

von 23 mm Durchmesser. Es hat sich herausgestellt, daß für den Beschauer dabei der Eindruck eines Sternes durchaus noch erhalten bleibt.

Die Darstellung der Milchstraße ließ sich mit den Sternplatten nicht wirksam verbinden. Dafür mußte auf dem Fixsternkörper eine Anzahl kleiner Projektionsapparate zusätzlich angeordnet werden. Hierfür war es zweckmäßig, im Gegensatz zu der Sternprojektion, die eine vollkommen scharfe Abbildung verlangte, möglichst verschwommene Umrisse der nebelartigen Flecke herzustellen, die die Milchstraße verkörpern.

Weiterhin ist noch eine Anzahl kleiner Lichtbildwerfer auf der gleichen Kugel vorgesehen, die die Namen der Sternbilder auf den projizierten Himmel zu werfen gestatten.

Die so gewonnene Fixsternkugel muß, um die Tagesbewegung des Fixsternhimmels darzustellen, um eine Achse drehbar angeordnet werden, die der Polachse entspricht, und die für die geographische Breite von München eine Neigung von etwa 12° gegen die Senkrechte aufweist.

Sonne, Mond und Planeten sind durch besondere Projektionsapparate dargestellt, deren Bewegung sehr viel mehr Schwierigkeiten verursachte als die des Fixsternhimmels. Die schleifenartigen Bahnkurven der Planeten auch nur in

für jeden der dargestellten Planeten die Erdbahn wiederholt werden. Weiterhin verbot es sich, die einzelnen Getriebe durch eine durchgehende, zentrale Achse zusammenzuhalten, weil sich das erwähnte Röhrensystem auch frei über die Bahnmitten bewegen lassen mußte. Die einzelnen Getriebe mußten daher durch eine außerhalb der Bahnen angebrachte Konstruktion von Stäben verbunden werden, deren Dicke klein gegen die Größe der Projektionsobjektive sein mußte, damit keine merkbaren Verdunkelungen eintraten.

In Abb. 5 ist als Beispiel das Getriebe für den Merkur schematisch dargestellt. Zwei kreisrunde Blechscheiben *a* und *b* sind am Umfange durch dünne Stangen *e* zusammengehalten. Die obere Scheibe trägt auf einer um 7° schräg gestellten Achse, der schrägen Lage der Merkurbahn gegen die Erdbahn (Ekliptik) entsprechend, an einem Hebelarm eine kleine Stahlkugel, die den Merkur verkörpert. Auf der unteren Scheibe ist in entsprechender Weise und in richtigem Halbmesserverhältnis die Erdkugel um einen zentralen Zapfen drehbar angebracht. Die beiden Kugeln sind nun nicht durch das Röhrensystem miteinander verbunden, das vorhin der Einfachheit halber angegeben war, sondern durch ein Getriebe von der Grundform eines Parallelogramms, das wie eine Nürnberger Schere in viel stärkerem Maße auseinandergezogen und verkürzt werden kann. An seinem Ende sitzt der Bildwerfer *d*, dessen optische Achse in geeigneter Weise stets in der Richtung der Verbindungslinie beider Kugeln gehalten wird. Allerdings nicht streng in dieser Richtung, denn das Planetengetriebe mußte ein Stück aus der Mitte

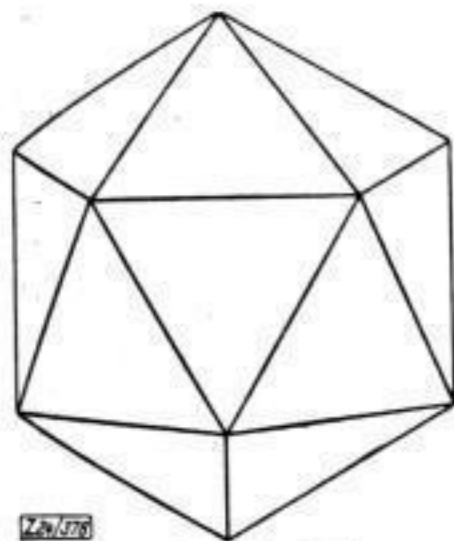


Abb. 3. Zwanzigflächner.



Abb. 4. Kugelaufteilung für die Projektion.

