

Dynamo-Taschenlampe mit Getriebe

Aufbereitung und Verbesserung eines Riess-Modells - TEW 2. Kl.

Zur Aufgabenstellung

Der Bau einer Dynamo-Taschenlampe verbindet die Technik-Bereiche Mechanik und Elektrotechnik und eignet sich daher hervorragend in *TEW der 2. Klassen HS/AHS: Grundlagen zum Aufbau, zur Funktion von Maschinen, zur Getriebelehre und zum einfachen Stromkreis* lassen sich mit einem solchen Werkstück erarbeiten. Auch im *Physikunterricht der 2. Klassen* werden Versuche zum einfachen elektrischen Stromkreis durchgeführt sowie Grundlagenkenntnisse über Bewegung, Kräfte, Reibung, evtl. auch zu Hebel, Getriebe und Wellrad entwickelt, sodass sich Möglichkeiten zur Kooperation ergeben. Inhalte des Elektromagnetismus können noch nicht im Detail vermittelt werden, sie sind in Physik erst in der 3. bzw. 4. Klasse verbindlicher Kernstoff.

Beim Modell einer Dynamo-Taschenlampe (von Hans Riess), welches bei der Werklehmittelfirma Traudl Riess KG unter der Nummer 25.095.0 zum Preis von 4,95 Euro (+19% MwSt.) erhältlich ist (T.0049/9208/9119), betreibt ein kleiner, stabiler Elektromotor mit relativ hoher Spannungs- und Stromaufnahme (3-12 V/0,2 A) ein gängiges Glühlämpchen von 3,5 V/ 0,3 A als Dynamo. Das Modell ist mit zwei Zahnrädern von 60 und 10 Zähnen ausgestattet. Diese 1:6 Übersetzung reicht aber für eine optimale Stromerzeugung mit hoher Motordrehzahl nicht aus. Außerdem ist die Lampenfassung völlig ungeschützt und ein fehlender Reflektor ist zu bemängeln. Eine brauchbare Dynamolampe sollte die Antriebsenergie mechanisch optimal übertragen um effektive elektrische Energie zu erzeugen, sodass die Glühlampe auch wirklich ausreichend hell leuchtet.



Daraus ergab sich die **Aufgabenstellung**: „**Baue eine Dynamo-Taschenlampe mit möglichst hohem Wirkungsgrad.**“ Es war den Schülern klar, dass eine noch höhere Übersetzung nur mit weiteren Zahnrädern erzielt werden konnte. Dennoch sollte eine möglichst kompakte Lösung gefunden werden.

Getriebe-Prinzipien erkunden

Zuvor waren im Unterricht *verschiedene Modelle von Zugmittel- und Rädergetrieben* in Zweiergruppen gebaut worden, wobei den Schülern alle Teile des „Lernprogramms Getriebetechnik“ (Opitex Nr. 112.187) in Form von Experimentierkästen zur Verfügung standen. Dieses Lernprogramm ermöglichte praktische Erfahrungen mit verschiedenen Getriebearten. Dabei konnten Vor- bzw. Nachteile sowie Anwendungsbeispiele in der Maschinentechnik besprochen werden. Maschinen der Werkerziehung, wie z.B. die Standbohrmaschine, dienen der Anschauung. Mit Hilfe dieser Modelle wurden *Drehgeschwindigkeiten, Drehrichtungen, Übersetzungs- und Kräfteverhältnisse* erkundet, auf Aufgabenzetteln festgehalten und reflektiert, wobei auf Erfahrungen mit den Hebelgesetzen aus der ersten Klasse zurückgegriffen wurde.

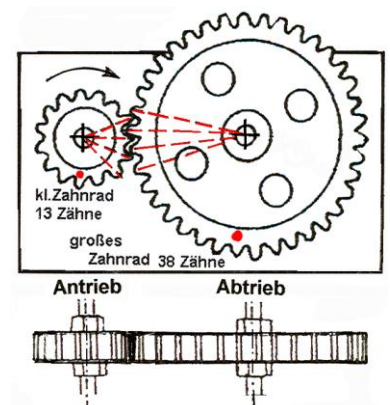
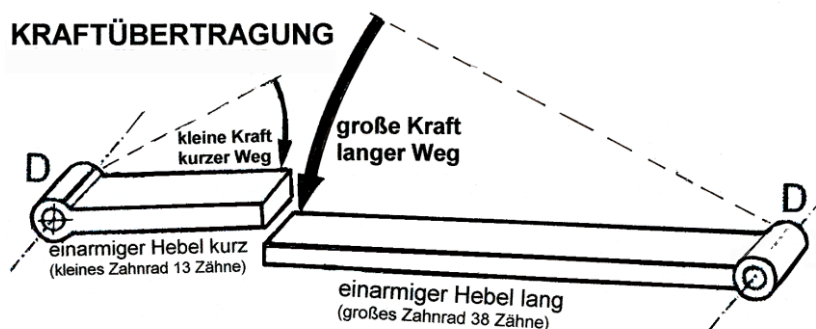
Anhand des Aufgabenzettels (und mit Hilfe eines Medienservice-Films) wurden wichtige Grundprinzipien von Getrieben erläutert:

