

## Eine Zahnradfräsmaschine mit Teilscheibe für Uhrmacher

*»Wie, wohlgefügt, der Uhren Räder tun – / In voller Eil' zu fliegen scheint das letzte, / Das erste scheint, wenn man's beschaut, zu ruh'n.«*

Dante Alighieri  
Göttliche Komödie, Paradies,  
24. Gesang, 1316/1321

Auch seit der Erfindung der Atomuhr, die praktisch ein absolutes Zeitnormal liefert und in einer zunehmend von digitalen Flüssigkristallanzeigen geprägten Phase von Zeitmessern kann der Uhrmacher bei der analogen Zeitanzeige mit Zifferblatt und Zeiger auf ein wesentliches Konstruktionselement nicht verzichten: auf das Zahnrad. Im Gegensatz zu elementaren Zeitmessern wie Sonnen-, Wasser- und Feueruhren traten die ersten mechanischen Räderuhren mit Hemmung, obwohl die Forschungslage diesbezüglich nicht gesichert ist, wahrscheinlich ab etwa 1320 als eiserne Turmuhren in Erscheinung, wie beispielsweise auch die im 19. Jahrhundert im Nordturm der Nürnberger Hauptkirche St. Sebald aufgefundene eiserne Türmeruhr mit Stundenschlag aus der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts, die sich unter der Inv.Nr. WI 999 in der Schausammlung des Germanischen Nationalmuseums befindet. Ein enormes Interesse der Städte an der neu entwickelten Räderuhr führte ab der Mitte des 14. Jahrhunderts zu einer regelrechten ganz Europa umfassenden Beschaffungswelle. Bereits um 1400 befanden sich in

allen größeren Städten Uhren, bis 1500 auch in den Kleinstädten. Für die Formgebung der Zähne von Zahnrädern früher Räderuhren standen vermutlich keine anderen Hilfsmittel als Zirkel oder Schablone, Feile und Säge zu Verfügung. Sorgfalt, Geschicklichkeit und Erfahrung der traditionellen Metallhandwerker, wie Schlosser und Schmiede bestimmten das Gelingen der Arbeit. So ist etwa auch das 1509 angefertigte »Männleinlaufen« an der Nürnberger Frauenkirche eine Arbeit des Schlossers Hans Heus und des Kupferschmiedes Sebastian Lindenast. Erst mit der zunehmenden Differenzierung der Handwerke konstituierte sich in verschiedenen kunsthandwerklichen Zentren des Reiches nach der Mitte des 16. Jahrhunderts eine eigene Zunft der Uhrmacher. So erhielten in Augsburg die Uhrmacher, getrennt nach Groß- und Kleinuhrmachern, 1558 eine eigene Ordnung innerhalb der Schmiedezunft. Der im nachhinein eigene Berufsstand der Kleinuhrmacher wurde auch durch die zunehmende Miniaturisierung der Uhren bedingt. Während das vergleichsweise einfache Meisterstück der Augsburger Großuhrmacher in der Herstellung eines verzinnten Uhrwerks mit Viertelstunden-Repetition, das mit Sonne und Mond durch die zwölf Zeichen läuft, über Jahrhunderte gleich blieb, wurden die von den Kleinuhrmachern anzufertigenden zwei Meisterstücke (»Eine Uhr, eine

Spanne hoch [ca. 20 cm], ohne Gewichte, soll jede Viertelstunde schlagen. Das Astrolabium soll mitlaufen. Ein flaches Uhrlein oder Äpfelrein mit dem Mondschein; der Mondschein soll mit dem Zeiger gehen.«) ab 1577 noch deutlich erschwert. Den neuen Aufgaben entsprechend spezialisierten sich mit der Zeit im Umfeld der Uhrmacher allmählich manche Handwerker auf die Herstellung einzelner Bestandteile. Sie entwickelten und schufen spezielle Werkzeuge und Maschinen, die jene Präzision der Arbeit ermöglichten, die bei der Uhrenherstellung notwendig geworden war: etwa Gewindeschneider, den Uhrmacherdrehstuhl, Hilfseinrichtungen zum genauen Feilen der Triebe, Schneidwerkzeuge, Teilscheiben und Räderschneidmaschinen zum Herstellen der Zahnräder. So läßt sich eine frühe Teilscheibe nachweisen, die 1564 für Kurfürst August von Sachsen angefertigt wurde. Die Wertschätzung der Uhr als Prestigeobjekt und die Stellung der Uhrmacherei als Schlüsseltechnologie und seine dadurch bedingte besondere Stellung führte im 18. Jahrhundert zu einer Reihe systematischer Darstellungen der Uhrmacherei mit Lehrbuchcharakter, wie etwa das 1717 in Paris herausgegebene und immer wieder erweiterte Werk »Règle artificielle du temps« von Henry Sully, das von Antoine Charles, Lemgo 1754, ins Deutsche übersetzt wurde. Eine Zusam-

