

## Zur Geschichte des Zahnrades

Von F. M. Feldhaus

Aristoteles erwähnt um 330 v. Chr. bei seinen Erklärungen des Kreises als Beispiel die Zahnräder. Die Tatsache, daß sich bei der Drehung eines Kreises der oberste Punkt nach rechts, der unterste aber nach links bewege, „hat zu Werkzeugen den Anlaß gegeben, die viele Kreise zu gleicher Zeit in Bewegung setzen, mittels eines einzigen“. Dahin gehören die „Drehräder von Erz oder Eisen, wo, wenn der Kreis AB z. B. vorwärts gedreht wird und der Kreis CD berührt, dieser rückwärts und zugleich aus gleicher Ursache der Kreis EF wieder nach der ersten Richtung bewegt wird“ (Aristoteles, Mechanische Probleme, Kap. I; Deutsch von Poselger, in: Abhandlungen der mathematischen Klasse der Königl. Akademie der Wissenschaften 1829; Berlin, 1832, S. 76, vgl. die Abbildung 1). Vielleicht ist auch im 14. Kapitel die Rede von Zahnrädern; denn



Abb. 1

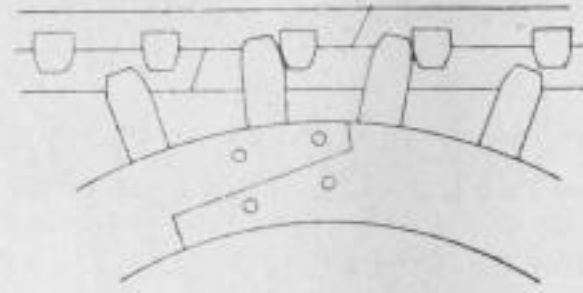


Abb. 2

dort sind Walzen besprochen, an denen Vorrangungen von Holz sitzen. Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß Aristoteles in seiner Schrift über die mechanischen Probleme nicht etwa das Gebiet der Mechanik seiner Zeit erschöpfen wollte, sondern mehr ein dialektisches Interesse zu befriedigen suchte. Auf keinen Fall gebührt Aristoteles irgendwelcher Erfinderanteil an den Zahnrädern. Wir wissen ja heute, daß die Griechen in der Technik überhaupt mehr die Vermittler des älteren orientalischen Wissens, als schöpferische Geister waren. Da aber in China und Ägypten Zahnräder an Göpelmühlen und Wasserschöpfungsmühlen bis auf unsere Tage noch in primitivster Weise aus Holz angefertigt werden, so ist es nicht unmöglich, daß schon in der Zeit vor Aristoteles in jenen Ländern Zahnräder verwendet wurden. Max Eyth, der als Reformator des Maschinenwesens 1863 nach Ägypten kam, fand noch tausende primitiver Wasserschöpfwerke — Sakkiah genannt — dort vor. Nach seiner Skizze ist die Abbildung 2 hier wiedergegebenen (Eyth, Agrikultur-Maschinenwesen in Ägypten, Stuttgart 1867, S. 11). Die Zahnräder an diesen Maschinen sind in der denkbar primitivsten Weise aus Holz hergestellt.