Das **Übersetzungsverhältnis** beschreibt die Relation zwischen Antriebs- und Abtriebsgeschwindigkeit. Die Drehzahlen ergeben sich aus dem Radius oder der Zähne-Anzahl der Getrieberäder. Das Übersetzungsverhältnis i lautet: Antriebs-Drehzahl (n_1) dividiert durch die abgegebene Abtriebs-Drehzahl (n_2).

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Drehzahlen und Kräfte bei Rädergetrieben: Jedes Getrieberad wirkt wie ein einarmiger Hebel. Ein Rad besteht im Grunde aus einer Serie einarmiger Hebel.

KRAFTÜBERTRAGUNG

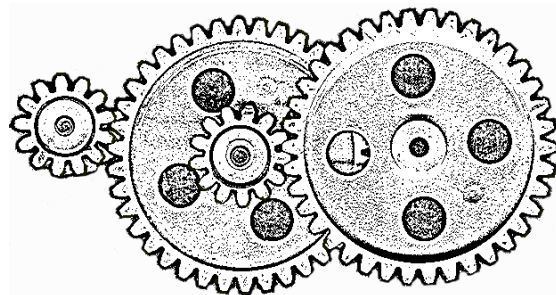
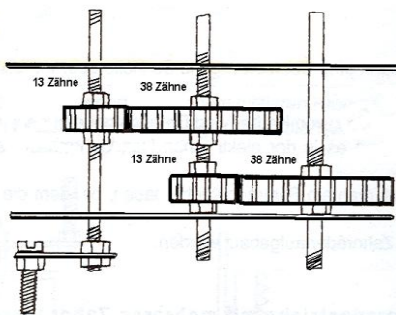


In einem großen Getrieberad sind lange Hebel, in einem kleinen Rad kurze Hebel gleichsam „enthalten“. Diese greifen beim Zahnradgetriebe nacheinander über die Zähne ineinander ein. Zwei Räder sind *so miteinander gekoppelt* und übertragen Kräfte von einem zum anderen (siehe Abbildungen auf der vorigen Seite).

Aus dem Physikunterricht (*Hebelgesetz*) ist bekannt, dass ein langer Hebel wenig Kraftaufwand erfordert. Die Kraft muss nur weit genug vom Drehpunkt angreifen, um eine große Last nahe am Drehpunkt zu bewegen. Das kleine Antriebsrad wirkt in diesem Fall wie ein kurzer Hebel und besitzt nur wenig Antriebskraft.

Diese wird aber - auf die geringe Drehzahl eines großen Abtriebszahnrades übersetzt – stark. Bei diesem Zahnradgetriebe (siehe Abb. vorige Seite rechts) handelt sich um einen Kraftgewinn (ohne dabei eine Kurbel zu berücksichtigen).

Ein Punkt am Umfang des großen Rades muss dabei aber in der gleichen Zeit einen doppelt so langen Weg zurücklegen wie einer beim kleinen, weil der Umfang entsprechend größer ist: Das große Rad läuft wesentlich langsamer, das kleine rascher. Ein schnelleres, aber schwächeres Zahnrad übersetzt so seine Kraft auf einen starken, aber langsamen Abtrieb. *>Die Kräfte verhalten sich umgekehrt zur Drehgeschwindigkeit.*



