

Die Zeitbestimmung.

Müde durchmüht im weltfernen Dörfchen der einsame Stundenzeiger der Turmuhr seinen Weg, mit sich zufrieden, wenn er der Sonne Durchgang durch die Mittagsebene zwischen 11 und 1 Uhr erfolgen läßt. Und vor dem Zifferblatt der elektrisch betriebenen Normaluhr steht der Großstädter, im Herzen mit seinem Uhrmacher hadernd, wenn seine Glashütter der richtigen Zeit um einige Sekunden vorauseilte. Dazwischen liegen mit allen Abstufungen die Bedürfnisse an Zeitgenauigkeit, die man heute an die Uhr zu stellen pflegt. Erhöhten Anforderungen an die Zuverlässigkeit aller dem täglichen Leben geltenden Bestimmungen sind auch die der Zeitangabe gefolgt; unsere Verkehrsformen haben diese Genauigkeit zur Voraussetzung. Und dankbar nimmt jeder entgegen, was sich ihm an Vervollkommnungen in dieser Hinsicht bietet; aber das Verständnis der Grundlagen aller damit im Zusammenhange stehenden Dinge hat gegen früher kaum einen nennenswerten Fortschritt gemacht. Ja, es haben sich sogar soviel gänzlich falsche Vorstellungen über Zeit und Zeitbestimmung eingebürgert, daß es der Mühe nicht unwert erscheint, diese Frage schlicht und ohne übermäßigen Aufwand an unverständlichen mathematischen Begriffen dem Leserkreis dieses Schriftchens näherzubringen.

Erörterungen über den Begriff der Zeit sind hier völlig überflüssig und würden das Eindringen in die hier zu behandelnden Dinge nur ganz unnötig erschweren. Es handelt sich hier vielmehr zunächst nur darum, festzustellen, daß jedes der Vergangenheit oder der Zukunft angehörende Ereignis zu einer bestimmten Zeit eintrat oder eintreten wird, die nach gewissen noch näher zu besprechenden Einheiten gezählt einen Anfangszählpunkt vorausgeht oder folgt, gleichgültig, ob es sich dabei um eine weltererschütternde geschichtliche Tat oder das bescheidene Erlebnis eines einzelnen Menschen handelt. Will ein Anwohner des Marktes den Zug 9⁴⁶ nach Breslau benutzen und braucht er 18 Minuten um den Bahnsteig zu erreichen, so ist der Anfangszählpunkt 9²⁸, die Einheiten sind Minuten, das Ereignis ist die Abfahrt des Zuges.

Dabei ist die Art der Zeiteinheiten zunächst ganz willkürlich, ihre Größe wird der der in Betracht kommenden Zeitabschnitte anzupassen sein. Die erste und wichtigste Aufgabe für die Zeitbestimmung ist von jeher das Auffuchen solcher Einheiten gewesen. Ihre Zahl ist äußerst beschränkt, ihr Gebrauch vielfach durch störende Nebenumstände erschwert. In der Tat gibt es wohl kaum ein periodisch wiederkehrendes Ereignis von solcher Regelmäßigkeit, daß es ohne weiteres als Grundlage der Zeitählung gewählt werden könnte. Die der unsrigen tatsächlich zugrunde liegende Einheit ist die Schwingungsdauer eines Pendels und zwar entweder eines Schwerependels bei Uhren mit fester

Aufstellung oder eines Elastizitätspendels bei tragbaren Uhren. Das Uhrwerk selbst ist nichts anderes als eine mechanische Vorrichtung, das Pendel dauernd in Bewegung zu halten, die Anzahl dieser Schwingungen zu zählen und die gezählten Einheiten (Fünftelsekunden bei Taschenuhren, Sekunden u. a.) in solche höherer Ordnung (Minuten, Stunden, Halbtage) umzusetzen. Für die zu wählende Schwingungsdauer ist eine andere Einheit maßgebend, nämlich der mittlere bürgerliche Tag. Aber diese Einheit entspricht keinem natürlichen Vorgange, ebensowenig die nächst höheren Einheiten, Monat und Jahr; die Länge beider ist sogar verschieden, um die eine der anderen einzufügen und den Kalender mit dem Wechsel der Jahreszeiten in Einklang zu bringen.

Aus der Erkenntnis, daß die Pendelschwingungsdauer die Grundlage unserer Zeitmessung ist, folgt einerseits, daß vor der Verwendung des Pendels zu diesem Zwecke, vor Galilei und Huygens, also bis 1650 eine genaue Zeitmessung überhaupt nicht möglich war, andererseits, daß ihre Verfeinerung darauf hinausläuft, das Pendel und seinen Zusammenhang mit dem Uhrwerk zu vervollkommen oder die Angaben einer zuverlässigen Uhr unter Ausschaltung des Pendels auf irgend einem Wege weiterzubefördern und sichtbar wiederzugeben oder wenigstens den Gang anderer Uhren von ihr abhängig zu machen.