Der angebliche Ausspruch des Archimedes, er werde die Erde bewegen, wurde von Pappos, dem Alexandriner, um 300 n. Chr. so zu erklären versucht, daß die Bewegung durch Schneckenräder und Zahnräder geschehen solle. Ktesibios verwendete um 250 v. Chr. an seiner Wasseruhr „einen Stab, der mit gleichen Zähnen besetzt ist, wie die damit in Verbindung stehende Drehscheibe“ (Vitruv, De archit., 9. 8. 4). Philon aus Byzanz verwendete um 230 v. Chr. an zwei Apparaten Zahnräder; an einem Zerstäuber für Parfüm zwei Winkelräder (Philon, Pneumat., Kap. 35); an einer Pumpe eine Zahnstange mit eingreifendem Zahnrad, dessen weit auseinander stehende, stabförmigen Zähne (Abbildung 3) gleichzeitig als Haspelrad dienen (K. 64). Vitruvius berichtete um 24 v. Chr. von Zahnrädern und Zahnstangen (De archit., 9. 8. 4), von im rechten Winkel zueinander stehenden Zahnrädern an einer Wassermühle (10,5), von ebensolchen und einem Einzahnrad an einem Wegemesser (10,9), sowie an einem Schiffsgeschwindigkeitsmesser (10. 9. 5). Heron der Ältere erwähnte um 110 „Strahlenräder“, d. h. Zahnräder, deren Umfang nur zum Teil verzahnt ist (Heron's Druckwerke, Ausg. von Schmidt, Leipzig 1899, Bd. 1, S. 325). Die Rekonstruktion eines großen Stirnzahnrades an einer Mühle auf der Saalburg halte ich nicht für richtig; so sorgfältig gearbeitete Holzzähne sind uns für das Altertum und Mittelalter nicht beglaubigt. Pappos beschrieb um 300 eine Lade, in der fünf Wellen mit Zahnrädern saßen. Auf jeder Welle saßen ein großes und ein kleines Zahnrad, ausgenommen war die stärkste der Wellen, wo neben dem Zahnrad eine Windtrommel angebracht war. Mittels einer Kurbel wurde das größere Zahnrad unter Zwischenschaltung eines Schneckenrades in Bewegung gesetzt: „Durch die

ins Langsame gehende Übersetzung der Zahnräder wird mit einer kleinen Kraft von fünf Talenten eine große Last von 1000 Talenten gehoben“. Er beschrieb die Herstellung des Schraubenganges eines Schneckenrades und sagte, daß die Zähne des zugehörigen Zahnrades schräg stehen, linsenförmige Gestalt haben und poliert werden müssen (C. I. Gerhardt, Sammlung des Pappos, Halle 1871, S. 331 und 369). Oribasius sagte um 362 in dem Kapitel über ärztliche Maschinen: „Die Wellräder an den Maschinen dienen dazu, daß durch sie irgendwelche kräftig wirkenden Teile sanft bewegt werden, wie Achsen und Schrauben. Das Wellrad ist ein kreisförmiger Teil und mit Zähnen versehen“ (Oribasius, Buch 49, Kap. 345). Theophilus benutzte um 1100 zum Tauschieren eine Maschine, bei der ein Sternrad angewandt wurde.

Die primitive Form der alten hölzernen Zahnräder erkennt man sehr gut auf dem großen Blatt einer Wassermühle (um 1159) im ehemaligen Manuskript der Herrad (Ausgabe von Straub, Straßb. 1879 bis 1899, Taf. XXX); ein hölzernes Kronrad trägt eingesetzte Holzzähne und greift in ein kleineres Laternenrad. Der Anonymus der Hussitenkriege spricht um 1430 vom „kamprad“ und dem zugehörigen „getrib mit sex tribeln“ (Cod. lat. 197, Staatsbibl. München, Bl. 4 v.); in dieser Handschrift kommen vielerlei Zahnräder vor. Die meisten von ihnen sind hölzerne Kronräder mit eingesetzten Kämmen. Doch sieht man auch aus dem Vollen gearbeitete, wahrscheinlich metallene Stirnräder (Abbildung 4) mit dreieckigen Zähnen. Interessant ist, daß selbst größere Zahnradtransmissionen in der Handschrift kurz skizziert werden. Auch im deutschen Sprichwort spielt das Zahnrad eine Rolle. So sagt man vom bösen Beispiel: „Wenn das Kammrad schlecht ist, gehen auch die andern übel“. — In bezug auf eine unordentliche und unsaubere Mühle sagt man in der Oberlausitz: „s Kammrad hot Loise“. — Auch spricht man bildlich vom Kammrad, wenn man eine gefährliche Sache ausdrücken will, die uns schnell mitreißt. So sagt Luther: „Wo wir beginnen, Richter in Ehesachen zu werden, so hat uns das Kammrad bei dem Ärmel ergriffen und wird uns fortreißen“. Jacopo Mariano konstruierte (Abbildung 5) 1438 einen Hebadaumen (Cod. lat. 197, Teil 2, Staatsbibl. München, Bl. 74 v.). T. Beck, Maschinenbau (S. 286) sagt dazu: „Soweit es sich nach dieser Skizze beurteilen läßt, war die Konstruktionsregel: Beschreibe den Umfang der Daumenwelle und den Umfang des Kreises, den der äußerste Punkt des Daumens beschreiben muß, damit der verlangte Hub erzielt wird. Ziehe einen Radius, teile das Stück desselben, welches zwischen den beiden Kreisen liegt, in drei Teile und ziehe durch den Teilungspunkt zunächst der Welle einen konzentrischen Hilfskreis. Teile diesen Hilfskreis in sechs Teile und beschreibe aus den Teilpunkten mit dem Radius des Hilfskreises Kreisbogen zwischen dem ersten und zweiten Kreis, so geben diese die Krümmung der arbeitenden Flächen der Hebadaumen an.“

