Alles strebt einem Zielpunkt zu: der Magnet ist dem Pol zugewendet, das Senkblei dem Mittelpunkt der Erde, ja ein jedes Blatt des Waldes kehrt sich dem Lichte zu. Auch der Mensch braucht Pol, Mittelpunkt und Lebenslicht, und alles findet er in Gott.

C. Blacker.

Als ich einst mit meinen Sextanern im Anfangsunterricht für Geographie den Lauf der Sonne am Himmel besprach, ihnen erzählte, wie Morgen für Morgen die Sonne in einer bestimmten Gegend des Horizontes erscheint, am Himmelsgewölbe in schräger Richtung emporsteigt, des Mittags ihre höchste Tagesstellung erreicht und am Abend wieder hinabsinkt, da begegnete ich ungläubigen Gesichtern und musste erfahren, dass ich mit meiner Weisheit zu spät kam. Man wusste bereits, das ist alles Schein und Trug. Man hatte sogar schon einmal eine Erde und einen Mond und eine Lampe gesehen, welche die Sonne bedeuten sollte. Immer eins drehte sich ums andere, und bei dieser Gelegenheit hatte es auch Sonnen- und Mondfinsternisse gegeben. Auch Erdfinsternisse? „Ach nein, die giebts ja gar nicht! Aber wenn der Mond in den Schatten kam, dann war Mondfinsternis, und wenn die Sonne in den Schatten kam, so gabs eine Sonnenfinsternis.“ Doch das meiste Interesse hatte ein kleiner Mann erweckt, der auf der Erde feststeckte und einmal herunterfiel. Die Erinnerung an dieses Ereignis liess es auf allen Gesichtern hell aufleuchten, so dunkel es auch sonst in den kleinen Köpfen war trotz des Telluriums mit Lampe und Bleisoldat.

Konnte man ein tieferes Verständnis von Kindern erwarten, die vor drei oder vier Jahren zum ersten Male zur Schule wanderten? Ich meine, im allergünstigsten Falle sieht der Schüler vielleicht richtig, welche Ereignisse am Modell des Telluriums sich abspielen; aber eine Vergleichung mit den Vorgängen am Himmel kann er nicht anstellen, dazu fehlt jede Möglichkeit, schon aus dem Grunde, weil auch die üppigste Phantasie eines Kindes nicht ausreicht, sich selbst von der Erde loszulösen und in den Weltenraum zu versetzen an eine Stelle, von welcher aus die Ähnlichkeit des Telluriums mit den Weltkörpern erfasst werden kann.

Der Unterricht in der Naturlehre knüpft zuerst an Gegenständen an, welche der Schüler in der Hand und vor Augen hat. Das Blatt der Pflanze wird betrachtet, seine Form nachgezeichnet, kurz das Auge wird geübt zu sehen und zu beobachten, der Verstand befähigt, das Wesentliche vom Nebensächlichen zu unterscheiden und das Erkannte mitzuteilen.

Genau so hat auch die Geographie in der Sexta ihre Anschauungsobjekte: die Schule, die nächsten Strassen, die Stadt, die Berge, den Fluss, mit einem Worte: die Heimat ums uns und den Himmel über uns.

Allerdings kann man diese Objekte nicht in das Klassenzimmer hineinbringen, darum muss der Lehrer mit seinen Schülern zu ihnen hinaus in die Natur. In diesem Sinne sind sicherlich auch die Vorschriften der Lehrpläne aufzufassen, welche an die Spitze des allgemeinen Lehrzieles für Erdkunde „verständnisvolles Anschauen der umgebenden Natur" setzen und für Sexta vorschreiben: „Grundbegriffe der physischen und der mathematischen Erdkunde, elementar und in Anlehnung an die nächste örtliche Umgebung ... Bild der engeren Heimat insbesondere, ohne Zugrundelegung eines Lehrbuches und thunlichst in Verbindung mit der Naturbeschreibung." Freilich ist es unendlich viel bequemer, mit Hilfe eines Lehrbuches das aufnahmefähige und meistens lernfreudige Gedächtnis in Anspruch zu nehmen, denn allzu zahlreich sind die Schwierigkeiten, welche dem auf Anschauung bauenden Unterricht entgegenstehen. Und jede Schule, jede Stadt hat neben denen allgemeiner Art noch ihre besonderen. Doch sind sie sicherlich nicht unüberwindlich, wenn nur der feste Wille vorhanden und die Liebe zur Sache stärker ist, als der Wunsch, bei gegebener Gelegenheit eine vielwissende Klasse zu zeigen.

Die Grundlagen für die physische ebenso wie für die mathematische Geographie sind also durch die Anschauung im Freien zu erlangen. Aber für beide Zweige dieses Unterrichts ist die Art der Behandlung wesentlich von einander verschieden. Die Grundbedingungen für die erstere sind fleissige Wanderungen. Es wird in hohem Masse vom Lehrer Zeit und Mühe, sorgfältige Beobachtung, gründlichste Kenntnis der Heimat, hier peinliche Auslese des zahlreich vorhandenen, an anderem Orte mühsames Zusammensuchen des spärlichen Materials verlangt.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse für die Begriffe der mathematischen oder astronomischen Geographie, von denen hier allein die Rede sein soll. Unser Anschauungsobjekt ist der Himmel über uns mit seinem leuchtenden Hauptgestirn, der Sonne. Auch hier genügt nicht ein Blick aus dem Klassenfenster oder ein Schritt auf den Schulhof hinaus. Freilich scheint uns auch da die Sonne. Aber Beobachtungen, welche die Grundlagen für eine richtige Erkenntnis geben, sind so unmöglich. Es handelt sich darum, dass von den Schülern die langsame Bewegung der Sonne und die Art ihrer Ortsveränderung festgestellt wird. Dies kann nur geschehen bei völliger Innehaltung des einmal gewählten Standortes, der für alle späteren Zeiten stets wieder einzunehmen ist. Nur wenn der Beobachtungsort im Innern seiner Umgebung ein absolut festes Zentrum bildet, ist es möglich, die Stellung der Sonne mit irdischen Gegenständen in Beziehung zu bringen und aus diesen häufig wiederholten Vergleichen die Sonnenbewegung zu konstatieren.

Ein guter Standort muss folgenden Ansprüchen genügen: Vor allem soll er einen freien Ausblick gestatten nicht nur nach oben, sondern auch nach allen Seiten hin. Nirgends darf der Horizont beengt sein. Kein hoher Baum, kein Gebäude darf aus dem Himmel ein wesentliches Stück herausschneiden. Dann verlange ich von meinem Platze, dass er mir und meinen Schülern zu jeder Zeit völlig zur Verfügung steht, dass er nur uns allein gehört und auch später keinem Unberufenen zugänglich ist, der unsere „Kreise zerstören" könnte

Endlich muss er von der Schule aus leicht und schnell zu erreichen sein, denn um weniger Minuten willen, welche vielleicht eine einzelne Beobachtung oder eine Erklärung beansprucht, kann man nicht jedesmal eine weite Wanderung unternehmen.

Wo aber giebt es einen Platz, der alle diese Bedingungen erfüllt? Freilich, vorhanden ist er nur in den seltensten Fällen, doch zu schaffen ist er fast immer, häufig sogar mit nur geringen Kosten, und wenn er bei dem Neubau eines Schulgebäudes in dem Bauplan Aufnahme findet, so würde durch seine Anlage kaum eine Belastung des Etats hervorgerufen und die Anstalt mit einem Hilfsmittel für den Unterricht ausgestattet werden, an welches die Schüler noch in spätem Alter mit Freude zurückdenken.