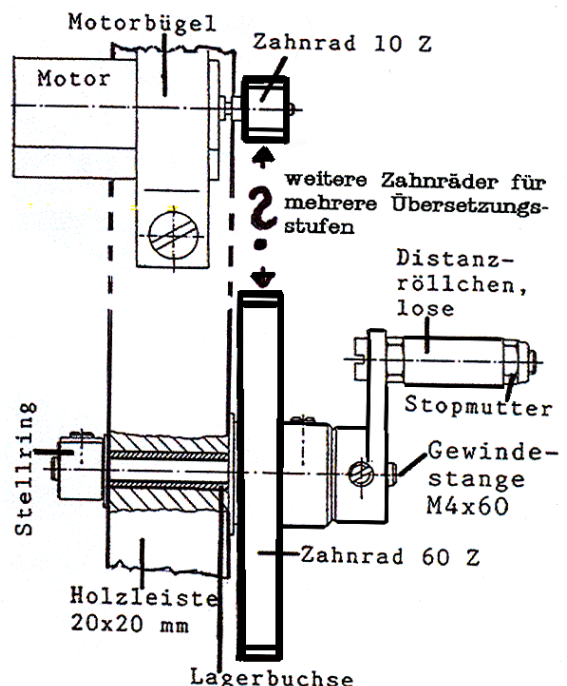
Die Bauaufgabe eines *zweistufigen Stirnzahnradgetriebes* aus vier Zahnradern innerhalb des Opittec-Lernprogramms (Abb. links) zeigte zunächst durch bloßes Zählen der Umdrehungen von Antriebs- und Abtriebszahnrad und dann durch die Berechnung, dass sich die Gesamtübersetzung nicht allein aus dem Ineinandergreifen von vier Zahnradern ergibt, sondern dass zusätzlich auch die beiden mittleren Getriebezahnradern von unterschiedlicher Größe wirksam (38 und 13 Zähne) sind. Sie sind zusammen fest auf einer gemeinsamen Welle montiert und wirken zusätzlich als Übersetzung. Eine solche Zusammenstellung von zwei unterschiedlich großen Zahnradern auf einer Welle wird in der Physik als „Wellrad“ bezeichnet und kann als zweiseitiger Hebel mit ungleichen Armen angesehen werden (vgl. Lehrbuch der Physik 2..., S 99).

Das zweistufige Getriebe aus zwei 13er-Zahnradern und zwei 38er-Zahnradern besitzt somit zwei Übersetzungen von jeweils $i = 2,9: 1$ - sowie eine Übersetzung aufgrund des Wellrades mit den Zahnradern von 13 bzw. 38 Zähnen von $2,9:1$. Das gesamte Übersetzungsverhältnis ins Langsame beträgt somit $i = 8,7:1$.

Herstellung einer Dynamo-Lampe

Die *rezeptartige Anleitung des Bausatzes wird entfernt*. Ein *Aufgabenblatt mit offener Fragestellung* tritt an seine Stelle. Die Schüler machen sich zunächst mit den verschiedenen Bauteilen wie Stellring, Kurbel, Lagerbuchse, usw. vertraut. Sie lernen *Bezeichnungen* kennen und montieren zunächst die Kurbel, Distanzrolle, Stellring, Beilagscheibe, Stopmutter, Antriebszahnrad und Lagerbuchse nach der Skizze (Abb. rechts) zur Probe auf der Gewindestange (Welle).

Auf diese Weise werden die *technischen Funktionen* dieser Teile des Antriebs durchschaut. Der Einsatz von Lagerbuchsen ist z.B. für einen exakten, reibungsamen Lauf der Zahnräder unbedingt notwendig. Außerdem gehen die Kleinteile durch die Vormontage nicht verloren. Die Funktion des Motors als Dynamo wurde anhand der elektrischen Standbohrmaschine erkundet



und die benötigte Umdrehungszahl anhand deren Riemenübersetzung festgestellt.

Für den Bau einer Dynamo-Lampe sollen nun ein *mehrstufiges Getriebe* mit einer effektiven Übersetzung ins Schnelle geplant und dabei folgende **Bedingungen** erfüllt werden:

- Das Getriebe soll insgesamt mindestens vier Zahnräder unterschiedlicher Größe aufweisen.
- Beim genauen Berechnen von Wellenabständen sollten die gewählten Zahnräder etwas Spiel aufweisen und nicht zu eng ineinander greifen.
- Alle Zahnräder sollen durch Muttern fest auf M4-Gewindestangen montiert und diese in Lagerbuchsen eingesetzt werden.
- Beilagscheiben sind zur Verminderung der Reibung zwischen Zahnrädern und Holz einzufügen.
- Alle Getriebezahnräder sollten sich auf einer Seite der Holzleiste befinden, damit der Motor ausreichend Platz hat.
- Das Motorritzel (Abtriebszahnrad) sollte sich mindestens 10 mal schneller drehen als das große Antriebszahnrad
- Um Kompaktheit zu gewährleisten sollten die Wellen einen möglichst geringen Abstand voneinander haben und ...
- Der Wirkungsgrad der Lampe sollte durch einen Reflektor erhöht werden und die Fassung gegen Stoß gesichert sein.