Es ist nicht meine Absicht, auf die Schwierigkeiten der früheren Zeitmessung näher einzugehen, nur an einem Beispiel soll klargelegt werden, wie umständlich und mühsam frühere Geschlechter das Geschäft betrieben haben. Die Inschrift *horae noctis* (Stunden der Nacht) auf einer Sonnenuhr meiner Sammlung, verfertigt von Markus Burmann in München 1601, erinnert daran, daß bis in das 17. Jahrhundert hinein nicht der Sonnentag als Zeiteinheit galt, d. h. die Zeit von einer Sonnenkulmination bis zur nächsten, und daß nicht diese Zeitspanne in 24 gleiche Stunden geteilt wurde, sondern dem Tage 12 Stunden und der Nacht 12 Stunden zugemessen wurden. Die Zählung dieser Teilung begann mit dem Auf- und Untergange der Sonne. Für die äquatornahen Kulturländer der alten Welt ergab sich daraus kein wesentlicher Nachteil, welche Schwierigkeiten aber unseren Vorfahren daraus erwuchsen, daß sich die Stundenlänge von Tag zu Tag änderte und die Tagesstunden im Hochsommer die doppelte Länge der Nachstunden hatten, läßt sich kaum noch ausdenken. Zur richtigen Teilung bedurfte man an den Sonnenuhren wieder verwickelter weiterer Einrichtungen.

Die beiden für die Bemessung der Länge und Schwingungsdauer des Pendels maßgebenden Vorgänge sind die Drehung der Erde und zugleich die scheinbare Bewegung der Sonne im Tierkreis. Wäre, was mancher aus sehr unvorsichtigen Äußerungen der Lehrbücher folgern zu müssen glaubt, die Sonne wirklich ein Fixstern, ihr Mittelpunkt also am Himmel festgeheftet, so gäbe es keine Schwierigkeiten der Zeitmessung. Die Drehung der Erde vollzieht sich mit einer solchen Regelmäßigkeit, daß erhebliche, etwa durch Veränderungen der Massenverteilung auf der Erde selbst bewirkte Ungleichheiten der Drehungsdauer seit der Benutzung des Pendels als Zeitmesser nicht verzeichnet worden sind. Dann wäre die Tageslänge durch zwei aufeinanderfolgende Durchgänge des Sonnenmittelpunktes durch die Meridianebene jedes Ortes der Erdoberfläche sehr leicht bestimmbar, die Teilung des Tages in 24 Stunden besorgten unsere Uhren mit hinreichender Genauigkeit und die Gangbeaufsichtigung wäre ein Kinderspiel. Dem das Tempo, in dem der Fixsternhimmel seine scheinbare Drehung vollführt, wäre dasselbe wie das der Sonne und der Durchgang jedes beliebigen Fixsternes durch die Meridianebene ein für die Berichtigung der Uhr ohne weiteres brauchbares Zeitsignal. Ja, es bedürfte nicht einmal der Ermittlung der Meridianebene; schon viel einfachere Beobachtungen wie die des von einem festbestimmten Punkte aus wahrgenommenen Durchganges eines Sternes an einer fernen Mauerkante, einem Turm würden genügen, die Uhr mit einer für das bürgerliche Leben genügenden Genauigkeit im richtigen Gange zu erhalten.

Nun ist aber die Sonne im ursprünglichen Sinne des Wortes kein Fixstern und die Erkenntnis ihrer täglichen Bewegung am Himmelsgewölbe, die Tatsache, daß sie mit ungleichen

Schritten den Tierkreis durchläuft, überhaupt der Schlüssel zum grundlegenden Verstehen der Himmelskunde. Zum anderen muß sich die bürgerliche Zeiteinteilung dem Wandel des Tagesgestirns anpassen. Daraus folgt aber mit Notwendigkeit, daß die Zeitbestimmung mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft ist.

Wenn man zunächst die Frage erörtert, welche Stellung eines Gestirns am Himmelsgewölbe für die Zeitbestimmung maßgebend sein soll, so ergibt sich bald, daß am zweckmäßigsten dazu der Durchgang durch die Meridianebene des Beobachtungsortes ist. Wie der Name sagt, ist das diejenige auf der Horizontalebene senkrechte Ebene, die durch den Himmelspol geht, in der also alle Gestirne beim Durchlaufen ihrer täglichen Kreisbahn ihren höchsten und niedrigsten Stand über oder unter dem Horizont erreichen; die Schnittgrade dieser beiden Ebenen ist der nord-südlich verlaufende Meridian des Beobachtungsortes. Wollte man irgend eine andere Stellung des Gestirns zur Zeitbestimmung heranziehen, so ist das an sich sehr wohl möglich, dann aber ist die Zeitbestimmung an die Berechnung eines sphärischen Dreiecks geknüpft, d. h. eines Dreiecks, dessen Seiten nicht Strecken, sondern Bogen größter Kreise am Himmelsgewölbe sind. Denkt man sich am dunklen Himmelsgewölbe den Pol mit irgend einem Fixstern, etwa dem hellsten Stern des Sternbildes des großen Bären, durch einen leuchtenden Bogen verbunden, so könnte man diesen Bogen, der in immer gleicher Geschwindigkeit den Pol umkreist, als den Zeiger einer Uhr ansehen. Ihr Zifferblatt würde freilich statt der üblichen und durchaus zweckmäßigen Teilung in zwölf so in vierundzwanzig Stunden geteilt sein müssen, daß die Zahl 24 oder 0 in der oberen, die Zahl 12 in der unteren Meridianlage ständen, dazwischen die übrigen Zahlen. Die Zeitbestimmung würde dann darin bestehen, den Winkel festzustellen, den die jeweilige Lage dieses Himmelsuhrzeigers mit seiner Nulllage im Meridian aufweist und in seiner Umrahmung die Zeit. Da man nun diesen Winkel, den Stundenwinkel (t) aus dem früher erwähnten sphärischen Dreieck dann mit großer Genauigkeit berechnen kann, wenn man die astronomische Lage des Beobachtungsortes auf der Erdoberfläche kennt und die Höhe des betreffenden Sternes über dem Horizont zur Beobachtungszeit zu messen imstande ist, so ist eine solche Zeitbestimmung deshalb genauer als eine solche aus Sonnenhöhen, weil der Durchgang eines Sterns durch die Fernrohrachse des Beobachtungsinstrumentes viel sicherer beobachtet werden kann, als der des Sonnenmittelpunktes, denn der kann nur auf Umwegen durch Einstellung des Fernrohres auf den unteren oder oberen Sonnenrand ermittelt werden.