\*) Diese Zahnradfräsmaschine wird im Juli in der Eingangshalle in den Blickpunkt gerückt

menfassung allen Wissens um 1800 auf dem Gebiet der Uhrentechnik, unter besonderer Berücksichtigung der englischen und französischen Quellen, findet sich in einem zehnbändigen Werk, das J.G. Geißler 1793-1799 in Leipzig unter dem Titel »Der Uhrmacher, oder Lehrbegriff der Uhrmacherkunst« publizierte. Vergleichsweise spät schlägt sich hingegen die wissenschaftlich-mathematische Auseinandersetzung zur Herstellung und Berechnung der Zahnräder in der Literatur nieder. Philippe de la Hire (1640-1718), seit 1678 Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris, legte 1694 eine Abhandlung über die Epizykloiden mit einer systematischen Untersuchung von Rollkurven für Zahnflanken und theoretisch richtige Zahnformen vor. Den Uhrenzahnradern insbesondere widmete sich Ch. E. Camus (1699-1768), der in seiner 1733 vorgelegten Abhandlung eine Verzahnung mit geraden Fußflanken und epizykloidschen Kopf- flanken beschreibt und das Verzahnungsgesetz formuliert.

Die erste Beschreibung und Abbildung einer Maschine zum Einteilen und Schneiden von Zahnrädern erfolgte wahrscheinlich 1709 durch den französischen Mathematiker Nicolas Bion (1652-1733). Das 1724 in Leipzig erschienene »Theatrum Maschinarum Generale« von Jacob Leupold bildet eine »Maschine die Uhräder einzuschneiden auf eine sehr leichte Arth, da nicht nöthig ist das Rad erstlich zu theilen« ab. Es handelt sich hierbei um eine von Leupold etwas veränderte Maschine von Bion, worauf er auch im

zur Abbildung gehörenden Kapitel »Von Abtheilung und Einschneiden der Zähne durch Maschinen« hinweist und die Quelle nennt: »Die Maschine hat Bion in der Mathematischen Werck-Schule, nach der Teutschen zu Nürnberg gedruckten Edition pag. 100. Tab. X. Fig. A beschrieben, so aber hier in etwas geändert worden« ( Ed. vermutlich von 1717).

Nachdem nun Maschinen zum Schneiden der Zahnräder zur Verfügung standen, konnten Zahnräder mit gleichmäßiger Teilung hergestellt werden, womit eine Grundbedingung für die Herstellung genauer Zahnräder erfüllt war. Eine genaue Zahnform respektive das Zahnprofil jedoch war dadurch noch nicht gewährleistet. Die Räder wurden nämlich mit der Maschine zunächst nur »eingeschnitten«, es wurden ausschließlich kleine Schlitze gefräst. Der bisherige Arbeitsprozeß, das Auftragen der Teilung mit Zirkel oder Schablone und das Einsägen und/oder Einfeilen der Zahnlücken, wurde seit der Einführung von Räder-schneidmaschinen mit Teilungsscheiben nun leichter und genauer ausgeführt. Die endgültige Fertigstellung des Zahnprofils erfolgte hingegen nach bisheriger Tradition auch weiterhin freihändig, mit Augenmaß, durch Feilen. Erst später wurden Vorrichtungen und Maschi-