Was ich im Auge habe ist nichts weiter, als auf der höchsten Stelle des Schulgebäudes ein ebener freier Raum von der Grösse eines geräumigen Klassenzimmers, kreisrund, umgeben von einem sicheren Geländer, welches von dem senkrecht abfallenden Rande des Gebäudes um soviel zurücksteht, dass auch für zaghafte Gemüter jedes Gefühl von Ängstlichkeit unmöglich ist. Keine Wetterfahne und Windrose darf die Mitte auszeichnen, sondern nur eine Steinplatte, auf welcher ein Tisch gelegentlich Aufstellung findet. Wenn der Zugang zur Plattform nicht den freien Raum selbst in einer Fallthür durchbricht, sondern von der Seite her auf einigen Stufen erfolgt, so ist damit in idealster Weise ein Platz geschaffen, der nicht nur zu genussreichem Betrachten einladet, sondern Gelegenheit bietet, fruchtbringend den Unterricht zu beleben und klares Verständnis zu vermitteln.

Ich bin überzeugt, dass jeder Schüler sich gern von seinem Lehrer auf diese mühelos erreichbare Plattform führen lässt, dass er leicht das Ungewohnte der Situation überwindet und dann sehr bald aus dem Häusermeer um ihn bekannte Punkte aufsucht, mit einander vergleicht, Richtungen abwägt, seinen Stadtplan hervorholt und befragt. Das Bild der Karte gewinnt durch unmittelbare Anschauung Leben und Bedeutung. Sicherlich können diese Beobachtungen auch auf einem günstig gelegenen Hügel der näheren Umgebung stattfinden — wenn er überhaupt vorhanden ist —; aber eines ist doch unmöglich, nämlich dass die Schüler fünf Minuten später wieder in ihrem Klassenzimmer beim Unterricht sitzen.

Wenden wir uns jetzt dem Unterrichte selber zu. Der Sonne vor allen anderen Gestirnen soll unsere Aufmerksamkeit gewidmet sein, und zwar möge dieser selbe Lehrstoff mit dem Schüler zu drei verschiedenen Zeiten seiner Schullaufbahn behandelt werden.

Es ist erstaunlich, wie gering die Anzahl der kleineren Schüler ist, welche einen Sonnenuntergang, geschweige denn einen Aufgang gesehen haben. Den meisten Städtern ist es schon durch die Lage ihrer Wohnung versagt. Zu den häuslichen Aufgaben, welche ich meinen Schülern stelle, gehört die, in ihrer Wohnung das Fenster zu suchen, welches an einem wolkenfreien Sommertage zuerst und welches zuletzt von der Sonne beschienen wird, und die Zeit zu notieren, wann dies geschehen. Dass Schüler die Zeit verpassten und von der Sonne sich wecken liessen, ist selten genug vorgekommen, desto häufiger aber kam die Zeit zum Schulgange früher als die Sonne. An der Lösung solcher „absonderlichen“ Fragen pflegen sich in der Regel alle Familienmitglieder zu beteiligen. Mancher Vater dürfte dabei angeregt werden zur Überlegung, ob sein Heim hinreichend dem Licht, Wärme und Gesundheit spendenden Sonnenschein zugänglich ist.

In jedem Schuljahre giebt es Tage, an denen man, ohne aus dem Rahmen der Schulzeit herauszutreten, auf der Schulwarte einen Sonnenaufgang geniessen kann. Dieser liegt bei uns vom 21. November bis zum 8. Februar, also ungefähr 80 Tage lang später als 7 Uhr 45 Min., den ganzen Dezember und Januar hindurch sogar erst nach 8 Uhr. Trotz des Winters Strenge wird sich da schon ein Tag wenigstens finden lassen, an welchem man mit eigenen Augen sehen kann, wie der rote Sonnenball hinter dem Horizonte emportaucht. Die Untergänge fallen für die untersten Klassen sämtlich nicht in die Schulzeit hinein. Doch sollte es wirklich in das beliebte Kapitel der Überbürdung gehören, wenn ein Lehrer seine Schüler veranlasst, die Abendstunde eines schönen Sommertages auf dem Dache des Schulhauses zu verbringen?

Der Schuldienst des Sextaners auf der Warte besteht nun im Folgenden. Es ist die Frage zu beantworten: Über welchem Punkte des Horizontes steht jetzt die Sonne? Zu ihrer Erledigung bedarf es keiner besonderen Messapparate. Aber das Zentrum der Plattform ist durch eine kleine weissgefärbte Metallscheibe auf dem Mittelsteine markiert und leuchtet hell im Sonnenschein. Ausserdem sind eine Anzahl gerader Holzstäbe von verschiedenen Längen zur Hand, von welchen jeder einzelne durch eine einfache Vorrichtung, z. B. in einem mit Füssen versehenen Stück Gasrohr an jeder beliebigen Stelle senkrecht aufgestellt werden kann. Ein Schüler giebt einem dieser Stäbe möglichst nahe am Geländer einen solchen Stand, dass sein Schatten die weisse Marke bedeckt. Die den Stein betrachtenden Mitschüler erteilen die nötigen Anweisungen. Dann wird der Stab in seiner Hülse hinabgeschoben, bis der hierdurch verkürzte Schatten eben noch die Marke „das Auge der Klasse“ berührt. Der fertig aufgestellte Stab erhält noch ein Täfelchen, welches Datum und Zeit der Beobachtung angiebt und damit zugleich kund thut, dass er an seinem Orte von Amtswegen stehe und unter keinen Umständen berührt werden dürfe. Wird im Laufe eines Tages in jeder Pause ein neuer Stab aufgepflanzt, so haben die Schüler aus den sechs Beobachtungen eines Vormittags, von denen keine die Schulzeit beeinträchtigt, aber ebensowenig als Kürzung der Erholungszeit angesehen werden kann, durch eigene Ueberzeugung die Thatsache des Sonnenlaufes kennen gelernt.

Einige Höhenstäbe, welche der Lehrer selbst am Nachmittage hinzufügen möge, vervollständigen das Bild des Tageslaufes. Hiermit sind die Grundbedingungen geschaffen für die Festlegung der Himmelsrichtungen, deren Bezeichnungen die Schüler mit grosser Genugthuung am Geländer befestigen werden.

Es gilt ferner die Frage zu erledigen: Beschreibt die Sonne alle Tage dieselbe Bahn? Eine passende Wahl des Tages, welcher der Nachprüfung der Höhen gewidmet sein soll, zeigt, dass keiner der Höhenstäbe jetzt noch die Bedingungen erfüllt, die bei seiner Aufstellung beobachtet wurden. Es ist entweder eine Verlängerung aller Stäbe oder eine Verkürzung derselben notwendig. Die Sonnenbahn liegt also heute in ihrem ganzen Verlaufe höher oder niedriger als neulich. Ihre grösste, am Mittag erreichte Höhe hat sich ebenfalls geändert. Es genügt daher von jetzt an die Festlegung dieser Mittagshöhen.

Die zur laublosen Weihnachtszeit in verschneiter Landschaft beobachtete geringste Höhe mit ihren kurzen Tagen und andererseits die in üppig grünender Natur zur Zeit des rosenbekränzten Johannistages und der fröhlichen Schulfahrt gemessene höchste Sonnenerhebung, das sind zwei Momente, welche gewaltig die Abhängigkeit alles natürlichen Lebens von der lieben Sonne predigen und von dem in rechter Weise darauf hingewiesenen Kindergemüt nie vergessen werden.