Freilich ist eine solche Zeitbestimmung aus Sternhöhen für die Richtigstellung der Beobachtungsur nicht ohne weiteres von Wert, sie bedarf vielmehr erst einer Umrechnung in mittlere Ortszeit oder mitteleuropäische Zeit. Aber diese Umrechnung hat keinerlei Schwierigkeiten, wenn man einer astronomischen Tabelle, etwa dem Nautischen Jahrbuch, die Abhängigkeit beider Zeiten entnehmen kann.

Die oben gemachte Bemerkung, daß die Entnahme der Zeit aus der Stellung des Himmelsuhrzeigers eigentlich eine Winkelmessung oder Schätzung sei, bedarf zum vollen Verständnis einiger weiterer Erläuterungen. Zunächst ist klar, daß der Sinn der Drehung dieses Himmelszeigers dem des Uhrzeigers entgegengesetzt ist, das folgt aus dem Sinne der Drehung der Erde. Da der Himmelszeiger den Kreis seines Zifferblattes also 360 Grade in 24 Stunden durchläuft, so legt er einen Grad in 4 Minuten zurück und aus dieser Geschwindigkeit ergibt sich die Umrechnung des Stundenwinkels in Sternzeit. Deren Anfangszählpunkt kann aber nicht der Augenblick des Durchganges eines beliebigen Fixsterns durch den Meridian sein, man zählt vielmehr die Sternzeit aus besonderen sich aus der Sonnenbewegung ergebenden Gründen vom Durchgang eines durch keinen Fixstern am Himmelsgewölbe bezeichneten Punktes aus, des Frühlings- oder Widderpunktes. Diesen Namen führt der Punkt des Himmelsgewölbes, in dem beim Frühlingsanfang der Sonnennittelpunkt den Himmelsäquator überschreitet, er ist also der Schnittpunkt des Äquators und des Tierkreises.

Da er nicht sichtbar ist, kann er nicht zur Zeitbestimmung verwendet werden, der Fachmann verwendet also dazu Fixsterne von besonders bevorzugter Stellung, sogenannte Zeitsterne, die die Weststrebene, den ersten Vertikalkreis, in einiger Höhe schneiden, dagegen bevorzugt der Laie die dem Pol nahe-
stehenden Sterne, also etwa die des Sternbildes des großen Bären oder der Kassiopeja.

Es ist erstaunlich und für den aufgeklärten Städter geradezu beschämend, mit welcher Sicherheit vielfach von Schäfern aus der Stellung eines solchen Himmelsuhrzeigers die bürgerliche Zeit bis auf wenige Minuten genau abgelesen wird, auch bei Förstern habe ich oft eine sehr ausgebildete Fähigkeit angetroffen, den verwickelten Gedankengang beinahe instinktiv zu erledigen.

Wie unter Benutzung eines Universalinstrumentes, einer Vorrichtung zum genauen Messen von Horizontal- und Höhenwinkeln und einer zuverlässigen Uhr aus der Stellung eines Sternes die richtige mitteleuropäische Zeit festgestellt werden kann und welche Gedanken dabei maßgebend sind, mag folgendes Beispiel lehren.

Am 12. Oktober 1909 abends 9 Uhr 31 Minuten 28 Sekunden nach Angabe der im Amtszimmer des Gymnasiums stehenden Schuluhr wurde am südwestlichen Himmel der Stern Atair (*a aquilae*) in der Höhe $h = 31,041^\circ$ beobachtet. Aus dem oben erwähnten sphärischen Dreieck Pol — Zenit — Stern und der Breite des Beobachtungspunktes $\varphi = 51,617^\circ$ ergibt sich durch trigonometrische Rechnung der Stundenwinkel Zenit — Pol — Stern $t = 48,918^\circ$, also waren seit dem Durchgang des Sternes durch den Meridian bis zur Beobachtung $t = 3$ Stunden 15 Minuten 40 Sekunden verfloßen.