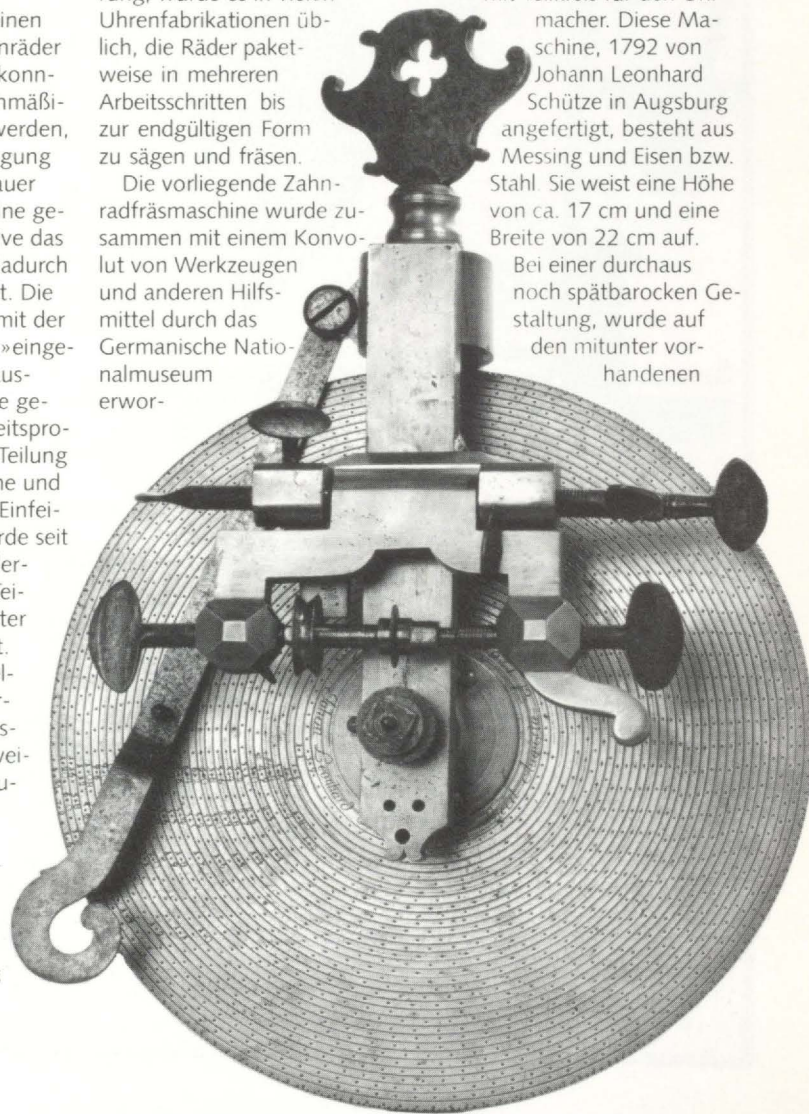
**Zahnradfräsmaschine mit Teilscheibe von Johann Leonhard Schütze, Augsburg 1792, Teilscheibe mit 32 Teilkreisen, Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, o.Inv.Nr.**