Materialien:

Viele wichtige Teile waren schon im Riess-Bausatz enthalten: Vierkantleiste 20x20x200 mm, Kurbelement (mit Stellring, Schraube M4x25, Distanzrolle u. M4 Stopfmutter), Zahnrad 60 Z, kurze Lagerbuchsen, E-Motor 3-12V (mit Ritzel 10 Z, Haltebügel u. Blechschrauben), Lämpchen, Litzendraht. Das große Kurbelement und das 60 Z-Zahnrad sind nur bei der Fa. Riess erhältlich, sodass dort der ganze Bausatz eingekauft wurde.

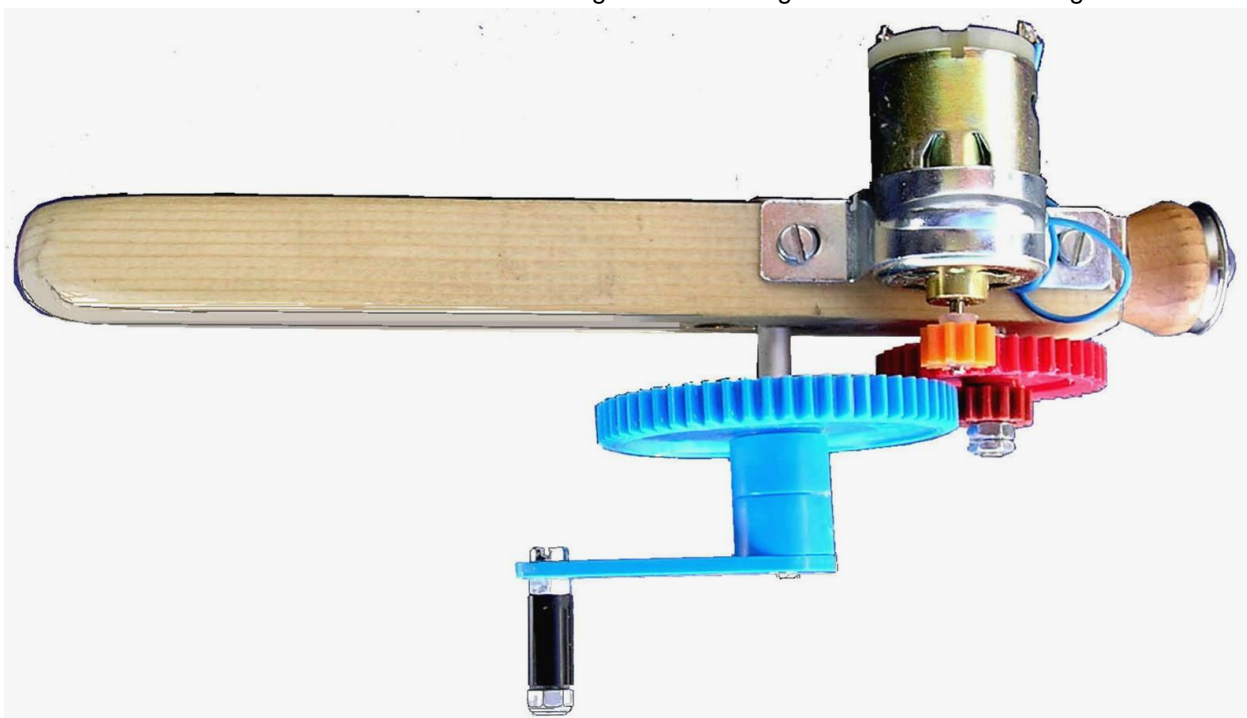
Zusätzlich wurden zur Verfügung gestellt: 1-2 längere Gewindestäbe M4 x 75 mm, dazu 1-2 Alurundrohre 6 x 1 mm Länge 3cm lang als Lagerbuchsen, weitere M4 Muttern und Scheiben, eine E10-Brückenfassung mit besserer Befestigungsmöglichkeit, dazu ein Reflektor von 2,6 cm Durchmesser oder größer (Fa. Opitex), 2-4 Zahnräder Modul 1 nach Wahl, 1 dickes Rundholz (2,5 cm Durchmesser, 1,5- 2cm lang).

Beim Bau waren *Arbeitstechniken* wie das exakte Bohren für die Wellenlager und das Schleifen für die Grifffunktion der Vierkantleiste notwendig. Die Anschlusskabel mussten mit den beiden Lötflächen des Motors und denen der Lämpchenfassung verlötet werden.

