
Astronomische Uhr in Rockenhausen

Manfred Steinbach

Die neue Uhr und ihre Geschichte

Rockenhausen ist eine Kleinstadt im Nordpfälzer Bergland, etwa zwischen Mainz und Saarbrücken gelegen. Daniel-Henry Kahnweiler, der Galerist Picassos, hatte hier sein Elternhaus. Das Haus ist nun Museum. Aber man hat weitere Museen. Eines davon ist das Turmuhrenmuseum mit beeindruckendem Bestand. Die älteste Uhr hat um die 500 Jahre auf dem Buckel. Ein begeistertes Team Rockenhausener Bürger betreibt das Museum, angeleitet von Knut Deutsche, einem profunden Kenner der Turmuhrentechnik und Autor mehrerer Bücher zu diesem Thema. Nach Jahren intensiven Sammelns war der Wunsch entstanden, auch die astronomischen Grundlagen dem Besucher sichtbar und deutlich machen zu können. Da kam zufällig ich vorbei und wurde ins Gespräch verwickelt. Ich war Jahre zuvor schon einmal beauftragt, mit der Firma Zeiss zur Zierde der Stadt Jena eine große, moderne astronomische Uhr zu bauen. Mit dem Niedergang der DDR endete auch dieses Projekt, noch bevor der erste Span gefallen war. Ich war also motiviert und interessiert und hatte einige Ideen, wenngleich ich vorher noch nie eine Uhr gebaut hatte, sondern nur große Teleskope für Astronomie und Geophysik sowie große, sehr genaue Messgeräte für die Halbleitertechnik. Aber ich hatte auch schon Teleskope für Spitzbergen und Nordnorwegen und für den Eisbrecher „Polarstern“ gemacht. Für die Auseinandersetzung mit dem Pfälzer Winter glaubte ich die Uhr demnach wohl rüsten zu können.

Die Rockenhausener hatten sich zunächst einen Uhrturm gebaut und kultivierten nun eine Menge Wünsche für die einzubauende Technik. Die einschlägig bekannten Firmen hatten, wenn ich das richtig sehe, auch in Kenntnis des verfügbaren Budgets emotionslos abgewinkt.

In solcher Situation schlägt natürlich die Stunde des Greenhorns. Allerdings habe ich Erfahrung darin, dem widerstrebenden Auftraggeber zu bewegen, das „Was“ seines Wunsches zu formulieren, wo er mich doch immer wieder auf das „Wie“ festnageln will. Dem bösen Konstrukteursspruch, dass der Kunde erst weiß was er will, wenn er sieht, was er hat, liegt ja doch allerlei leidvolle Erfahrung zugrunde.

In einem vielstündigen Konklave in Rockenhausen wurde schließlich festgelegt, was die neue Uhr dem Betrachter zeigen soll:

- Amtliche Zeit auf 24-teiligem Ziffernblatt mit Minute, aber ohne Sekunde. Knut Deutsche wollte keine raschen Bewegungen am Ziffernblatt, sondern eher Einladung zur Meditation.
- Darstellung von wahrer Sonne, sowie Mond mit Mondphasen.
- Darstellung des Sternenhimmels.
- Anzeige der Positionen der drei oder vier hellsten Planeten.

Wir haben uns dann in Bochum neben wichtigeren Dingen reichlich ein Jahr lang der Konstruktion und dem Bau der Uhr gewidmet. Am 9. Oktober 1998 feierte Rockenhausen Einweihung. Seitdem hat es bis zu 15° Kälte, mehrere Stromausfälle und sogar einen Blitzschlag gegeben, was die Uhr aber jedenfalls nicht ernstlich übelgenommen hat.



Bild 1. Astronomische Turmuhr in Rockenhausen
(Foto: Hans Gronauer)

Funktionen und Funktionsprinzipien

Wir verwenden das Prinzip der zentralen Ekliptik. Das ist ungewöhnlich, normalerweise wird der Himmelsäquator zentriert und die Ekliptik liegt dann exzentrisch dazu. Das erfordert aber Kompromisse: man müsste bei äquatorzentrierter Darstellung eigentlich die Zeigerlängen der bewegten Himmelskörper veränderlich gestalten. Bei unserer ekliptikzentrierten Anordnung wird lediglich auf die Anzeige der ekliptischen Breiten verzichtet [1]. Von Anfang an hatten wir die feste Meinung, dass hohe

Genauigkeit auch für weit zurück-liegende Zeiten erreicht werden sollte, und dass man das heute mit Funkuhr und Computersteuerung zu machen hätte. Dritte condition war: Die Uhr, jedenfalls ihre mechanischen Komponenten, soll mit ein bisschen Pflege so lange durchhalten können, wie ihre Brüder im Museum, 500 Jahre wenn es geht.