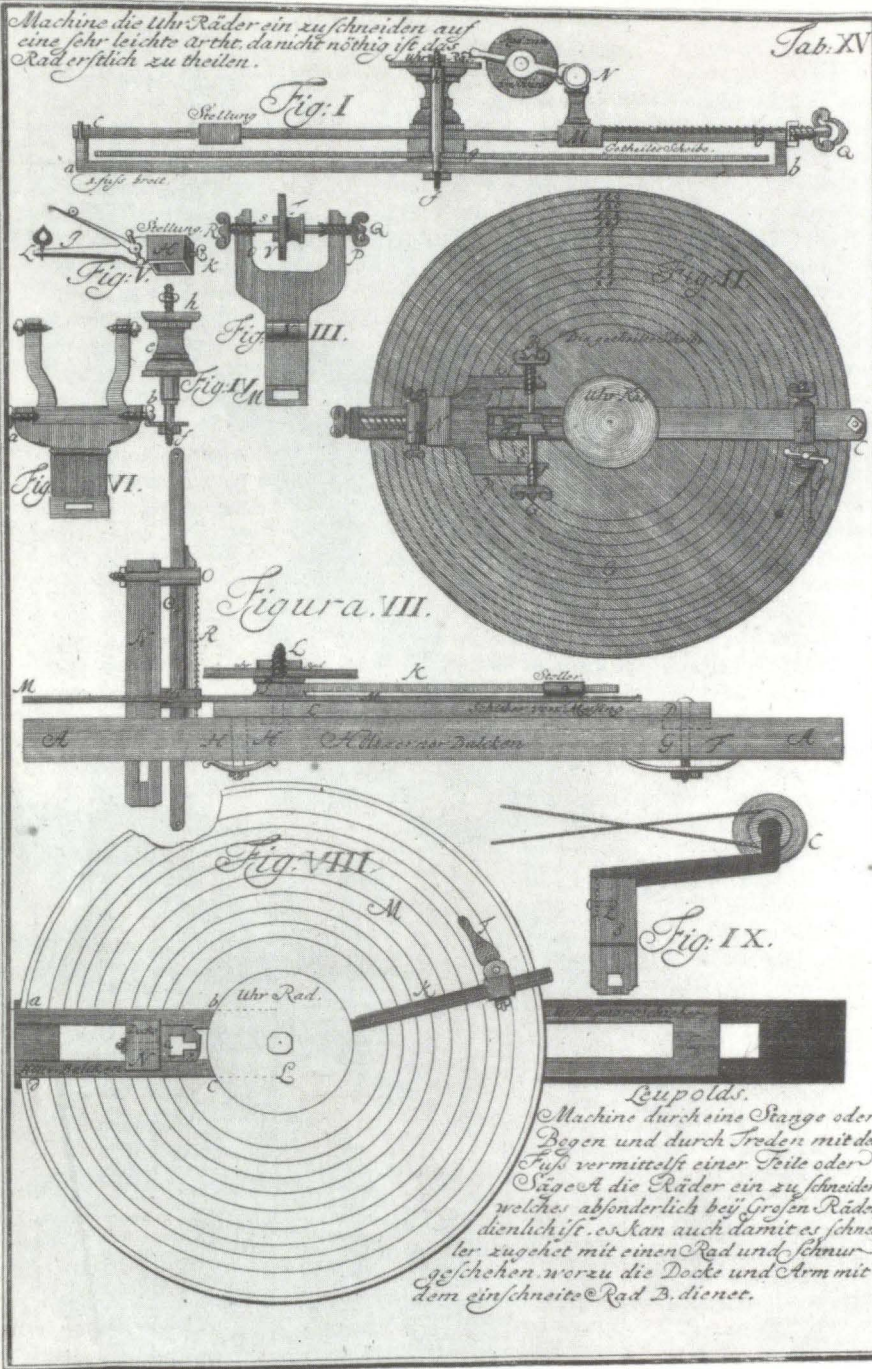
nen entwickelt, bei denen die Zähne mittels Formfeilen bearbeitet wurden. Ab etwa 1830 wurden in der Schweiz sogenannte Arrondiermaschinen verwendet, bei denen vielzählige und scheibenförmige Formfräser die endgültige Form der Radzähne bestimmten. Etwa ab der Mitte des 19. Jahrhunderts, im Zuge der fortschreitenden Industrialisierung, wurde es in vielen Uhrenfabrikationen üblich, die Räder paketweise in mehreren Arbeitsschritten bis zur endgültigen Form zu sägen und fräsen.

Die vorliegende Zahnradfräsmaschine wurde zusammen mit einem Konvolut von Werkzeugen und anderen Hilfsmittel durch das Germanische Nationalmuseum erwor-

ben. Neben Einzelwerkzeugen fanden sich auch ein Zapfenpolierstuhl zum Nachformen und Polieren eingelaufener Rad- und Unruhzapfen, ein Spitzendrehstuhl, ein Poliergerät zum Kürzen und Polieren der Schrauben, eine Räderwälzmaschine zum Nachfräsen der Zahnkränze und als frühestes datiertes Instrument besagte Zahnradfräsmaschine