Nun verfließen vom Durchgange des Frühlingspunktes durch den Meridian bis zu dem des Atair: $a = 19$ h. 46 min. 22 sec.; die „Gerade Aufsteigung“ oder „Rektaszension“ des Sternes genannte Größe entnimmt man dem nautischen Jahrbuch. Also waren im Augenblick der Beobachtung:

$$a + t = 23 \text{ h. } 2 \text{ min. } 2 \text{ sec.}$$

seit dem Durchgange des Frühlingspunktes verfloßen, das ist die Sternzeit θ_2 zu diesem Zeitpunkte. Ferner gibt das nautische Jahrbuch an, daß die Sternzeit am mittleren Mittag des 12. Oktober in Greenwich, der englischen Hauptsternwarte 13 h 21 min. 41 sec. war. Das ist aber der Zeitpunkt 1 Uhr mittags nach unseren Uhren und da das Gymnasium $16,859^\circ$ östlich von Greenwich liegt, so ist die Sternzeit in Rawitsch um 1 h. 7 min. 26 sec. voraus, also ist um diese Zeit die Sternzeit in Rawitsch

$$\theta_1 = 14 \text{ h. } 29 \text{ min. } 7 \text{ sec.}$$

Zieht man das von der obigen Sternzeit ab, so ergibt sich, daß von 1 Uhr bis zum Augenblick der Beobachtung

$$\theta_2 - \theta_1 = 8 \text{ h. } 32 \text{ min. } 55 \text{ sec.}$$

verfloßen sind. Das ist aber nicht Sonnenzeit sondern Sternzeit. Der Sonnentag ist nun aber wie sofort gezeigt werden soll, rund um 4 min. länger als der Sterntag, also muß dieser Zeitbetrag durch Abzug von 1 min. 24 sec. in Sonnenzeit umgewandelt werden. Und da diese Zeit von 1 Uhr ab zu rechnen ist, so hat die Beobachtung nach richtiger mitteleuropäischer Zeit um 9 h. 31 min. 31 sec. stattgefunden. Demnach ging die Schuluhr um 3 sec. nach, ein Fehler, der durch einen einfachen Kunstgriff beseitigt wird.

Dem aufmerksamen Leser wird nicht entgehen können, daß das Verfahren wesentlich einfacher wird, wenn die Beobachtung im Augenblick des Sterndurchganges durch die Meridianebene erfolgt, denn dann ist der Stundenwinkel stets gleich 0° , also die Sternzeit gleich der geraden Aufsteigung des beobachteten Sternes. Das dazu dienende Durchgangsinstrument ist ebenfalls einfacher als das Universal, aber es bedarf sehr sorgfältiger Vorarbeit, um erst die Lage der Mittagsebene zu bestimmen

und das Instrument so aufzustellen, daß die Fernrohrachse genau in dieser Ebene verbleibt. Für die gewöhnliche Beobachtungsstelle im Gymnasium ist die Meridiananlage durch eine Reihe mit größter Sorgfalt durchgeführter Aufnahmen und Rechnungen bis auf einige Tausentel Grad genau dadurch festgelegt, daß für Tagesbeobachtungen der Winkel der Meridianrichtung mit der nach der Fahnenstange des Ethauses der Bahnhofstraße, für die nächtlichen aber nach dem Brenner einer Laterne an der Promenade genau bestimmt ist, so daß das Fernrohr des Universales zunächst auf diese Meridianmarken eingestellt und dann erst um den zugehörigen Winkel in die Mittagsebene gerückt wird.

Würde man statt eines beliebigen Fixsternes den Durchgang des Sonnenmittelpunktes durch die Mittagsebene beobachten, seine Zeit als den wahren Mittag des betreffenden Tages bezeichnen und von ihm aus seine 24 Stunden bis zum folgenden Durchgang zählen, so käme diese Zeiteinteilung ohne weiteres den Bedürfnissen des bürgerlichen Lebens entgegen, denn das richtet sich in seinen Grundzügen nach der Stellung des Tagesgestirns. Diese Zeitregelung heißt wahre Sonnenzeit. Wollte man jedoch von einer Uhr verlangen, daß sie uns wahre Sonnenzeit anzeigt, so würde sich bald herausstellen, daß je genauer ihre Zeitangabe sein soll, desto häufiger ihr Gang verlangsamt oder beschleunigt werden muß, denn kein wahrer Sonnentag gleicht dem Nachbar an Länge, also eignet er sich von vornherein nicht als Zeiteinheit.