Es empfiehlt sich, das vom Tageslauf der Sonne gewonnene Bild und seine Abänderungen während des Jahres in jeder folgenden Klasse wieder zu konstruieren, um sowohl Neulinge einzuweihen, als das bereits erworbene Wissen zu befestigen und allmählich zu erweitern. Eine Abänderung der einzelnen Versuche bei diesen Wiederholungen ist ebenfalls wünschenswert. Als ein bequemes, das Verständnis förderndes Hilfsmittel sei daher ein Apparat angeführt, zu dessen Anwendung unsere runde Plattform mit ihrem markierten Mittelpunkt und den Höhenstäben geradezu herausfordert. Der Wunsch nach einer die Warte bedeckenden durchsichtigen Kuppel, nach einem verkleinerten Abbilde des den Horizont berührenden sichtbaren Himmelsgewölbes ist leicht rege gemacht. An ihr liesse sich von innen her der Sonnenstand festlegen, wie er vom Mittelpunkt aus gesehen wird. Dieser Wunsch wird völlig ausreichend erfüllt durch eine Halbkugel aus Drahtgaze, eine sogenannte Butterglocke.[1]) Die Mitte des kreisrunden, ebenen Untersatzes zeigt einen kleinen Plan des Schulgebäudes, den Grundriss der Plattform genau im Zentrum.

An diesem kleinen Himmel wird mehrmals am Tage die Sonne durch hölzerne Pflöckchen gleichsam festgenagelt. Der Punkt der Glocke, welcher jedesmal der Stellung der Sonne entspricht, ist leicht durch ein mit einem kleinen Loche versehenes Kartonblatt ermittelt. Jede Beobachtungsreihe eines Tages wird mit Marken einer bestimmten Farbe hergestellt und mit dem Datum versehen. Sorgt man dafür, dass bei wiederholter Benutzung die Glocke genau die frühere Stellung einnimmt, so bedeckt sich dieselbe im Laufe der Zeit mit Sonnenbahnen, die den verschiedenen Jahreszeiten angehören, und wird dadurch zu einem Apparate ausgebildet, der für die Arbeiten einer höheren Klasse notwendige Grundlagen bietet.

Ein anderes Hilfsmittel kann man, wenn man will, beinahe selbstthätig arbeiten lassen. Es ist das vom Samier Aristarch erfundene, von Eratosthenes zur Bestimmung des Erdumfanges benutzte Instrument, σκάφη genannt, und besteht aus einer halben mit der Öffnung nach oben gerichteten Hohlkugel. Von dem tiefsten Punkte der Schale her ragt ein Zeiger empor, dessen Spitze genau im Kugelmittelpunkte sich befindet. Der Schatten dieser Spitze wandert an der inneren Wandung der Hohlkugel auf einer Bahn analog dem Lauf der Sonne am Himmel und kann Punkt für Punkt leicht nachgezeichnet werden. Ersetzt man aber den Zeiger durch einen lichtdicht schliessenden Deckel mit einer feinen Öffnung an der Stelle des Mittelpunktes, so schreibt die Sonne selber uns ihre Bahn auf einen passend eingelegten Streifen lichtempfindlichen Papieres.

Erst in der Untersekunda erteilen die Lehrpläne der mathematischen Geographie wieder das Wort. Und mit Recht nicht früher. Bereits vor einem Jahre öffneten sich dem Schüler in dem physikalischen Unterricht die Pforten zu einem völlig neuen Gebiete, in dessen Weiten Umschau zu halten er schon längst sich sehnte. Aber obgleich „Mechanische Erscheinungen" ihn beschäftigten, bei denen die Schwere die Hauptrolle spielt, so lernt er

---

[1]) Herrn Direktor Dr. Böttcher (Leipzig) kommt das Verdienst zu, den Wert dieses einfachen Küchengerätes für unsere Zwecke zuerst erkannt zu haben. Er empfiehlt seine Anwendung bereits in einem Vortrage „Die Beobachtung des Sonnenlaufes durch die Schüler", gehalten am 4. Oktober 1884 in der 37. Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner zu Dessau. Mit Genugthuung kann ich aussprechen, dass einige meiner Ausführungen, welche ich hier gab, ehe ich von jenem Vortrage Kenntnis erhielt, mit den damals geäusserten Ansichten übereinstimmen.

doch erst, nachdem er die anziehenden Kräfte des Magnetismus hat wirken sehen, die Schwerkraft als etwas dem Verwandtes erkennen, besonders wenn die an Magneten angestellten Versuche daraufhin zugeschnitten sind.

Das in der Regel ebene Polende eines sehr kräftigen Magneten wird mit einer gewölbten Oberfläche versehen durch Vorlegen eines entsprechenden Eisenstückes (eines Polschuhes in Gestalt einer plankonvexen Linse). Die gekrümmte Fläche bildet gleichsam den Boden, auf welchem experimentiert wird. Ein kleiner Cylinder, etwa ein Nagel, steht aufrecht auf ihm. Aus dem Gleichgewicht gebracht, fällt er um, oder er bleibt nach kurzem Wackeln stehen. Ein kleines Eisenstück mit der Pinzette der Polfläche bis auf einige Centimeter genähert, fällt losgelassen zu Boden, an einem Faden befestigt und durch ihn an völliger Berührung des Bodens gehindert, hängt es, pendelt und stellt sich senkrecht ein. Mehrere solcher Lote senken sich zum Sitz der Kraft und hängen daher nicht parallel.

Ist bei diesen Versuchen der Magnetpol nach oben gerichtet, so scheinen sie ohne besondere Bedeutung. Aber bei einer horizontalen oder gar nach unten gewendeten Lage des Magneten überraschen sie selbst den Kundigen, und wenn man den Magneten zur Erhöhung der Anschaulichkeit mit einem Globus umhüllt, so wird das Wort: „Alles wie auf der Erde“ nicht unausgesprochen bleiben. Nachdem der Schüler dies beobachtet hat, weiss er sich leichter mit der Schwerkraft abzufinden, und der Gedanke an unsere auf dem Kopfe stehenden Antipoden bereitet ihm kein Missbehagen mehr.

Auch die Mathematik macht den Schüler mit einem Gebiete bekannt, das ihn lebhaft beschäftigt und der mathematischen Geographie kräftige Stützen verleiht. In der Trigonometrie erfährt er, dass die Kenntnis einer Länge genügt, um mit Hülfe von Winkeln ganze Länder mit einem Netz wohlgesicherter Entfernungen zu überziehen, dass nicht nur Weiten, sondern auch Höhen seinen Messungen zugänglich werden. Ein einfacher Apparat zum Bestimmen von Neigungswinkeln, Höhen und Tiefen, Edlers Messblatt — als papierener Theodolit wurde er mir einst scherzhaft vorgestellt — wird auf einige Zeit sein Begleiter. Kein Turm und Denkmal ist sicher davor gemessen zu werden. Auch die Sonne muss es sich gefallen lassen. Die stündliche Veränderung der Sonnenhöhe, ihr Maximum nach Höhe und Richtung werden in Graden bestimmt und die Sonnenbahn eines Tages in einem Panorama eingezeichnet, welches den ganzen Horizont unserer Schulwarte umfasst.

Nach genügender Einübung der einfachen trigonometrischen Aufgaben tritt bald mit neuem Stoffe in der Mathematik ein Abflauen des Messeifers ein. Nur die tägliche Feststellung des höchsten Sonnenstandes bleibt als dauernde Forderung.[1]

Ein Klassenjournal nimmt die tägliche Beobachtung auf, zu welcher je ein Schüler für die Dauer einer Woche vorher bestimmt ist, und giebt Auskunft über das Datum, die Zeit der Schuluhr, die Sonnenhöhe, den Zustand des Himmels und den Beobachter.

[1]) Man mache es sich und seinen Schülern zur Pflicht, nie ein Fernrohr oder sonst einen Apparat durch direktes Zielen auf die Sonne zu richten, sondern mit dem Rücken gegen die Sonne gewendet, den Schatten des Apparates auf einer dahinter gehaltenen weissen Fläche zu betrachten. Bilden in ihren Schatten Kimme und Korn oder die Visierkante einen Punkt oder das Fernrohr einen Kreis, dann ist der Apparat eingestellt, und der Winkel wird abgelesen. Im Innern des Fernrohrschattens erscheint, falls man ohne Sonnenblenden arbeitet, bei richtigem Auszug ein Bild der Sonne mit allen Einzelheiten, die das Rohr überhaupt zu leisten vermag, und kann gleichzeitig von vielen Beobachtern betrachtet werden.