mit Teilkreis für den Uhrmacher. Diese Maschine, 1792 von Johann Leonhard Schütze in Augsburg angefertigt, besteht aus Messing und Eisen bzw. Stahl. Sie weist eine Höhe von ca. 17 cm und eine Breite von 22 cm auf. Bei einer durchaus noch spätbarocken Gestaltung, wurde auf den mitunter vorhandenen





gravierten Dekor, insbesondere der Fräserwellenhalter, verziert. Das Instrument besteht aus der Wange, dem darauf sitzenden Schlitten mit einem drehbar gelagerten Fräserhalter, der Fräserwelle und der großen Indexscheibe (Teilscheibe) mit 32 radialen Lochkreisen, zwischen denen alle zu Verfügung stehenden Zahnzahlen eingraviert sind. Für den eigentlichen Arbeitsvorgang wird der Block der Maschine derart in den Schraubstock gespannt, daß die große durchbrochene Flügelschraube zum Uhrmacher zeigt. Eine rund abgedrehte Radscheibe, das spätere Zahnrad, wird auf die zentrale Welle aufgesetzt und mit einer Vierkantsmutter montiert. Danach wird der nach dem Teilkreisdurchmesser und der Zahnzahl errechneten Teilungsweite bestimmte Fräser auf der Fräserwelle aufgeschoben und befestigt. Die Antriebsschnur wird über die Schnurrolle gelegt und der Fräserwellenhalter bis zur Waagerechten heruntergedreht und fixiert. Die gewünschte Zahnzahl wird über den Indexhebel und seinem nach unten gerichteten Dorn eingestellt. Dabei wird der Dorn auf eine mit einem Spitzfräser eingebrachte Punktierung der Indexscheibe gesetzt, und nach dem ersten Fräsvorgang um einen oder mehrere Punkte weiter versetzt, so daß die Radscheibe sich Zahn um Zahn weiterdreht. Während des Fräsvorganges wird der über die Schnurrolle in schnelle Dre-

Räderschneidmaschine, Radierung  
Jacob Leupold, Leipzig 1724  
Teilscheibe mit 13 Teilkreisen  
Germanisches Nationalmuseum  
Nürnberg, Inv.Nr. V 485a

hung versetzte Fräser mit Hilfe der großen rückwärtigen durchbrochenen Flügelschraube gegen die Radscheibe geschoben. Der Antrieb selbst erfolgte über ein Vorgelege durch ein mit dem Fuß angetriebenes Schwungrad. Wurde die erste Teilung, die Zahnücke, herausgefräst, mußte die Stellung der Flügelschraube beachtet und zurückgedreht werden, um den Indexhebel bei der Drehung der Indexscheibe auf die nächste gewünschte Punktierung zu setzen.

Als kulturhistorisches Objekt repräsentiert die Zahnradfräsmaschine eine Entwicklung, die sich von den ausschließlich mit der Hand und nach Erfahrung gefertigten Zahnradern der frühen Räderuhren durch die traditionellen Metallhandwerker, über die zunehmende Spezialisierung der Kleinuhrmacher und Miniaturisierung der Uhren, bis zur mathematischen Formulierung des Verzahnungsgesetzes hinzieht. Gut eine Generation nach der Herstellung dieser Zahnradfräsmaschine findet die Entwicklung, der in der Uhrmacherei gebräuchlichen Hilfsmaschinen ihren allmählichen Abschluß durch die Ablösung manueller Arbeitsweisen infolge industrieller Fertigungsverfahren, die ihrerseits durch erschwingliche Kaufpreise den Verbreitungsgrad der Uhr förderten. Heute jedenfalls, und das stellen die überwiegend manuell gefertigte Räderuhren mit ihren Zahnradern deutlich dar, scheint die mechanische Uhr wieder das zu werden, was sie schon einmal war, nämlich ein luxuriöses Prestigeobjekt und Sammlerstück.