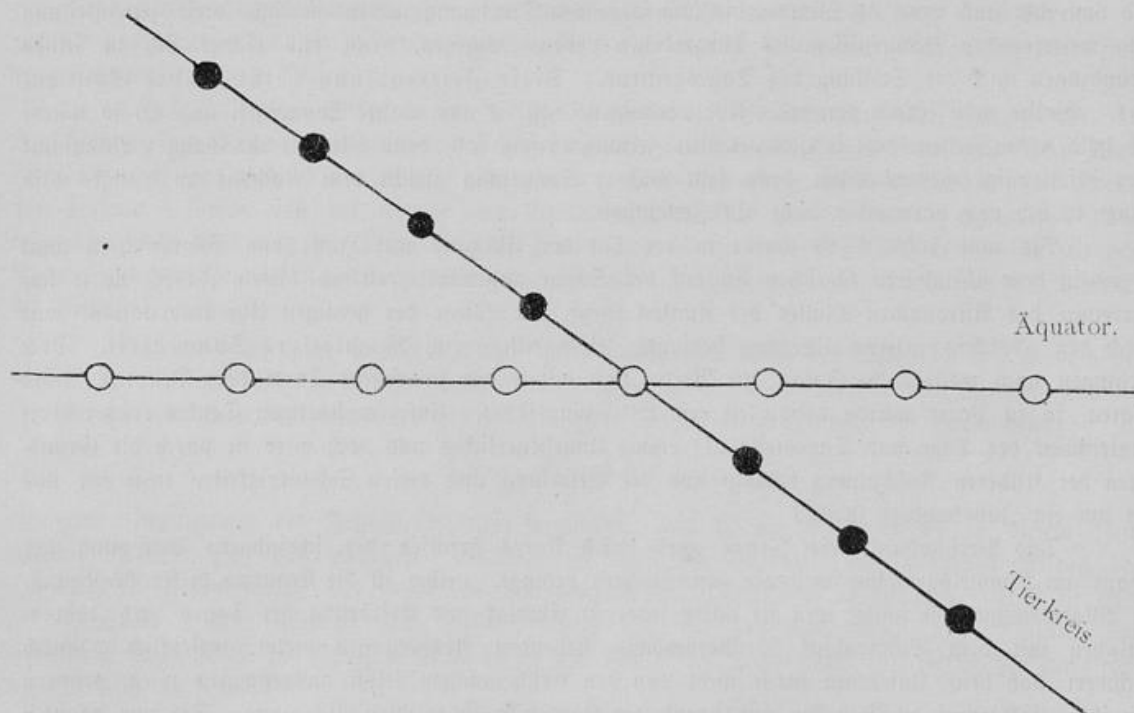
Bis zum Jahre 1780 wurde in der Tat der Uhgang mit Hilfe von Sonnenuhren ganz allgemein dem scheinbaren täglichen Umlauf der Sonne angepaßt; erst in diesem Jahre führte auf Betreiben des Astronomen Mallet der Kanton Genf, die Wiege der heutigen Uhrenfabrikation, eine durch den gleichförmigen Uhgang bedingte Zeiteinteilung ein, die mittlere Sonnenzeit. Doch vergingen noch weitere 30 Jahre ehe Berlin und damit der preußische Staat dem Beispiele Genfs folgten, ja in Paris wurde diese Zeit erst 1816 eingeführt. Unserem heutigen Denken erscheint die Ungleichheit der Tage und Tagesteile als etwas Ungeheuerliches und doch wird sie durch die Grundlagen der früheren Anschauung bedingt und die Befreiung aus diesen Schwierigkeiten liegt für uns erst um ein Jahrhundert zurück.

Das Verständnis dieser Frage wird durch klares Erfassen der scheinbaren Bewegung der Sonne am Himmelsgewölbe im Laufe eines Jahres bedingt. Leider ist die Kenntnis dieser Bewegung, die Allgemeinut sein sollte, weil sie allein jederzeit Einblick und Erklärung der Tages- und Jahreszeitlichen mit dem Sonnenlauf in Verbindung stehenden Aenderungen bietet, wesentlich dadurch erschwert, daß beim Unterricht meist nicht von den Erscheinungen selbst ausgegangen wird, sondern von ihrer Erklärung an Modellen auf Grund der Kopernikanischen Weltanschauung. Die nur dadurch erklärbare aber in den Köpfen der Jugend festwurzelnde und tren bis ins Alter bewahrte Ansicht, die Sonne sei ein Fixstern, zerstört von vornherein jede Möglichkeit, den wahren Zusammenhang der Dinge richtig anzuschauen und zu verstehen.

Die Grundlage aller Erkenntnis bietet am einfachsten die genaue Beobachtung der Sonne bei ihrem Durchgang durch den Himmelsäquator, also die Zeit der Tag- und Nachtgleichen, weil da die Höhenänderung der Sonne ohne besondere Hilfsmittel am leichtesten wahrgenommen wird.

Jede Taschenuhr von einigermaßen zuverlässigem Gange kann durch Gangbeschleunigung, Drehen an dem die Federlänge der Uruhe beeinflussenden Zeiger, dahin gebracht werden, daß sie im Sternzeittempo geht, d. h., daß derselbe Fixstern zur selbigen Zeit dieser Uhr für einen bestimmten Beobachtungspunkt durch den Meridian oder einer sonstigen Marke, einem Fabrikshornstein vorüberzieht. Unseren gewöhnlichen Uhren geht eine solche Uhr täglich etwa 4 min. voraus. Würde man nun mit Hilfe einer unverrückbar aufgestellten, nach einem beliebigen Punkte des Himmelsgewölbes gerichteten photographischen Kamera zu einer durch diese Uhr bestimmten Zeit auf einer Platte Aufnahmen machen, indem man den Verschuß für einige Minuten öffnet, so erhält man von den Fixsternen auf derselben Stelle der Platte stets denselben Eindruck, einen kleinen Kegelschnittbogen. Man bildet also