Eine **einfache und gut funktionstüchtige Lösung** (Abb.) ergab sich aus der Ergänzung des Riess-Modells um ein *zwischengeschaltetes Wellrad mit 38 und 13 Zähnen*, sodass ein zweistufiges Getriebe mit 60:13 und 38:10 Zähnen und eine *Gesamtübersetzung ins Schnelle von 1: 11,3* erzeugt wurde.

Beide Zwischenzahnräder wurden durch Heißkleber fix miteinander verbunden.

Für Antriebszahnrad und Kurbel musste eine längere Alurohr-Lagerbuchse von 3 cm Länge in die



Holzleiste eingesetzt werden. Die Radien aller Zahnräder wurden genau abgemessen (sog. Teilkreisdurchmesser) und die Wellenabstände exakt auf der Vierkantleiste angezeichnet, sodass die Zahnräder weder zu eng noch zu locker eingreifen konnten.

Lampenfassung und Reflektor wurden zum Schutz mit einem dicken Rundholz ummantelt, welches innen mit einer 10mm Bohrung versehen worden war. Die Zahnräder blieben offen sichtbar, sicher nicht die eleganteste Lösung. - für eine Gehäusegestaltung, der Verwendung einer breiteren Holzleiste oder für einen größeren Reflektor fehlte die Zeit.



Präsentation/ Werkanalyse/ Reflexion:

Zum Abschluss wurde **unser Modell mit einem Industrieprodukt verglichen**: Die „Dynamo-Lite“ von Mellert (www.mellert.de), welche um 7,15 Euro bei der Fa. Conrad (Art.Nr. 853592-HQ) erhältlich, war unserem Modell im Gebrauchswert überlegen: Man konnte dieses Industrieprodukt mit nur *einer* Hand bedienen.

Die Lampe wird über einen Bügelgriff angetrieben, der mit einer Zahnstange versehen ist und über ein einfaches Übersetzungsgetriebe aus dünnen Kunststoffzahnradern (in der Abb. entfernt) ein Fliehkraftgesperre aktiviert, welche den runden Magneten (Abb.) antreibt, der Strom in einer einfachen Litzendrahtspule (dahinter) erzeugt. Die Lampe war bis ins Kleinste durchgeplant. Es ist allerdings Massenware „ohne Individualität“, die auf geringsten Materialeinsatz bei hoher Wirkung abzielt. Alle Teile sind speziell ausgeformt und genauestens aufeinander abgestimmt. Es werden im Gegensatz zur Halbzeugware der Werkerziehung keinerlei Schrauben, Muttern, Lagerbuchsen oder stabile Zahnräder verwendet. Die Lagerung von Wellen erfolgt durch kleine in das Kunststoffgehäuse eingepresste Vertiefungen. Beide Gehäusenhälften sind miteinander z.T. verklebt und mussten aufgebrochen werden.

Eine derartige Lampe kann man von Hand nur äußerst schwer wieder zusammenbauen (evtl. zwei Produkte kaufen). Eine Reparatur ist nicht möglich, sie ist ein „Wegwerfprodukt“. Diese **begrenzte Gebrauchsdauer** wurde offenbar mit eingeplant. Die zweijährige Herstellergarantie kann sich nur auf den vollständigen Ersatz beziehen. Solche industriellen Produktionsbedingungen sind nicht auf unser „handgefertigtes“ Modell übertragbar.

(Anmerkung: Inzwischen wird die „Dynamo-Lite“ mit Kurbel, Akku und 5 LEDs angeboten, sodass Kurbelzeiten von einer Minute für 15 Minuten Leuchtzeit ausreichen. Der Bausatz „Dynamo-Taschenlampe“ von Riess hat jetzt ebenso eine LED erhalten, als Kurbel dient jedoch nur noch die Distanzrolle mit Schraube.)

Literatur:

- Gollenz u.a. : Lehrbuch der Physik 2 (LP 2000) für die HS/AHS-Unterstufe 2. Klasse, ISBN 3-209-03238-6 / SBNr. 100641
- Wissenspeicher Technik. Hrsg., Rüdiger Erbrecht, Jürgen Klein. Cornelsen / Volk u. Wissen Berlin, Oktober 1997, ISBN-10: 3060607354 (Getriebe: S.116-121)
- Elke Hartmann, Christian Hein: Kleiner Leitfaden, Technik. Paetec Verlag Berlin, November 2000, ISBN: 3895176184