An den auf diese Weise unter ihrer eigenen fortgesetzten Kontrolle stehenden Sonnenhöhen, den Grundfaktoren für den Wechsel der Jahreszeiten, nimmt in der Regel die ganze Klasse lebhaften Anteil. Aus einem früheren Tagebuche bringe ich folgende Angaben:

Datum	Zeit	Höhe	Witterung	Beobachter	Bemerkung
1. Juni	$12^h\ 5^m$	$60^1/_2{}^0$	sehr klar	M	—
3. „	$12^h\ 4^m$	61^0	„	M	—
17. „	$12^h\ 0^m$	62^0	klar	L	—
18. „	$11^h\ 55^m$	62^0	„	L	—
19. „	$11^h\ 55^m$	$61^1/_2{}^0$	sehr klar	L	?
20. „	$11^h\ 58^m$	$61^1/_2{}^0$	„	L	?
23. „	$12^h\ 0^m$	62^0	dunstig	R	—
31. „	$12^h\ 0^m$	$61^1/_2{}^0$	hell	P	—
4. August	$11^h\ 50^m$	$55^1/_2{}^0$	klar	E	—
21. September	$11^h\ 50^m$	39^0	—	F	—
23. „	$11^h\ 55^m$	38^0	—	F	—
26. „	$12^h\ 3^m$	37^0	—	F	—
21. Dezember	$11^h\ 50^m$	15^0	hell	H	—
22. „	$11^h\ 55^m$	15^0	„	H	—
5. Januar	$11^h\ 55^m$	16^0	unsicher	M	—

Die Notizen des 19. und 20. Juni, welche einen halben Grad niedriger sind als die der benachbarten Tage, und die daran geknüpften Erörterungen haben mir einen seltenen Genuss bereitet. Sie sind nämlich nicht im Schulgebäude, sondern während einer Turnfahrt im Harze gewonnen worden. Zuerst wurde ihre Richtigkeit stark bezweifelt, nachdem aber der Gedanke gegeben, ob nicht die Veränderung des Beobachtungsortes zur Erklärung heranzuziehen sei, brach sich die Erkenntnis des wahren Zusammenhanges Bahn.

Wären nämlich die Beobachtungen in Halle geschehen, so hätten sie unzweifelhaft 62^0 wie an den übrigen Tagen ergeben. Durch unsere Fahrt um circa 50 km nach Norden war aber ein neuer Horizont gewonnen, welcher mit dem früheren nicht mehr parallel liegt, sondern, wie aus der Veränderung von 62^0 in $61^1/_2{}^0$ hervorgeht, im Nordpunkte um einen halben Grad niedriger, im Süden um ebensoviel höher. Die Reise war also nicht auf einer Geraden über der Erdscheibe, sondern in einem Bogen um die Erdkugel erfolgt, der, wenn auch klein, doch bereits den 720. Teil des Erdumfanges betrug. Damit hatte also die Krümmung der Erdoberfläche Bestätigung erfahren, und die Thatsache der Kugelgestalt war nicht mehr etwas gläubig Hingenommenes, sondern mit den eigenen Augen Gesehenes und geistig Erfasstes.

Einige Aufgaben, die im Bereiche des Pensums der Sekunda liegen, sorgen dafür, dass die Anschauungen über die Wölbung richtige werden, z. B. die geradlinige Verbindung zwischen zwei Punkten B und C der Erdoberfläche dringt mehr oder weniger tief in das Erdinnere ein. In welcher Tiefe (h) liegt diese Sehne unter der Mitte E des kürzesten Bogens? Es ist der zum Bogen BC gehörige Centriwinkel

$$\alpha = 360^0 \cdot \widehat{AB} : 2r\pi;\ [r = 6370 \text{ km}],$$

die halbe Sehne $BD = r \sin \frac{\alpha}{2}$ und $h = 2 r \sin^2 \frac{\alpha}{4}$ oder

$$h = r \pm \sqrt{r^2 - BD^2}.$$

Unterscheidet sich der Bogen BEC nicht mehr wesentlich von seiner Sehne, dann ist die Anwendung von

$$h = BE^2 : 2r$$

vorteilhaft, weil diese Gleichung gerade dann ihre Vorzüge entfaltet, wenn die trigonometrische wegen der Kleinheit der Winkel versagt. Einige der zusammengehörigen Bögen und Höhen sind folgende:

Bogen	h	h	Bogen
1 km	20 mm	1 mm	226 m
10 „	196 cm	1 cm	714 „
100 „	196 m	10 „	2258 „
1000 „	19636 „	1 m	7137 „

Man müsste bei Zehdenik fast 20 km tief in die Erde graben, um die gerade Verbindung zwischen Köln und Königsberg zu berühren. (Vergleiche diese und ähnliche Aufgaben bei Martus, Astronomische Geographie.)

Der Schüler, welcher in dieser Weise heimisch auf der Erdkugel wurde, ist nun auch fähig, seinen Planeten als schwebende Kugel im Weltenraume sich vorzustellen, und da er unterdess in der Physik über die Strahlung des Lichtes, über Eigenschatten, Halb- und Schlagschatten Erfahrungen gesammelt, so kann er jetzt an einem Tellurium die Phasen des Mondes und die verschiedenen Verfinsterungen studieren.

Die Bedingungen zu zeigen, unter denen die Jahreszeiten entstehen, dazu ist das Tellurium wenig geeignet, weil es schon an und für sich schwer genug ist, den in unserem Empfinden tief gewurzelten Gedanken an die Unveränderlichkeit des Horizontes aufzugeben und ferner den Augen Mühe bereitet, seine mit dem rollenden Erdball ewig wechselnde Lage am Apparate zu verfolgen.

Wir begeben uns daher wieder auf festen Boden und unterwerfen unsere Drahtglocke einer zusammenfassenden Betrachtung. Es wird konstatiert, dass alle Mittagshöhen auf demselben, durch den Zenith gehenden Bogen liegen, welcher den Horizont in Süden und Norden schneidet. Senkrecht zu dem hierdurch bestimmten Durchmesser liegen ebenfalls im Horizonte Osten und Westen.

Zu beiden Seiten dieser Richtungen befinden sich die Orte, wo die Sonne auf- und untergeht. Ihre Entfernungen von Osten und Westen heissen Morgen- und Abendweite. Sie sind sowohl der Grösse als auch der Lage nach veränderlich, im Sommer nördlich, im Winter südlich. Die Bögen der verschiedenen Tage sind parallel, aber von ungleicher Grösse, im Winter kürzer, im Sommer länger als ein Halbkreis.

Leicht werden die Tagesbögen durch ihre entsprechenden Nachtbögen zu Kreisen, die Halbkugel zu einer vollen im Geiste ergänzt. Nur zweimal im Jahre zerlegt die Sonne das ganze Himmelsgewölbe durch ihre Bahn in zwei gleiche Teile und läuft somit im Himmelsäquator.[1]) Hier sind auch Tag und Nacht gleich lang (Äquinoctien). Zu anderen

[1]) Wollte man darauf eingehen, dass die Sonnenbahnen eines Jahres nicht 365 geschlossene Kreise, sondern eine eng gewundene Spirale bilden, so müssten diese Darstellungen korrigiert werden.

Zeiten liegt die Sonnenbahn über dem Aquator oder unter ihm. Der fortwährend und allmählich wechselnde Abstand vom Gleicher heisst Deklination.