Es gibt ein inneres Ziffernblatt mit 870 mm Durchmesser, das eine 24-Stunden-Skala trägt. Da sich 24 nicht restlos durch 60 teilen lässt, mussten für die Minuten gesonderte kleine Skalenstriche verwendet werden. Nach außen zu folgt dann die drehbare Ekliptikscheibe mit 1570 mm Außendurchmesser. Sie trägt zunächst und vor allem die etwa 400 Fixsternkugeln, die bis etwa zur Sterngröße 4,75 mag den Himmel im ekliptikalen Breitenbereich $\pm 5^\circ$ vollständig darstellen. Die figurenbildenden Sterne sind durch dünne Stahlstäbe miteinander verbunden. Die Verbindungslinien für die Veranschaulichung der Sternbilder gehen auf ein Buch des 1898 in Hamburg geborenen und später in den USA ansässigen Grafikers H.A. Rey zurück. Seine Figuren schienen mir besonders einprägsam. An einigen Stellen habe ich die Figuren von Rey etwas modifiziert. Neben Sternen und Sternbildern werden die Begrenzungen der Tierkreiszeichen gezeigt. Damit wird sichtbar, in welchem Tierkreiszeichen sich die Wandelgestirne gerade befinden. Die äußerste Skale, wie die innere geteilt, zeigt die wahre Ortszeit. Die Trägerplatte dafür hat eine Größe von 1850 x 1950 mm. Sonne, Mond mit Phasenanzeige, sowie die vier hellsten Planeten laufen vor der Ekliptikscheibe auf der ekliptikalen Bahn Breite Null. Die Sonne trägt außen einen Appendix, einen Zeiger, der auf der äußersten Skale die wahre Sonnenzeit von Rockenhausen zeigt.

Einiges zu Konstruktion und Bau

Die Zifferblätter sind aus 4 mm dickem Edelstahlblech (V2A) gefertigt. Praktisch alle diese Teile sind laserstrahlg geschnitten. Die nötigen Datenfiles für die Maschinensteuerung haben wir mit einem CAD-Programm und kleinen LISP-Zusätzen erzeugt. Die Sternkoordinaten sind direkt aus einem digitalen Sternkatalog übernommen. Die in Rektaszension, Deklination und Größenklasse angegebenen Sternkoordinaten wurden in einem Transformationsprogramm zunächst nach Helligkeit selektiert, im Falle hinreichender Helligkeit in ekliptikale Länge und Breite umgerechnet und, falls die ekliptikale Breite im Bereich $\pm 5^\circ$ lag, die ekliptikalen in kartesische Koordinaten auf der Ekliptikscheibe umgerechnet. Zum Schluss musste dann noch ein bisschen mit der Hand editiert werden, um Probleme mit engen Doppelsternen zu lösen. Auch die Plejaden z.B. habe ich etwas gedehnt. Auch Ziffern, Skalenstriche und Symbole der Tierkreiszeichen sind lasergeschnitten, und es sind dann an jedes Zeichen von der Unterseite zur lösbaren Befestigung mindestens zwei Gewindebolzen hart angelötet worden. Das soll allfällige Reinigungsprozesse erleichtern. Die Zifferblätter sind mit dunkelblauem PUR-Zweikomponentenlack beschichtet. Die Ziffern, Zeichen und Fixsternkugeln sind galvanisch vergoldet, sie sehen auf dem dunkelblauen Untergrund sehr edel aus.