*Roland Schewe*

# Historienspektakel und Klagegesang

**Anselm Feuerbach in der Ausstellung »Facetten bürgerlicher Kunst und Kultur. Vom Klassizismus zur Epoche der Weltausstellungen«**

noch bis 28. Juli 1996 im Germanischen Nationalmuseum

Einer der Blickpunkte und zugleich ein Schlüsselbild der Ausstellung ist das monumentale Gemälde »Die Amazonenschlacht«. Es zählt zu den Hauptwerken Anselm Feuerbachs (Speyer 1829-1880 Venedig), der nach seinem Tod als Neuerer des Idealismus in der Kunst eine ungeheure Wertschätzung erfuhr. Auf der 1906 in der Berliner Nationalgalerie gezeigten Ausstellung deutscher Kunst von 1775-1875, der sogenannten »Deutschen Jahrhundert-Ausstellung«, auf der unter anderem die Amazonenschlacht gezeigt wurde, nahmen seine Werke einen dominierenden Platz ein. Nach Nürnberg kam das Gemälde 1889 als Geschenk seiner Stiefmutter Henriette Feuerbach, die sich zeitlebens um seine Karriere und Verkäufe kümmerte, ihm im brieflichen Gedankenaustausch Seelenfreundin war, und die er von seinen verschiedenen künstlerischen Aufenthaltsorten aus regelmäßig aufsuchte. Auf seinen Wunsch hin hatte sie 1876 ihren Wohnsitz von Heidelberg nach Nürnberg verlegt. Nach seiner Verbitterung über die künstlerische Konkurrenz in Wien, wo er von 1873-76 wirkte, und wo Makart der gefeierte Publikumsliebbling war, suchte er Abstand und Umgebungswechsel. Es zog ihn damals, wie er rück-

blickend notierte, in das »doch immer noch künstlerisch angehauchte Bayern«, und da er »aus verschiedenen Gründen nicht nach München wollte« – hier regierten andere Malerfürsten – »so lag das alte Nürnberg, an das mich liebe Jugenderinnerungen knüpften, am nächsten. Daß meine Mutter sich dem anschloß, was für meine Kunst das Förderlichste schien, war ihr natürlich«. Seit 1876 verbrachte er alljährlich die Sommermonate in Nürnberg, wo auch sein Grab liegt. Henriette Feuerbach hatte seine sterblichen Überreste aus Venedig überführen und auf dem Johannis-Friedhof nahe Dürers Grab bestatten lassen. Mit ihrer Schenkung der Amazonenschlacht an Nürnberg verband sie später die Auflage, daß die Stadt dauerhaft für die Pflege des Grabes ihres Stiefsohnes aufkommen sollte. Seine Beisetzung war seinerzeit mit großem Pomp begangen worden. Hatte er im Leben durch seinen idealistischen Anspruch stets am Unverständnis des Kunstpublikums seiner Zeit gelitten, so wurde er nach seinem Tod als Genie betrauert. Die am Ende des Jahrhunderts einsetzende hohe Wertschätzung seines Werks stand in einem Zusammenhang mit dem Aufkommen symbolistischer Tendenzen in der Kunst, die den Blick für die Qualitäten sei-

ner gedankenreichen Figurenkompositionen öffneten.

Die Idee zu einem monumentalen Gemälde der Amazonenschlacht beschäftigte Feuerbach über einen langen Zeitraum. Im März 1860 schrieb er seiner Mutter aus Rom von einem Entwurf, der »seit Jahren sich in mir bildet, die Amazonenschlacht, und so steht zwar erst in dürrer Kohle vielleicht meine vollendetste Komposition vor mir, in weiter abendlicher Campagna mit Meerhorizont und wolkigem Himmel, ein wildes Plänkeln, Streiten, Stürzen, wilde, entfesselte Leidenschaft, die gebändigt wird durch eine vollendete Farbe, und wo ich streben will, die plastische Formenschönheit in den verschiedensten Stellungen auszudrücken«.

Die Amazonenschlacht zählte Feuerbach ebenso wie seine Darstellung des Gastmahls des Platon zu seinen wichtigsten Bildideen. In Henriette Feuerbachs Edition seiner Briefe werden sie als »Zwillingsbilder« bezeichnet, an den verschiedenen Fassungen dieser Bilder arbeitete er meist gleichzeitig. Hier strebte er nach Verdichtung seiner künstlerischen Vision, der er durch die beiden monumental konzipierten Werke denkmalhafte Gestalt verleihen wollte.

Die erste Fassung des »Gastmahls« (295 x 598 cm, heute