Nach diesem Überblick wird von den Schülern zur Aneignung des mannigfachen Stoffes eine Zeichnung entworfen (Figur 1). Ein voller Kreis wird in 360 Grad geteilt, ein Punkt links mit S, der ihm gegenüberliegende mit N bezeichnet, und der oberhalb SN liegende Halbkreis so mit Zahlen versehen, dass die Messung in S und N mit 0° von beiden Seiten her beginnt und beim Zenith Z mit 90° abschliesst. Am inneren Rande dieses Halbkreises wird zunächst die höchste Stellung der Sonne vom 21. Dezember mit 15° und vom 21. Juni mit 62° markiert, darauf die zeitlich und räumlich in der Mitte liegende Stellung bei $38^1/_2$° festgelegt und mit einem Durchmesser ausgezeichnet. Verdeckt man den unteren noch unbeschriebenen Teil des Kreises mit einem Lineale, so erkennen die mit den Begriffen „Grundriss und Aufriss" aus dem Linearzeichnen her vertrauten Schüler sofort eine Darstellung der Drahtglocke im Aufriss, bei welcher Süden links, Norden rechts liegt, die Ebene des Horizontes als eine Gerade erscheint, Westen und Osten aber sich mit dem Mittelpunkte decken. Der Himmelsäquator wird dargestellt durch den nach $38^1/_2$° über S gezogenen Durchmesser. Der zum Äquator senkrecht gestellte Durchmesser dagegen enthält die Mittelpunkte aller Sonnenbahnen, er ist also die Achse und trifft das Himmelsgewölbe in einem Punkte, der 90° — $38^1/_2$° oder $51^1/_2$° über N liegt. Die Sonnenbahnen der einzelnen Tage sind durch Sehnen darzustellen, welche parallel dem Äquator und senkrecht zur Weltachse verlaufen. Die Kleinheit der Zeichnung gestattet nur die Ausführung einer beschränkten Zahl. Es empfiehlt sich folgende Auswahl:

Deklination	Datum	
+ 23° 27′	21. Juni	21. Juni
+ 21°	25. Mai	18. Juli
+ 18°	11. „	1. August
+ 15°	30. April	12. „
+ 12°	21. „	21. „
+ 9°	13. „	30. „
+ 6°	5. „	7. September
+ 3°	28. März	15. „
0°	20. „	23. „
— 3°	12. „	30. „
— 6°	5. „	8. Oktober
— 9°	25. Februar	16. „
— 12°	17. „	24. „
— 15°	8. „	2. November
— 18°	29. Januar	13. „
— 21°	16. „	26. „
— 23° 27′	21. Dezember	21. Dezember

Nachdem die Sehnen gezeichnet und mit den beiden ihnen zugehörigen Tagesangaben versehen sind, hat man in dem 47 Grad breiten Streifen ein Bild des Ringes am Himmel, aus welchem die Sonne unter keinen Umständen heraustritt.

Auch die Tageszeiten lassen sich leicht in unserer Zeichnung darstellen. Wir denken uns durch die Sonne und die beiden Enden der Weltachse einen Kreis gelegt. Er wandert mit der Sonne in 24 Stunden durch das ganze Himmelsgewölbe und wird Deklinationskreis genannt. Zur Zeit des wahren Mittags liegt er in der Umrandung der Zeichnung. Sechs Stunden früher oder später hat er eine solche Stellung, dass er als gerade Linie erscheinen muss, welche identisch mit der Weltachse ist. Zu jeder anderen Zeit entspricht dem Deklinationskreise eine Ellipse, deren grösster Durchmesser gleich der Weltachse, und deren kleinster um so kürzer wird, je weiter der gewählte Zeitpunkt von Mittag oder Mitternacht entfernt ist. Bei einem Halbmesser der Zeichnung von 100 Millimetern schneidet zur Zeit t die Ellipse den Äquator in u, die Wendekreise in v mm Entfernung von der Weltachse. Jedes Ellipsenstück ist nun durch drei Punkte bestimmt. Es unterscheidet sich von einem Kreisbogen sehr wenig und kann daher leicht bereits aus freier Hand oder mit Hilfe des unten angegebenen Radius ϱ gezeichnet werden. Übrigens liegen die Berechnungen von u, v und ϱ durchaus im Wissensgebiete der Untersekunda.

t	u	v	ϱ
6^h	00,0	00,0	∞
$6^h\ 20^m$	08,7	08,0	1103,5
$6^h\ 40^m$	17,4	15,9	552,9
7^h	25,9	23,7	371,5
$7^h\ 20^m$	34,2	31,4	281,7
$7^h\ 40^m$	42,3	38,8	228,5
8^h	50,0	45,9	193,8
$8^h\ 20^m$	57,4	52,6	169,5
$8^h\ 40^m$	64,3	59,0	151,8
9^h	70,7	64,9	138,5
$9^h\ 20^m$	76,6	70,1	128,3
$9^h\ 40^m$	81,9	75,1	120,4
10^h	86,6	79,4	114,3
$10^h\ 20^m$	90,6	83,1	109,5
$10^h\ 40^m$	94,0	86,2	105,9
11^h	96,6	88,6	103,2
$11^h\ 20^m$	98,5	90,3	101,4
$11^h\ 40^m$	99,6	91,4	100,4
12^h	100,0	91,7	100,0

Für eine Zeichnung mit anderem Radius als 100 mm sind u, v und ϱ mit dem entsprechenden Reduktionsfaktor zu multiplizieren.

Die Scheidung zwischen dem Himmel über und dem unter der Erde, zwischen den Tag- und Nachtbögen, wird in einfachster Weise dadurch erzielt, dass die untere Hälfte der Zeichnung mit einem geradlinig begrenzten Karton bedeckt wird. Auf demselben zeichnet man einen Halbkreis vom Radius des Hauptkreises so, dass der obere Rand zugleich den Durchmesser bildet. Die halbe Peripherie wird in acht gleiche Teile zerlegt, und die Teilpunkte werden auf den Rand senkrecht projiziert. Die neun Punkte des Kartonrandes erhalten der Reihe nach von links nach rechts folgende Bezeichnungen:

S, SSO, SO, OSO, O, ONO, NO, NNO, N.
(SSW), (SW), (WSW), (W), (WNW), (NW), (NNW).

Man erkennt in der so beschriebenen Geraden den Aufriss der Horizontebene mit den Himmelsrichtungen (Fig. 3).

Nachdem die Zeichnung in solcher Weise ausgeführt ist, können wir ihr selber das Wort erteilen. Sie giebt für jeden beliebigen Tag des Jahres Auskunft über die Mittagshöhe, über den Ort und die Zeit des Sonnenaufganges und Unterganges. Auch umgekehrt werden Fragen folgender Art beantwortet:

1. An welchen Tagen ist die Mittagshöhe der Sonne eine gegebene, z. B. 45°?
2. An welchen Tagen geht die Sonne in einer gewissen Richtung auf, z. B. in ONO?
3. An welchen Tagen steht die Sonne eine bestimmte Zeit lang über dem Horizont, z. B. 9 Stunden lang?

Legt man ein Lineal parallel dem Horizont quer über das Blatt, z. B. durch 20° rechts und links, dann sind ferner folgende Aufgaben lösbar:

4. An welchen Tagen steht die Sonne um 8 Uhr früh 20° über dem Horizont?
5. Um wieviel Uhr erreicht die Sonne am 10. April eine Höhe von 25°?
6. Wie hoch steht die Sonne am 31. Mai um 7 Uhr früh?

Alle diese Fragen treten an den Schüler gewöhnlich erst dann heran, wenn er in das Wesen der sphärischen Trigonometrie eingeführt wird, sie werden dann durch Rechnung erledigt. Die Zeichnung aber, auf welcher diese rechnende Arbeit sich gründet, kann stets aus der vorliegenden entnommen werden. Darin, dass hier durch ein verständiges Betrachten das Ergebnis annähernd richtig gewonnen wird, welches durch die Rechnung genau ermittelt werden soll, sehe ich einen Vorteil.