Die Antriebe bestehen aus Schrittmotoren mit vorgeschalteten Planetengetrieben (was könnte für diesen Zweck anderes verwendet werden!). Dann folgt ein speziell angepasstes Zahnradpaar. Bei Stunden- und Minutenzeiger geht es ganz simpel per Hohlachse zu den Zeigern. Auf ein konventionelles Zeigerwerk mit 1:12-Übersetzung wurde verzichtet, obwohl das einen der relativ teuren Antriebe erspart hätte. Wir hatten aber den Ehrgeiz, Zeitrafferfunktionen über einen großen Raffungsbereich möglich zu machen. Da wäre dann immer der Minutenzeiger der geschwindigkeitsbegrenzende Faktor gewesen. Bei Sonne, Mond, Horizont und Planeten gehen die Antriebsachsen zunächst in einen Hohlzylinder, der geeignete Ausnehmungen hat, durch die hindurch auf die Innenverzahnungen außen drehbar angeordneter Hohlräder zugegriffen wird. Die Hohlräder tragen dann die Zeiger.

Alle Lagerungen und Zahnradpaarungen sind mit Hochleistungslagerwerkstoffen auf Kunststoffbasis realisiert. Dadurch darf das Uhrwerk als wartungsfrei angesehen werden. Jedenfalls muss nirgends geölt werden.

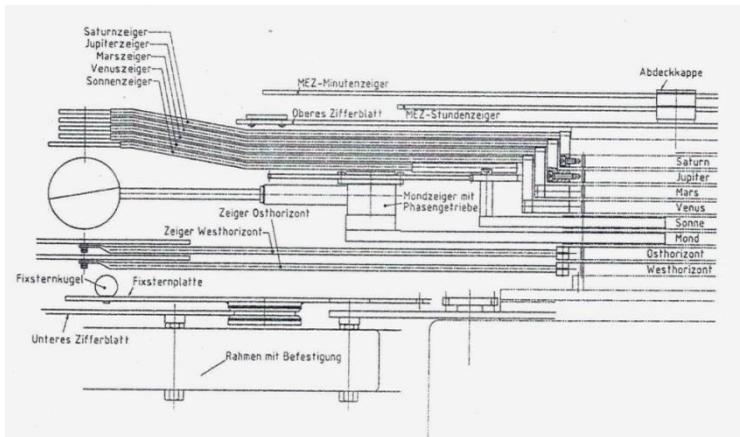


Bild 3. Anordnung der Zifferblätter und Zeiger

Die Phasenbewegung des Mondes wird aus der Winkeldifferenz zwischen Sonne und Mond abgeleitet. Sonnen- und Mondzahnring tragen neben den Zeigern noch ein Zahnrad, der Mond in der Form eines Umlaufträdergetriebes. Das Mondrad ist halb so groß wie das Sonnenrad. Es ist mit einem Kegelradgetriebe verbunden, das die 1:2-Übersetzung rückgängig macht und die Mondkugel zur Rotation bringt.



Bild 4. Kegelradgetriebe (Quelle: Uhrenmuseum Rockenhausen)

Die aus zwei Hälften bestehende Mondkugel ist zur Hälfte schwarz verchromt und zur anderen Hälfte vergoldet. Bild 3 zeigt die Anordnung, die so oder so ähnlich auch in anderen Uhren verwendet wird. Die großen Zahnräder sind ebenfalls Laserbrennteile. Nach einigen Stunden Einlaufzeit mit Schleifmittel waren wir von der erreichten Laufruhe positiv überrascht. Die beiden Horizontalbalken haben einen gemeinsamen Antrieb und befinden sich in festem gegenseitigem Abstand von 180° , da immer die Hälfte der Ekliptik über bzw. unter dem Horizont befindlich ist. Lasergeschnitten ist auch die Innenverzahnung des Ekliptikringes. Ein allerdings gefrästes Gegenritzel besorgt den Antrieb des großen, rollengelagerten Ringes mit einer Masse von ca. 50 kg. Alle mechanischen Teile der Uhr sind an einem geschweißten Rahmen aus Edelstahl-Quadratrohr befestigt. Dieser Rahmen wiederum ist gelenkig in dem hölzernen Uhrturm befestigt. Diese Art der Befestigung verhindert Kraftwirkungen von dem durch Stürme und Feuchtigkeit beeinflussten Turm auf das Uhrgestell.

