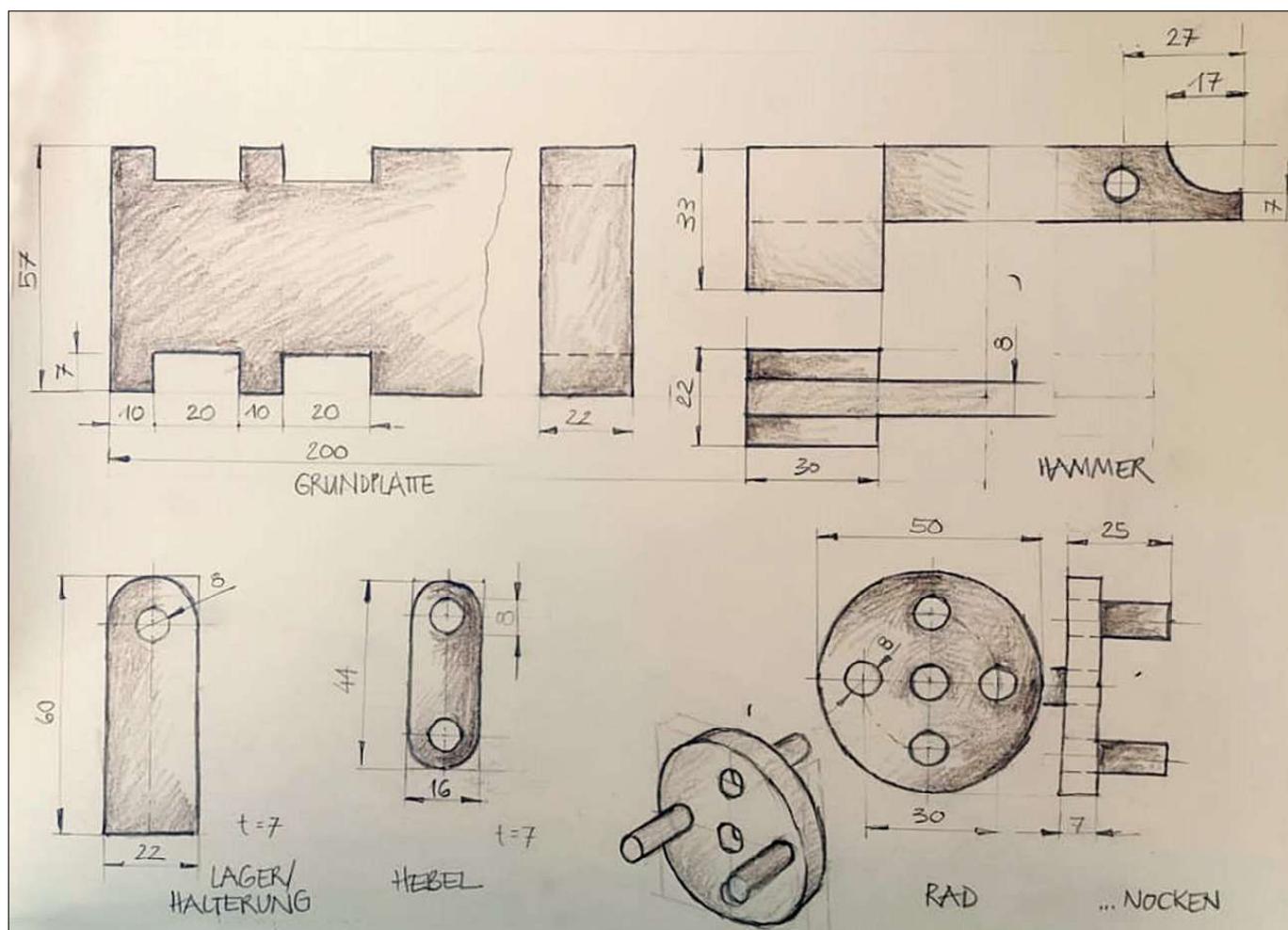
rungsdurchmesser erreicht hat, ist die Positionierung auf der runden Oberfläche sehr labil. Bekommt die Bohrung erst mal einen seitlichen Rand, drifft sie nicht mehr so stark aus der Mitte. Ab jetzt wird allerdings eine Korrektur deutlich erschwert und auch später sichtbar. Das Vorgehen erfordert viel Übung, bis klar wird, dass der drehende Bohrer beim seitlichen Verschieben sich an der Druckseite auch nach hinten abdrängt. Die Korrektur in Richtung Mitte reicht nicht aus, es erfordert eine seitliche und zugleich gegen die Drehrichtung orientierte Verschiebung des Werkstücks = Bohrschraubstocks.