Trotzdem lege ich keinen grossen Wert darauf, dass unsere Zeichnung derartige Einzelheiten beantwortet. Die Hauptbedeutung schreibe ich der Möglichkeit zu, alle Beziehungen zwischen der Deklination der Sonne, ihrer Mittagshöhe, den Tageslängen, den Morgenweiten und dem Datum während eines ganzen Jahres mit einem Blick zu überschauen, in ihnen Zusammengehöriges als solches zu erkennen, die Stärke und Dauer der Sonnenwirkungen während eines längeren Zeitraumes beurteilen zu lernen und mit denen zu anderen Zeiten zu vergleichen, kurz den Wechsel der Jahreszeiten als eine Folge des Verhaltens der Sonne zu verstehen.

Da die Sonnenbahnen auf unserer Zeichnung zwischen den für Halle zutreffenden Grenzen 15° und 62° eingeschlossen werden, so gelten alle Schlussfolgerungen, welche wir dem Bilde entnehmen, nur für Halle und die Orte derselben geographischen Breite.

Diese Breitenlage ist leicht zu ermitteln. Unsere Schulfahrt hatte gezeigt, dass bei einer Bewegung nach Norden die höchste Mittagsstellung und mit ihr zugleich die

Äquatorhöhe abnimmt, der Pol dagegen am Himmel hinaufsteigt. Wir müssen also $38^1/_2{}^0$ nach Norden wandern, wenn wir den nördlichen Pol genau über uns im Zenith haben oder uns selbst „unterm" Nordpol befinden wollen, $51^1/_2{}^0$ dagegen ist unsere Breite von den Orten der Erde entfernt, die „unter" dem Äquator liegen.

Das obere Ende des Äquators gestattet unmittelbar die Ablesung seiner Höhe von $38^1/_2{}^0$. Am unteren Ende ist die Kreisteilung noch ohne Zählung. Hier soll nun die entsprechende geographische Breite, also $51^1/_2{}^0$, eingetragen werden. Demgemäss erhält der unterste dem Zenith gegenüberliegende Punkt die Zahl 0, von ihm aus geht die Zählung nach beiden Seiten hin bis 90^0.

Irgend eine Ortsveränderung nach Norden oder Süden übt auf die gegenseitige Lage der Sonnenbahnen zu einander, zu dem Äquator und der Weltachse gar keinen Einfluss aus, sondern es erfährt nur die äussere Umrandung der Kreisteilung gegen das Innere eine Drehung.

Zwei für sich bestehende Teile sind also in der Zeichnung enthalten:

1. Der Höhenkreis mit dem Horizont und dem Zenith.
2. Die Scheibe der Sonnenbahnen mit dem Äquator und der Weltachse.

Damit beide Teile die Möglichkeit erhalten, die verschiedensten Wechselbeziehungen zu zeigen, müsste die Deklinationsscheibe im Höhenkreise drehbar sein, eine Anordnung, die leicht getroffen ist, wenn man die Zeichnung Fig. 2 kreisrund aus der Papierfläche herausschneidet, sie konzentrisch auf Fig. 1 legt und beide am gemeinsamen Mittelpunkt durch einen Faden aneinander befestigt.

Wir haben jetzt ein Mittel in der Hand, die solaren Verhältnisse zweier Orte mit einander zu vergleichen, welche unter verschiedenen Breiten liegen. Stellen wir die nun bewegliche Scheibe so ein, dass die Sonnenbahn des 21. Juni auf 62^0 über S zeigt, so haben wir wieder die ursprüngliche für Halle geltende Zeichnung. Das untere Ende des Äquators, welches den Namen Ortsindex (*OJ*) erhalten hat, zeigt die Hallesche Breite von $51^1/_2{}^0$. Rücken wir den Ortsindex um 2^0 nach Norden, also auf die Hamburger Breite $53^1/_2{}^0$, so können wir ohne Weiteres erkennen, dass alle Sommer- und Herbsttage in Hamburg länger sind als bei uns — den grössten Zuwachs erfährt der 21. Juni —, die Tage der anderen Jahreszeiten sind entsprechend kürzer geworden. Auch das Gebiet des Horizontes, auf welches die Sonnenauf- und Untergänge beschränkt bleiben, hat sich zu beiden Seiten von Osten und Westen sowohl nach Norden als Süden zu etwas erweitert.

Je höhere Breiten wir aufsuchen, um so weniger Stunden wird dem 21. Dezember das Tageslicht gespendet, und die Stellung der mittleren Scheibe sagt uns, dass wir unter $66^1/_2{}^0$ nördlicher Breite zu einem Gebiete gelangt sind, auf welchem die Mitte des Winters nur noch einen kurzen Sonnenblick, der Mittsommertag dagegen keinen Sonnenuntergang mehr hat. Die Tageslänge schwankt also zwischen 0 und vollen 24 Stunden, der Horizont wird im Norden von oben, ein halbes Jahr später im Süden von unten her gestreift, in jedem anderen Punkte zu seiner Zeit geschnitten. Diese Breite ist die nördliche Grenze für die Räume der Erde, an denen innerhalb 24 Stunden je ein Wechsel von Tag und Nacht das ganze Jahr hindurch erfolgt. Darüber hinaus beginnt schon die Herrschaft eines nachtlosen Sommers und eines sonnenfremden Winters, das Gebiet der polaren Zone.

Wenden wir uns dagegen dem Süden zu, so steigt die Mittagsstellung der Sonne zu immer grösserer Höhe empor, und unter $23\,^1/_2{}^0$ nördlicher Breite betreten wir eine Gegend, in welcher die Sonne den Zenith zunächst wenigstens an einem Tage des Jahres erreicht. Wir sind an der Grenze der heissen Zone oder unter dem Himmelsbogen angelangt, bei dem die Sonne ihre Annäherung an den Himmelspol hemmt und sich wieder nach Süden „wendet", unterm Wendekreise.

Die Festlegung der grossen Erdzonen ergiebt sich mühelos, ebenso die Abhängigkeit ihrer Grenzen, der Polarkreise und Wendekreise, von dem Maximum der Sonnendeklinationen, der Schiefe der Ekliptik. Auf eine weitere Ausführung der solaren Verhältnisse in allen Teilen der Erdoberfläche darf ich verzichten. Da möge der Apparat selber reden durch den Mund oder die Feder des Schülers. Hier bietet sich vortreffliche Gelegenheit zu kleineren schriftlichen Ausarbeitungen und zu Übungen im mündlichen Vortrag. Welcher mannigfaltigen Wandlungen das allgemeine Thema fähig ist je nach den Gesichtspunkten, die in den Vordergrund gerückt werden, mögen folgende Aufgaben zeigen:

Ein Jahr unterm Nordpol.

Ein Jahr unterm Südpol.

Ein Jahr unter 80^0 nördlicher Breite u. s. w.

Der Wechsel von Tag und Nacht auf der Erde.

Die Mitternachtssonne.

Welchen Veränderungen unter verschiedenen Breiten unterliegt der längste Tag, die längste Nacht, der 21. Juni, der 22. März, der 1. Mai? u. s. w.

Wo und wann ist die Mittagshöhe der Sonne 45^0 über Süden oder über Norden?

Der höchste Sonnenstand des Jahres.

Die Sonne im Zenith.

Wie weit ist es richtig zu sagen, die Sonne geht im Osten auf?

Wo und wann zeigt der Schatten eines senkrechten Stabes nach Süden, nach Norden?

Die Tag- und Nachtgleiche.

Die Länge der Dämmerung.