Programmierung und Steuerung

Zentraler Teil der Steuerung ist ein üblicher Personalcomputer, der sich in etwa 25 m Entfernung in einem Ausstellungsraum befindet. Seine Zeitbasis wird mittels eines DCF77-Zeitsignalempfängers ständig aktualisiert. Das unter DOS laufende Pascal-Programm generiert die Befehle für die Ansteuerbausteine der Motoren, die ihrerseits über eine gewisse Intelligenz verfügen und über längere Zeit autonom arbeiten können. Obwohl die Entwicklung des Steuerprogramms viel Arbeitskraft gekostet hat, wird die Kurzfassung des Programmablaufes dem Kenner der Materie nicht viel Neues bieten. Nach Berücksichtigung der Zeitverschiebungen durch allfällige Sommerzeitfestlegung, wegen der geographischen Länge von Rockenhausen, wegen Kalenderfestlegungen (z.B. Schaltjahre, Kalenderreform) und wegen Veränderungen der Rotationsgeschwindigkeit der Erde (Dynamische Zeit) wird zunächst ein Tag in einer gleichmäßigen Folge (Julianischer Tag, JD) berechnet. Damit ist, um eine spektakuläre Zahl zu nennen, die Rechengenauigkeit so hoch, dass für die gesamte Existenz des Universums jeder Zeitpunkt auf eine tausendstel Sekunde genau bestimmt werden kann. Auf der Basis des Julianischen Tages und seiner Bruchteile und mit etwas umfänglichen Formeln werden die Positionen von Sonne, Mond, Planeten und Fixsternhimmel berechnet. Die Berechnungen basieren vorwiegend auf Arbeiten von Jean Meeus in Belgien sowie der sogenannten Französischen Planetentheorie VSOP 87 von Bretagnon und Francou. So ist sichergestellt worden, dass die Uhr auch Jahrtausende entfernte Zeitpunkte ohne sichtbaren Fehler anzeigen kann und dass sie mit historischen Angaben in Übereinstimmung steht. Der Vergleich mit den Rechnerprogrammen der neuen Zeiss-Planetarien hat z.B. beim Planetentreffen im Jahr 1952 keine merkliche Differenz ergeben. Sicher auch bedingt durch die Arbeit unter DOS ist übrigens der Rechner so schnell, dass sich die Frage der Einschränkung der Zahl der Koeffizienten der Planetentheorie gar nicht stellte – es wurden einfach alle Koeffizienten aus dem originalen Binärfile direkt in Quelltext umgewandelt. Obwohl zwischen benachbarten Zeitpunkten jeweils viele hundert Sinus-/Cosinusglieder berechnet werden, gibt es im zeigrafften Betrieb keine Zeitprobleme.

Die wesentlichen Teile der Steuersoftware heißen:

Z-Punkt für Uhrenanblicke zu beliebigen Zeitpunkten

Z-Lauf für regulären Uhrenbetrieb

Z-Raffer für zeitgeraffte Anzeigen

Z-Punkt: Zeitpunkte wie Wallensteins oder des Bürgermeisters Horoskop oder die Vision Kaiser Konstantins sind bereits vorgegeben und können vom Menü aus angewählt werden. Natürlich lassen sich auch beliebige Zeitpunkte eintippen. Die Zeiger werden auf dem schnellsten Wege (Rechts- oder Linkslauf) an die erforderlichen Positionen gebracht.

Z-Lauf: Beim Start des regulären Uhrenbetriebes sucht sich das Programm zuerst alle vorbestimmten Parameter aus einem Steuerfile (Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Übersetzungsverhältnisse, Endschalterpositionen, Zeitpunkte für das Geläut usw.) und startet mit der aktuellen DCF77-Zeit. Nach Stromausfall startet sich das Programm selbst. Im Allgemeinen soll in Rockenhausen bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang programmgesteuert geläutet werden.

Z-Raffer: Hier können verschiedene Betriebsarten willkürlich oder aus dem Menü gewählt werden. Unter Umständen werden die Zeiger während der Funktion in Ruhe gehalten, damit es nicht zu Überschreitungen der Maximalgeschwindigkeiten kommt. Die Korrektur für Dynamische Zeit lässt sich wahlweise ein-oder ausschalten.

[1] Schutzrecht „Astronomische Uhr“, DE 19823416 A1/G 04 B, 1998

Erstveröffentlichung: Der Sternenbote – Österreichische astronomische Monatsschrift, 10/1999