Wesentlich einfacher ist die Voreinstellung einer Bohrmaschine für genau diesen Zweck: In die passend geöffneten Spann-Nuten des Bohrschraubstocks wird ein Runddübel spielfrei eingelegt, aber nicht festgespannt. Jetzt wird die Position für eine exakt mittige Bohrung ausgetestet, dann der Bohrtisch und der Schraubstock (mit zwei Zwingen) fixiert. In dieser Einstellung wird die Bohrmaschine belassen, bis die Schülergruppe den Arbeitsschritt beendet hat. An einer zweiten Bohrmaschine können die anderen erforderlichen Bohrungen, z. B. an Lagern, Hebel, Nockenrad, vorgenommen werden.

Für die **Reihen-Bohrungen** an ACHSE und WELLE wird nur der Dübel nacheinander entlang der Nut verschoben. In die erste Bohrung wird ein längerer Splint eingesteckt und so bequem die parallele Ausrichtung der nachfolgenden Bohrungen kontrolliert.

Als eine brauchbare Alternative für diese Reihen-Bohrung bietet es sich an, eine **Schablone** zu benutzen: Ein Metallrohr mit dem Innendurchmesser 8 (hier der Durchmesser der Achse bzw. Welle), also z. B. mit den Abmessungen 12 x 2 (Durchmesser x Wandstärke = Innendurchmesser 8) wird sorgfältig entsprechend den nötigen Abmessungen der Reihenbohrung gebohrt. Es wird dazu im Bohrschraubstock entsprechend eingespannt. Die Grate müssen sorgfältig entfernt werden. Nach dem Einschieben des Rundstabs kann gebohrt werden, zusätzliche Absicherung bietet es, nach der ersten Bohrung mit einem Splint das Verdrehen zu verhindern.

Solche **Schablonen** werden auf Grund der eigenen Erfahrungen bei der Anfertigung des **Prototyps** entwickelt. Sie dienen nicht nur der Arbeitsvereinfachung für die Schüler und dem Vermeiden unnötiger Fehler, sondern demonstrieren ihnen auch die Bedeutung von Schablonen bzw. „Lehren“ in Handwerk und Industrie bei der Herstellung größerer Stückzahlen.



# ÜBRIGENS ...

Die Abbildungen zeigen einen Prototyp, über die Jahrzehnte deutlich gealtert, mit Gebrauchsspuren, einem fehlenden „Griff“ am Antriebshebel und auch Unzulänglichkeiten wie Ausrissen. Trotzdem ... ein reizvolles, krachschlagendes Spielzeug und lohnendes Lernprodukt:

Es wird ausschließlich **Massivholz** eingesetzt. Geeignet ist neben Nadelholz v. a. Nussbaum (attraktive Färbung). Die Vorfertigung ist durch den Querschnitt von Leisten und Runddübeln gegeben, dabei sollten die Abmessungen von handelsüblichem Halbzeug berücksichtigt werden. Die Maße sind dem abgebildeten Prototyp entnommen. Einer Veränderung und Anpassung z. B. an Handelsware muss den Funktionszusammenhang berücksichtigen.

Das Werkstück stellt ein **Funktionsmodell** dar: Ähnliche Kraft- und Bewegungsabläufe finden sich bei mechanischen Arbeitsvorgängen, z. B. mit Wasser angetriebene Schmiedewerkzeuge (Hammerwerk), Feilenhaumaschine. Als Prinzip der Kraftübertragung findet sich der Antrieb mit Nocken auch bei den Ventilen im Auto (Nockenwelle).

Bei der Planung des Werkstücks spielte die **ästhetische Erscheinung** eine wichtige Rolle. Zunächst dient eine geschlossenen wirkende Grundplatte mit Schlitzern, die die Haltearme aufnehmen, einer stimmigen Gesamtwirkung. Nur der Hebel, der zur Betätigung erforderlich ist und damit sozusagen Aufforderungscharakter hat, ragt aus dieser blockhaften Gestaltung heraus. Wie bei einer „echten“ Maschine könnte man sich vorstellen, dass das Gerät in einem Gehäuse verschwindet.

Der Aufwand für die Haltearme ist hier nicht ökonomisch sparsam, sondern aufwändig gestaltet und vertritt eine visuelle Symbolik: Bei den Teilen, die rotationsrelevant sind, werden die Enden konzentrisch gerundet. Dies dient auch der Transparenz, in diesem Fall der Sichtbarmachung des Nockeneingriffs: Man kann genau verfolgen, was passiert. Ähnliche Teile sind gleich geformt, und die Teile verdeutlichen die Funktion (Drehung). Damit entspricht die Gestaltung auch der Forderung technischen Designs, die Funktion verstehbar zu machen und die Bedienung zu erklären.

Das Werkstück kann einen nachhaltig wirksamen Lernprozess anstoßen und ist sowohl in der 7. Klasse als auch für höhere Jahrgangsstufen geeignet.