Für das animalische und vegetabilische Leben, dem ein Stück Land als Heimat dient, ja auch in gewissem Sinne für den Kulturzustand der Menschen, die es bewohnen, ist die Licht und Wärme spendende Sonne von grundlegender Bedeutung. Das solare Klima ist der Grundton, auf welchen alles abgestimmt ist, dieser klingt stets noch hindurch, so sehr auch im einzelnen die verschiedensten Einflüsse, wie Wasser, Wind, Höhenlage oder Bodenbeschaffenheit, fördernd oder hemmend abändern mögen. Daher möchte ich es empfehlen, beim Beginn der Besprechung eines Landes, wenigstens in den oberen Klassen, dem Sonnenwandel und Klima einige Worte zu widmen, die unter Anwendung unseres Hilfsmittels in wenigen Minuten erledigt werden und doch dem Schüler das Verständnis des Landes in bisweilen überraschender Weise erleichtern.

Der geographische Unterricht auf der Oberstufe, also in den Klassen Obersekunda bis Oberprima wurde nach den bisherigen Lehrplänen anderen verwandten Fächern angegliedert, und zwar müssen, da keine besondere Lehrstunde hierfür übrig war, „die

Wiederholungen, soweit sie die physische und politische Erdkunde betreffen, von dem Lehrer der Geschichte, die in der allgemeinen und besonders der mathematischen Erdkunde von dem Lehrer der Mathematik oder Physik angestellt werden“.[1]) Aber nur in einer Klasse bieten diese Fächer Gelegenheit zu geographischen Anknüpfungen, wenn man von den magnetischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche, die in Unter- oder Obersekunda zu erledigen sind, absieht, nämlich die Mechanik und die sphärische Trigonometrie in der Unterprima.

Beide Gebiete treten von ganz verschiedenen Seiten her an die mathematische Geographie heran.

Die Physik zeigt, wie die Gesetze der Schwerkraft als besondere, nur an der Erdoberfläche geltende Fälle den Gravitationsgesetzen sich einordnen. Sie sieht schliesslich in der Erde einen Massenpunkt, der im Weltenraume mit anderen seinesgleichen von ihnen angezogen und selber anziehend seine Bahn wandelt. Die Namen Kopernikus, Kepler, Newton bezeichnen die Höhen, bis zu welchen der Ideenkreis der Primaner auszudehnen ist.

Demgegenüber stellt die Mathematik die Schüler wieder zurück in das Gebiet der Erscheinungen. Hier ist die Erde eine Scheibe, überwölbt von dem krystallenen Himmelsdome, an dem die Gestirne ihre Kreise beschreiben. Sie ergänzt in glücklichster Weise das in der Physik Gelehrte, indem sie die Hilfsmittel kennen und anwenden lehrt, welche das Augenscheinliche festhalten und der mathematischen Formel unterwerfen.

Zur Bestimmung eines Punktes auf der Kugel bedarf es des sphärischen Koordinatensystems.

Wir legen durch das Zentrum der Kugel eine Kreisfläche als Grundebene, mit ihr sind gleichzeitig die im Mittelpunkte senkrecht stehende Achse und deren oberer und unterer Angelpunkt bestimmt. Jeder die Angeln verbindende Kreis heisst Projektionskreis und schneidet den Grundkreis senkrecht. Nach der Wahl eines Anfangspunktes auf dem Grundkreis wird jeder andere Punkt der Kugel definiert durch die Winkel oder Bögen im Grundkreis und im Projektionskreis. Diese Kugelkoordinaten finden in mehrfacher Lage und Benennung in der mathematischen Geographie Anwendung als System des Horizontes, des Äquators am Himmel und auf der Erde, und der Ekliptik.

Die der allgemeinen Bezeichnung entsprechenden Namen seien nebeneinander gestellt:

Grundkreis	Horizont	Äquator		Äquator	Ekliptik
senkrechte Achse	Lot	Weltachse		Erdachse	—
oberer Angelpunkt	Zenith	Nordpol		Nordpol	—
unterer Angelpunkt	Nadir	Südpol		Südpol	—
Projektionskreis	Vertikalkreis	Deklinationskreis		Meridian	—
Anfangspunkt	Süden	Kulmination	Frühlingspunkt	Nullpunkt	Frühlingspunkt
Drehwinkel	Azimuth	Stundenwinkel	Rektascension	geogr. Länge	Länge
Projektionswinkel	Höhe	Deklination		geogr. Breite	Breite

[1]) Diesem merkwürdigen Zustande eines anerkannten Unterrichtsgegenstandes ohne Lehrstunde ist jüngst ein Ende gemacht, indem für die oberen Klassen je eine Stunde Erdkunde in den Lehrplan aufgenommen ist. Damit ist sowohl dem Historiker als dem Physiker und Mathematiker das Recht, aber auch die Verpflichtung genommen, für die Geographie in seiner Weise zu sorgen, und einem Geographen übertragen, dessen Aufgabe es sein wird, seinem Lehrfache eine selbständige Stellung zu geben und zugleich mit den verwandten Disziplinen Fühlung zu halten. Durch diese Neuordnung ist das im folgenden Gesagte durchaus nicht überflüssig geworden, sondern auch der Geograph muss jetzt Stellung dazu nehmen.

Der Projektionswinkel und seine Genossen werden naturgemäss von 0^0 bis $\pm 90^0$, der Drehwinkel von 0^0 bis 360^0 gezählt, er wird aber häufig überhaupt nicht in Graden angegeben, sondern als eine Richtung der Windrose im Azimuth, als Zeit (h, m, s) im Stundenwinkel, in der Rektascension und in der geographischen Länge, schliesslich als Datum in der Länge der Ekliptik. Die hierdurch notwendigen Umrechnungen pflegen dem Schüler einige Schwierigkeiten zu bereiten, beruhen aber mehr in mangelnder Anschauung als in der Sache selbst. Sie werden bei der Besprechung jedes Systems erledigt.

Erst nach Darbietung des mathematischen Materials[1]) beginnt die Besprechung der einzelnen Systeme, zunächst des horizontalen. Es ist hierbei viel weniger nötig, Logarithmen und Rechenstift in Bewegung zu setzen, als die Aufgabe zu lösen: Zu gegebenen Punkten am Himmel, z. B. einer Turmspitze die Koordinaten zu gewinnen. Die Aufstellung des Theodoliten oder Nivellierinstrumentes auf der Schulwarte, die Anwendung von Kompass und Messblatt zur Bestimmung von Azimuth und Höhe einer Reihe von Punkten aus der Umgebung führt leicht zum Verständnis des Koordinatenbegriffes und giebt zugleich die Grundlagen für die Anfertigung eines Panoramas des ganzen Horizontes

Die Unzulänglichkeit dieses Systems zeigt sich erst bei der Fixierung eines Sonnenstandes. Beide Koordinaten ändern sich hier fortgesetzt, denn der Himmel bewegt sich und nur der Horizont steht still (relativ).

Wir schreiten daher fort zum Äquatorsystem. Stellt man ein Fernrohr mit seinem gewöhnlichen Stativ auf einer um $38^1/_2$ Grad geneigten und orientierten Fläche auf, so zeigt sich in dieser parallaktischen Anordnung auch jetzt wieder das Rohr passend zur Gewinnung der Koordinaten. Das eingestellte Gestirn kann aus dem Gesichtsfeld nur noch seitwärts entweichen und müsste auch dieses unterlassen, wenn die Säule durch ein Uhrwerk selbstthätig sich nachdrehte, wie beim vollständigen Äquatoreal. Die Deklination dagegen ist im Fernrohr festgehalten und ablesbar. Die zweite Koordinate liefert uns ein Blick auf die Uhr. (Die Einschränkungen, welche durch die Unterschiede zwischen Sonnen- und Sternzeit, zwischen wahrer und mittlerer Ortszeit, zwischen mitteleuropäischer und Ortszeit geboten sind, übergehe ich.)