immer wieder dieselbe Stelle des Himmelsgewölbes ab. Versucht man dasselbe unter Anwendung eines kräftigen Notfilters, kleinster Blende und kürzester Belichtung mit der Sonne, so erhält man nicht, wie mancher erwartet, mehrere sich deckende, sondern eine perlschnurartige Folge von Sonnenbildchen, deren jedes um seinen Durchmesser vom Nachbarbilde entfernt ist. Läßt man, um die Folge dieser Bilder mit der der Aufnahmetage in Einklang zu bringen und den Sinn der Ortsbewegung der Sonne zweifellos festzustellen, einen Tag aus, so zeigt sich, daß die Sonne am Fixsternhimmel im Laufe eines Tages um etwa zwei Sonnenbreiten weiter nach Osten rückt und ihren Abstand vom Äquator dabei verändert. Zur Zeit des Frühlingsanfangs erhält man etwa folgendes Bild:



Darin bedeuten die schwarzen Kreise die absichtlich zu klein dargestellte Sonne, die weißen werden ihre Erklärung weiterhin finden. Diese Bilder lehren, daß die Sonne in diesen Tagen auf einer Linie, einem größten Kreise des Himmelsgewölbes mit nahezu gleichen Tageschritten den Äquator überschreitet, dieser Kreis heißt der Tierkreis. Macht man an dem Tage, an dem die Sonne zur Aufnahmezeit dem Äquator am nächsten steht, was meist am 21. März der Fall ist, je eine halbe Stunde vor und nach der Hauptaufnahme noch zwei Nebenaufnahmen, so ist durch diese drei Sonnenbilder auch die Lage des Äquators auf der Platte so genau bestimmt, daß man mit einiger Annäherung den Winkel feststellen kann, unter dem der Tierkreis den Äquator schneidet.

Es fragt sich nun, ob eine am Himmelsgewölbe in der angegebenen Weise fortschreitende Sonne zur Zeitbestimmung ohne weiteres brauchbar ist. Bewegte sie sich, was im Bilde durch die weißen Kreise angedeutet ist, die Sonne im Äquator, nicht im Tierkreis, jeden Tag genau um einen dieser Schritte (Grad) weiter nach Osten, so erschiene ihr Mittelpunkt jeden Tag genau um vier Minuten später im Meridian, die „mittlere Äquatorsonne“ wäre also durchaus als Zeitspenderin brauchbar, weil sie nach gleichen Tageslängen wieder am Meridian steht. In der Tat entsprechen

unserer gleichförmig ablaufenden Uhren in ihrem Gange dieser mittleren Äquatorsonne; nur macht der kleine Zeiger zwei Umläufe in einem Tage, während die Sonne nur einen einzigen vollendet. Das hängt mit der früheren Tagesteilung in zwei Hälften zusammen und ist für die Verständlichkeit unseres Zifferblattes von großer Bedeutung. Die wahre Sonne dagegen würde, wie ein Blick auf die rohe Darstellung, die man sich entsprechend der scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes gleichförmig von links nach rechts bewegt denken mag, lehrte, am 22. März eher durch den Meridian gehen, als die entsprechende Äquatorsonne, dieser Zeitunterschied würde sich mit jedem Tage steigern und muß dann wieder abnehmen, denn am 21. Juni durchschreiten beide Sonnen wieder gleichzeitig die Mittagsebene. Unter diesen Umständen zeigt also eine am 21. März richtig nach mittlerer Sonnenzeit gehende Uhr am 22. März den Durchgang der Sonne durch die Mittagsebene bereits 16 Sekunden, im Mai sogar nahezu 9 Minuten vor 12 Uhr an; im folgenden Vierteljahr findet das Entgegengesetzte statt, wie man sich leicht selbst überzeugen kann.

Soll also vom Durchgang der Sonne durch den Meridian, 12 h. 0 min. 0 sec. nach wahrer Sonnenzeit ein Rückschluß auf die mittlere Sonnenzeit unserer Uhr gemacht werden, so ist im ersten Vierteljahr ein gewisser Zeitbetrag von der beobachteten wahren Zeit abzuziehen, im zweiten Vierteljahr hinzuzufügen. Dieser Zeitbetrag heißt die Zeitgleichung, besser sollte er Zeitausgleich genannt werden.

Nun bewegt sich aber die Sonne gar nicht mit gleichen Tageschritten im Tierkreis, was an zwei im Sommer und im Winter aufgenommenen Bildern der gedachten Art ohne Schwierigkeit erkennbar ist. Diese Schritte sind vielmehr im Winter länger als im Sommer. Aus dieser auf anderen Wegen festgestellten Erscheinung schloß Keppler, daß die Erde sich nicht in einem Kreise, sondern in einer Ellipse um die Sonne bewegt, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht und daß sie (anfangs Januar) in Sonnennähe rascher läuft als in Sonnenferne. Zu dem ersten lediglich durch die gleichförmige Bewegung der Sonne im Tierkreis bedingten Ausgleich kommt also noch ein zweiter, der die ungleichförmige Bewegung berücksichtigt, aus beiden setzt sich die Zeitgleichung zusammen. Erst durch Berücksichtigung dieser Größe wird die sich aus der Sonnenbeobachtung ergebende wahre Sonnenzeit zu der für das bürgerliche Leben allein maßgebenden mittleren Zeit. Den Betrag dieser Zeitgleichung für jeden Tag des Jahres festzusetzen, ist Sache des rechnenden Astronomen. Für weitere Kreise haben diese Zahlen seit dem Verschwinden der Sonnenuhren ihre Bedeutung verloren, doch finden sich noch in vielen Kalendern Tabellen dieser Art, zum Beispiel in dem weitverbreiteten Daheimkalender. Ihren größten Betrag erreicht sie in diesem Jahre mit — 16 min. 20 sec. am 3. November; soviel geht also an diesem Tage die Sonnenuhr der mittleren Ortszeit voraus.