Die Freude an einem einfachen Funktionsablauf zu vermitteln stellt einen wichtigen Aspekt dar. Die Funktion, die selbsttätig und schrittweise verstanden wird, kann so besser und nachhaltig verinnerlicht werden. Bereits das Spielen mit dem Prototyp klärt das Funktionsprinzip, das zeichnerische Nachvollziehen entspricht einem weiteren Imaginationsschritt, dem Sich-Vergegenwärtigen des Bewegungsablaufs, des Montagezusammenhangs. Beim Herstellungsprozess schließlich wird immer der Gedanke an die spätere Funktion im Kopf mitschwingen – und motivieren.

Dabei sind die einzelnen Vorgänge wenig schwierig und können als grundlegend und in ihren Feinheiten (z. B. Bohrung) trainierbar betrachtet werden: Maßübertragung, Ablängen, Sägen, Bohren, Feilen, Oberfläche schleifen, Leimen, ggf. Wachsen als Oberflächenbehandlung.

## GRUNDSÄTZLICHES ZUM THEMA PLANUNG EINES LERNOBJEKTS

Das Werkstück wird hier exemplarisch für die Planung durch die Lehrkraft beschrieben, Hinweise zu den einzelnen Arbeitsvorgängen stehen im Mittelpunkt. Eine Arbeitsanleitung für die Schüler muss daraus abgeleitet werden.

## DIDAKTISCH-METHODISCHE BEGRÜNDUNG

# ÜBRIGENS ...

## Grundlegende **Werktechniken:**

- Herstellung von Rundformen (Arbeitsschritte und mögliche bzw. nötige Kontrollen)
- Herstellung von Schlitzten (präzise Holzverbindung mit geschlossenen Fugen) und
- Herstellung von einfachen Bohrungen und Querbohrungen an Rundhölzern)
- Kombination von festsitzenden und drehbaren Verbindungen (Leimen, Anbringen von Splinten)

○ **Unterschied ACHSE-WELLE:** Eine Achse ist feststehend (Merkmal: Es dreht sich etwas um eine Achse), eine Welle ist mitführend und überträgt die Kraft auf ein anderes fest verbundenes Bauteil. In diesem Fall wirkt die Lagerung der beiden Hämmer als Achse, jeder Hammer muss ja beweglich sitzen. Er erhält dazu eine Bohrung, darf dabei allerdings nicht zu viel Spiel haben, sonst wackelt er und kollidiert ggf. mit dem zweiten Hammer. Das Nockenrad dagegen sitzt fest auf der Welle und ist fest mit dem Hebel verbunden, es soll durch die Drehbewegung des Hebels ja mitgenommen werden. Nur dann können die Nocken abwechselnd in die Ausrundung eines Hammerstiels greifen und diesen heben bzw. im Weiterdrehen fallen lassen.

○ Wirkung des **EXZENTERANTRIEBS:** Nocken übertragen eine Kraft, lösen die Bewegung (Anhebebewegung des Hammers) aus und geben ihn schlagartig frei; die wechselseitige Anbringung der Nocken am Rad ermöglicht die abwechselnde Bewegung von zwei Hämmern – so wird die Last an der Kurbel gleichmäßig, die Kraft wird verteilt.

○ **HEBELWIRKUNG:** Die Hebelwirkung entspricht dem Prinzip des zweiarmigen Hebels. Der Hammer hat einen kurzen Hebelarm, der von der Nocke gehoben wird, und einen langen Hebelarm zum Hammerkopf. Ein geringer Höhenunterschied am Nockenrad erzeugt eine etwa dreimal so große Hebung am Kopf mit der entsprechenden Kraft beim Herunterfallen.

## MÖGLICHE WEITERFÜHRUNGEN:

Weiterentwicklung zu einer Art „Musikalischem Spielzeug“: Hämmer schlagen z. B. auf Metallelemente, um Klänge zu erzeugen.

Mit dieser Aufgabenstellung kann auch eine Differenzierung innerhalb der Werkgruppe erreicht werden. Die Schüler können individuell Ideen entwickeln und erproben.

Interessant ist auch die Einbindung in ein Projekt: Einsatz von Hammerwerk, Nockenwelle und/oder Hebel in den Bereichen Technik, technische Entwicklung oder Maschinenbau. Damit kann das Werkstück auch als praktischer Teil einer Projektarbeit gesehen werden.

Das Hammerwerk gehört zu einer **Serie** einfacher Werkstücke aus Holz, die technische Funktionen veranschaulichen und daneben auch Spielzeugcharakter haben: Auto mit Lenkung (vgl. Aufgabenbeschreibung S. 41 f) und Wurfschleuder.

## GRUNDSÄTZLICHES ZUM THEMA WERKTECHNIKEN

## KONSTRUKTIVE ERKENNTNISSE