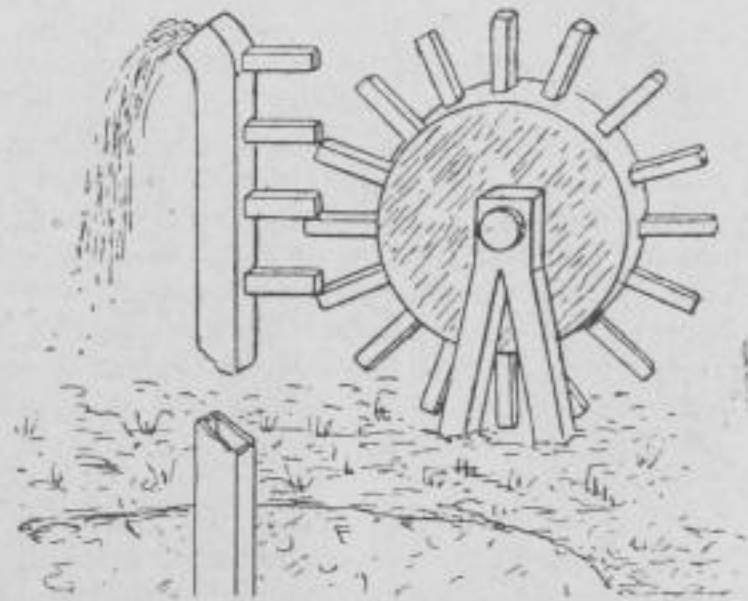


Abb. 3

In den Manuskripten von Leonardo da Vinci finden sich um 1500 viele Anwendungen von Zahnrädern. Von besonderen Arten finden sich: ein Kronrad mit schrägen Zähnen auf ein Trieb wirkend, dessen Achse zur Achse des Kronrades schräg steht (Manusk. J, Bl. 27; H. Bl. 86 v); steilgängige Schnecke mit Kronrad im Eingriff (Man. J., Bl. 26); ebenso flachgängige Schnecke (Man. J., Bl. 26 v); Zähne eines Zahnrades, zu Rollen ausgebildet (Cod. atl., Bl. 391 v); Eingriffe mit zwischengelegten Kugeln (Cod. atl., Bl. 33); unrunde Zahnkränze (Man. H., Bl. 111 u. 112); ein paar Schraubenräder (Cod. atl., Bl. 396); (T. Beck, Maschinenbau, Fig. 383 bis 402 und 595; ders. in: Zeitschr. d. Ver. deut. Ingen., Bd. 50, 1906, S. 528).