Für die Benutzung einer Uhr und für die Bemessung ihres Wertes kommt zweierlei in Betracht: erstens mit welcher Annäherung sie im Tempo der mittleren Sonne geht, zum andern ob sie auf die richtige Zeit eingestellt ist, d. h. ob sie wirklich 12 Uhr zeigt, wenn die gedachte mittlere Sonne an ihrem Aufstellungsorte die Mittagsebene durchschreitet. Fehler der ersten Art können auf die eben angedeutete Weise beseitigt werden, die richtige Einstellung der Uhr ist mit viel größeren Schwierigkeiten verbunden und war bis zum Jahre 1893 für kleinere Orte ganz unmöglich. Bis zu diesem Zeitpunkt waren die Uhren nach mittlerer Ortszeit zu stellen, also hätte von Zeit zu Zeit ein mit der astronomischen Zeitbestimmung vertrauter Beobachter sorgfältig aus dem Durchgange eines Sternes oder der Sonne durch den Meridian die richtige Zeit ermitteln und die Uhr danach stellen müssen. Selbstverständlich hätten dann auch zwei Uhren desselben Ortes, in Mawitsch etwa die des Staats- und die des Ostbahnhofes nicht dieselbe Zeit zeigen dürfen, des 2 km östlicher gelegenen letzteren Uhr hätte vielmehr 7 sec. vorausgehen müssen. Taschenuhren, selbst die besten Werke, hatten also von vornherein den Beruf, falsch zu gehen, sobald ihr Träger seinen Ort wechselte. Dem gesteigerten Bedürfnis nach Genauigkeit der Zeitmessung und Bestimmung konnte das Ortszeit-

system auf die Dauer ebensowenig standhalten, wie einst des der wahren Sonnenzeit. Deshalb wurde am 1. April 1893 in Deutschland als Erfolg internationaler Beratungen die sogenannte mitteleuropäische Zeit (M. E. Z.) eingeführt, und damit zwar den westlichsten und östlichsten Teilen unseres Vaterlandes hinsichtlich ihrer Tageseinteilung ein gewisser Zwang auferlegt, aber durch einheitlichen Gang aller Uhren der Länder mitteleuropäischer Zeit ein unübersteigliches Verkehrshindernis beseitigt.

Erst durch die Einführung mitteleuropäischer Zeit ist es möglich geworden, Zeitkontrollsignale von einer Sternwarte aus telegraphisch weiterzubefördern, nach denen ohne Umrechnung sofort der Uhrgang sämtlicher angeschlossener Einzelstellen beurteilt werden kann. So erhalten die Bahntelegraphenämter aller Hauptstrecken im Winter 2 Minuten vor 8 Uhr im Sommer vor 7 Uhr ein sogenanntes Vorfisignal und um die volle Stunde das Hauptsignal durch den Morsetaster von der Sternwarte in Berlin. Nach meinen ziemlich umfangreichen Erfahrungen trifft auch das Signal, trotzdem es nicht automatisch gegeben wird sondern durch Einschaltung von Menschenhänden, auf eine Sekunde genau ein. Viel schlechter sind aber in dieser Beziehung die Nebenlinien gestellt. Für sie handelt es sich um eine neue, jedenfalls nicht mit der nötigen Sorgfalt überwachten Uebertragung, denn nur so ist es zu erklären, daß beispielsweise auf dem hiesigen Bahnhofsamt das Signal um 31 Sekunden verspätet eintreffen konnte, während es meist pünktlicher zu sein pflegt. Noch viel willkürlicher ist die Handhabung bei den Postämtern, die erst aus der Quelle der Bahnämter schöpfen. So traf hier am 4. Dezember 1909 das Zeitsignal 1 Minute und 13 Sekunden verspätet ein. Von einer Uhr, die im Sinne des bürgerlichen Lebens als zuverlässig gelten soll verlangt man heute, daß ihre Gangabweichung nicht mehr als 15 Sekunden beträgt und es ist selbstverständlich, daß größere Städte in ihren Forderungen bis auf die Sekunde hinaufgehen.