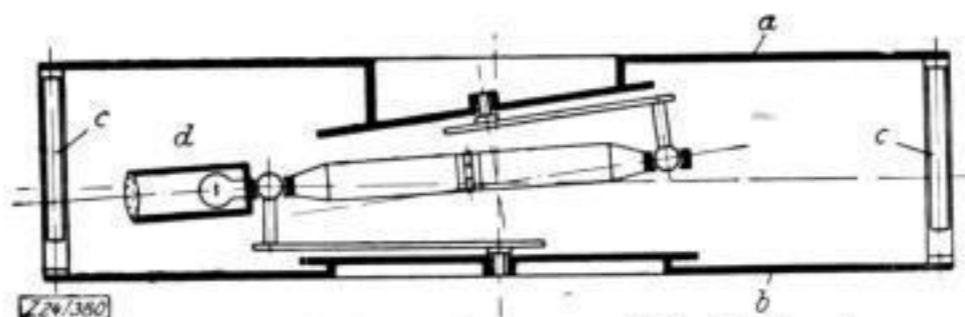


Abb. 5. Einzelnes Planetengetriebe (Merkur).

roher Annäherung unmittelbar mechanisch herzustellen, erwies sich als untunlich. Man mußte zu der einfachen kopernikanischen Darstellung der Himmelsbewegungen zurückgreifen, um auf mittelbarem Wege die richtigen Bahnkurven zu gewinnen. Das angewandte Verfahren ist leicht zu verstehen, wenn man sich, entsprechend dem Gedankengang des Kopernikus, die Fixsterne auf einer sehr großen Kugel fest angeordnet denkt, in deren Mittelpunkte die Sonne ebenfalls feststeht. Die Erde und die Planeten bewegen sich in elliptischen Bahnen um die Sonne nach bekannten Gesetzen. Der Ort, an dem jeweils ein Planet am Himmel von der Erde aus erscheint, ist durch denjenigen Punkt gegeben, wo die Verbindungsgrade von der Erde zu dem Planeten in ihrer Verlängerung die Himmelskugel trifft.

Die Bewegung der Erde und eines Planeten ist in kleinem Maßstab mechanisch leicht darzustellen. Man denke sich nun den Punkt, der die Erde verkörpert, mit dem eines Planeten durch ein zweiteiliges Rohr verbunden, das sich wegen des veränderlichen Abstandes teleskopartig verlängern und verkürzen läßt. Setzt man weiter an dieses Röhrensystem einen kleinen Projektionsapparat an, der das Bild des Planeten in der Richtung der Rohrachse auf die Hohlkugel wirft, so ist die Aufgabe im wesentlichen gelöst. Der abgebildete Planet muß jetzt mit großer Genauigkeit seine Bahn beschreiben. Kleine Fehler entstehen noch dadurch, daß die mechanische Wiedergabe der Planetenbahnen aus praktischen Gründen nicht in beliebig kleinem Maßstab erfolgen kann.

Da sich die einzelnen Lichtbildwerfer gegenseitig nicht in den Weg kommen durften, ergab sich die Notwendigkeit, sie stockwerkartig untereinander anzuordnen. Deshalb mußte

des Kugelraumes herausgerückt werden, da die Mitte bereits durch die Fixsternapparatur in Anspruch genommen war (Abb. 2). Dieser Versetzung entsprechend sind die Projektionsapparate gegen die erwähnte Richtung um bestimmte Winkel gekippt.

Die Planetenbahn war in Abb. 5 als kreisförmig mit der Sonne als Mittelpunkt dargestellt worden, während sie eigentlich die Form einer Ellipse hätte aufweisen müssen. Nun sind aber die Abweichungen der Planetenbahnen von der eines Kreises sehr gering. Der ungünstigste Fall liegt beim Merkur vor, wo die kleine Achse der Ellipse um 2% kleiner ist als die große. Der Ersatz der Ellipsen durch Kreise war also ohne merklichen Fehler zulässig. Ein erheblicher Fehler entsteht aber, wenn man die Geschwindigkeitsschwankungen in der Bahn nicht berücksichtigt. Zur Verringerung dieses Fehlers ist ein Kurbelmechanismus benutzt worden, der aus folgender Ueberlegung entstanden ist.

In Abb. 6 stellt die gezeichnete Ellipse die Bahn eines Planeten *P* dar, mit *S* als demjenigen Brennpunkt, in dem die Sonne stehen soll. Geht man von dem Anfangspunkt *A* aus, der der kürzesten Entfernung von der Sonne (Perihel) entspricht, und rechnet von hier aus die Winkel φ , die der Radiusvektor während der Zeit *t* zurücklegt, so läßt sich die Beziehung zwischen φ und *t* durch eine einfache Näherungsformel darstellen, auf deren Ableitung hier verzichtet werden soll:

$$2\pi \frac{t}{T} = \varphi - 2\varepsilon \sin \varphi.$$

Dabei bedeutet *T* die volle Umlaufzeit, ε die numerische Exzentrizität der Ellipse, die durch das Verhältnis der Strecken *MS* zu *MA* gegeben ist.