Da das Gymnasium in Verbindung mit seiner von Wagner-Wiesbaden gelieferten sehr zuverlässigen Normaluhr auch ein dem öffentlichen Leben der Stadt gewidmetes sympathisches Nebenwerk hat, dessen Minutenzeiger mit dem Sekundenzeiger der Normaluhr übereinstimmend die volle Minute angibt, hielt ich die Ueberwachung ihres Ganges für wünschenswert, wenn auch die Anlage gerade dieses Zifferblattes einige Schwierigkeiten entgegensetzt. Die Leitung nach dieser Nebenuhr ist mit einer Drahtstärke ausgeführt, die den Leitungswiderstand so hoch anwachsen läßt, daß beim Sinken der elektromotorischen Kraft der Betriebselemente Störungen eintreten können und wirklich, wenn auch nur für kurze Zeit, eingetreten sind. Wenn die oben angegebene Genauigkeit in der Tat verbürgt werden soll, ist, wie aus den Bemerkungen über das Eintreffen des Zeitsignals hervorgeht, notwendig, den Gang dieser Uhr von diesen Unsicherheiten unabhängig zu machen und einen eignen Zeitdienst einzurichten. Das war um so leichter, als die Leitung des mathematischen Unterrichts in Prima dieselben Vorbedingungen für die mathematische Erd- und Himmelskunde hat, von denen ja die Zeitbestimmung nur eine Sonderaufgabe ist. Während aber bisher die dazu notwendigen Beobachtungen mit einem Universal des Berichterstatters gemacht werden mußten, weil der Anstaltsammlung ein brauchbares Instrument fehlte, verdankt das Gymnasium nunmehr der Opferfreudigkeit früherer Schüler ein Hildebrandsches Reifenniversal, daneben ist noch ein Hendesches Durchgangsinstrument von einfacherer Form in den Dienst gestellt.

Die Zeitaufnahmen erfolgen auf verschiedenen durch die Bedürfnisse des Unterrichts gebotenen Wegen, meist aber durch Beobachtung des Sonnendurchgangs durch den Meridian. Trotz ihrer Einfachheit hat auch sie ihre besondere Bedeutung und gibt die Grundlagen zu sehr wichtigen Folgerungen mit einer für den Gymnasialunterricht ausreichenden Genauigkeit. In der Regel wird dabei das Sonnenbildchen mit den drei Vertikalfäden des Fadekreuzes auf einem Blatt Papier objektiv sichtbar gemacht, so daß mehrere Beobachter gleichzeitig den Vorgang sehen können. Die Fadendurchgänge werden mit Hilfe einer im Gange mit der Schuluhr übereinstimmenden Stopuhr auf fünfstel Sekunden nach folgendem Schema notiert:

Am 1. Januar 1910 sollte der Durchgang des Sonnenmittelpunktes durch die Mittagsebene um 11 Uhr 55 Minuten 59 Sekunden vor sich gehen. Beobachtet wurden folgende Zeiten für die Durchgänge des West- und Oststrandes durch die Fäden:

	Westrand	Ostrand	☉ Mitte	Dauer des Durchganges
Faden:	1) 53 min. 55,0 sec.	3) 57 min. 56,0 sec.	55 min. 55,5 sec.	1) 2 min. 22,2 sec.
"	2) 54 " 43,6 "	2) 57 " 6,8 "	55 " 55,2 "	2) 2 " 23,2 "
"	3) 55 " 34,4 "	1) 56 " 17,2 "	55 " 55,8 "	3) 2 " 21,6 "
			<u>Im Mittel 55 min. 55,5 sec.</u>	<u>2 min. 22,3 sec.</u>

Demnach ging die Uhr 3,5 sec. nach.

Subtrahiert man die Zeiten der Durchgänge durch die einzelnen Fäden, so bekommt man die Zeiten, die die Sonnenscheibe brauchte um an ihnen vorüberzugehen, sie sind in der Zahlenreihe rechts verzeichnet. Durch Multiplikation mit dem Kosinus der Deklination der Sonne, ihres Winkelabstandes vom Äquator, erhält man daraus die Zeit, die die auf diesen ver setzte Sonne zum Durchgang gebraucht haben würde, nämlich 2 min. 10,9 sec. Durch Umwandlung dieser Zeit in Bogen erhält man für den scheinbaren Winkeldurchmesser der Sonne $0,545^\circ$, also für den Radius bis auf eine Einheit der letzten Stelle mit den Tabellen übereinstimmend $r_1 = 0,273^\circ$. Dieselbe am Anfang des Juli vorgenommene Messung ergibt aber $r_2 = 0,263^\circ$. Also erscheint uns die Sonne im Sommer kleiner als im Winter und daraus folgt, daß die Erdbahn nicht ein Kreis mit der Sonne im Mittelpunkte sein kann, wovon schon oben gesprochen wurde. In entsprechender Weise lassen sich an den Anfängen der Jahreszeiten mit der Durchgangsbeobachtung Sonnenhöhenmessungen zur Bestimmung der Schiefe der Ekliptik und zur Feststellung der Zeit des Durchganges ihres Mittelpunktes durch den Äquator verbinden, Breitenbestimmungen dagegen mit der Beobachtung der Fixsterndurchgänge.

Das Gangregister der Uhr läßt erkennen, daß im Laufe des Schuljahres ihre Abweichung von der richtigen mitteleuropäischen Zeit nur einmal 15 Sekunden überstieg, als aus verschiedenen Gründen die Zeitaufnahme nahezu drei Wochen lang ausgesetzt werden mußte, meist hielt sie sich innerhalb viel engerer Grenzen.