Richtet man das Rohr auf die Sonne und lässt es darauf, ohne die Deklination zu verändern, um die Weltachse rotieren, so nimmt seine Visierlinie schnell nach einander alle die Richtungen ein, in welcher im Laufe eines Tages die Sonnenstrahlen zu uns gelangen. Die Gesamtheit dieser Richtungen bildet, falls die Sonne nicht gerade im Äquator steht,

---

[1]) Es empfiehlt sich das allgemeine Koordinatensystem zu benutzen bei der Erledigung des mathematischen Stoffes und nicht über folgendes hinauszugehen:

für das rechtwinklige Dreieck: die Neperschen Gleichungen,

für das schiefwinklige Dreieck: der Sinussatz, der Kosinussatz für die Seiten und für die Winkel, der Inhalt und die Berechnung der sechs Grundaufgaben (a, b, c; a, b, γ; a, β, γ; α, β, γ; a, b, α; a, α, β), die beiden letzten in einfachster Weise mit Hilfe des Lotes auf c.

Die Einführung des sogenannten Hilfswinkels gewährt dem mathematisch Gebildeten mehr einen ästhetischen Genuss als wirklichen Rechenvorteil. Die Herleitung der Neperschen Analogien, des Halbwinkelsatzes und alles Weiteren wird ebenfalls unterbleiben, wenn man sich der methodischen Bemerkungen erinnert: Es ist „bei der sphärischen Trigonometrie nicht die Herleitung und Einübung der in den meisten Lehrbüchern gegebenen Formeln erforderlich, sondern es genügt, wenn die Schüler die ersten Sätze richtig aufgefasst haben und dadurch zur Berechnung einfacher Aufgaben der mathematischen Erdkunde, wenn auch auf etwas unbequemeren Wege, befähigt werden“.

einen stumpfen Doppelkegel, dessen Öffnungswinkel nie kleiner als 133° wird. Derselbe Kegel spielt eine Rolle, wenn man den Sonnenstrahl durch eine kleine Offnung in einen dunkeln Raum fallen lässt. Auch hier bildet der Strahl von der als Punkt gedachten Sonne bis zur Öffnung stets die Seitenlinie des direkten, der im Innern weitergehende Strahl die des Scheitelkegels. Der Fussboden, welcher den inneren Strahl abfängt, ist eine den Kegel schneidende Ebene, und darum beschreibt das Sonnenbildchen auf ihm bei seiner Wanderung einen Kegelschnitt. Bei der horizontalen Lage des Bodens ist er stets ein Hyperbelzweig. Wo ist der andere Zweig? Welche Stellung müsste die schneidende Ebene haben, wenn ein Kreisbogen oder das Stück einer Parabel entstehen sollte? Unter welcher Bedingung empfängt eine senkrechte Wand eine Parabel? Das sind Fragen, deren Beantwortung zu einer gründlichen Anschauung führt. Auch die Aufstellung einer parallaktischen Sonnenuhr ist sehr geeignet, das Verständnis des Äquatorsystems zu fördern.

Die Erwähnung des ekliptischen Koordinatensystems mit Länge und Breite hat nur dann Interesse, wenn man Planeten in den Kreis der Betrachtung ziehen will. Für die Sonne ist die Breite stets Null, die Länge ist, da die Zählung im Frühlingspunkt beginnt, am 22. März ebenfalls 0° und wächst mit jedem Tage um $^{72}/_{73}$ Grad oder 50″ weniger als einen Grad.

Diese drei Arten Koordinaten stehen nun in mannigfachen Beziehungen zu einander.

A. Am einfachsten kommen die Systeme der Ekliptik und des Äquators zusammen. Beide haben denselben Anfangspunkt, und ihre Grundebenen bilden 23° 27′ miteinander. Die Schiefe der Ekliptik ε, die Länge der Sonne λ, ihre Rektascension, die Deklination δ und der Winkel zwischen Ekliptik und Deklinationskreis sind die fünf Stücke eines rechtwinkligen Dreiecks, so dass aus zweien die übrigen berechnet werden können. Meist handelt es sich nur um die Beziehung zwischen ε, λ und δ:

$$\sin \delta = \sin \varepsilon . \sin \lambda,$$

mittelst welcher aus dem Beobachtungsdatum, also aus der Sonnenlänge ihre Deklination oder umgekehrt berechnet wird.

Vielfach verwickelter ist der Zusammenhang zwischen dem ersten und zweiten System.

B. 1. Denken wir uns zunächst die Sonne in einem beliebigen Punkt des Äquators. Das seit Sonnenaufgang zurückgelegte Äquatorstück, die Höhe und das Komplement des Azimuths sind die Seiten, die Äquatorhöhe und der Winkel zwischen Vertikalkreis und Äquator sind die Winkel eines rechtwinkligen Dreiecks.

B. 2. Ist die Sonne im Aufgehen begriffen, dann sind Morgenweite, Deklination, und die Zeit bis 6 Uhr, Äquatorhöhe und der Winkel zwischen Horizont und Deklinationskreis wiederum die fünf Stücke eines rechtwinkligen Dreiecks.

B. 3. Die Sonne stehe in einem Punkte D, der weder im Äquator, noch im Horizonte, noch im Meridiane liegt. Dann handelt es sich stets darum, das schiefwinklige Dreieck zu untersuchen, dessen Ecken D, der Zenith Z und der Pol P sind. Seine sechs Stücke haben folgende Bedeutung:

1. ZP ist die Äquatorhöhe oder das Komplement der geographischen Breite des Beobachtungsortes,

2. DZ der Zenithabstand und das Komplement der Höhe,

3. PD die Poldistanz und das Komplement der Deklination, es enthält daher auch den Tag,

einen stumpfen Doppelkeg ir als 133° wird. Derselbe
Kegel spielt eine Rolle, ine kleine Offnung in einen
dunkeln Raum fallen lässt. r als Punkt gedachten Sonne
bis zur Öffnung stets die rn weitergehende Strahl die
des Scheitelkegels. Der I abfängt, ist eine den Kegel
schneidende Ebene, und d f ihm bei seiner Wanderung
einen Kegelschnitt. Bei er stets ein Hyperbelzweig.
Wo ist der andere Zweig eidende Ebene haben, wenn
ein Kreisbogen oder das ? Unter welcher Bedingung
empfängt eine senkrechte gen, deren Beantwortung zu
einer gründlichen Anschau er parallaktischen Sonnenuhr
ist sehr geeignet, das Ver rn.

Die Erwähnung d it Länge und Breite hat nur
dann Interesse, wenn ma htung ziehen will. Für die
Sonne ist die Breite stets im Frühlingspunkt beginnt,
am 22. März ebenfalls 0° Grad oder 50″ weniger als
einen Grad.

Diese drei Arten len Beziehungen zu einander.

A. Am einfachst und des Äquators zusammen.
Beide haben denselben A bilden 23° 27′ miteinander.
Die Schiefe der Ekliptik e ension, die Deklination δ und
der Winkel zwischen Ekl fünf Stücke eines rechtwink-
ligen Dreiecks, so dass a erden können. Meist handelt
es sich nur um die Bezie

mittelst welcher aus den Sonnenlänge ihre Deklination
oder umgekehrt berechnet

Vielfach verwicke m ersten und zweiten System.

B. 1. Denken w eliebigen Punkt des Äquators.
Das seit Sonnenaufgang e und das Komplement des
Azimuths sind die Seite zwischen Vertikalkreis und
Äquator sind die Winkel

B. 2. Ist die S nd Morgenweite, Deklination,
und die Zeit bis 6 Uhr, n Horizont und Deklinations-
kreis wiederum die fünf .

B. 3. Die Sonne r im Äquator, noch im Hori-
zonte, noch im Meridiane rum, das schiefwinklige Drei-
eck zu untersuchen, desse P sind. Seine sechs Stücke
haben folgende Bedeutun

1. ZP ist die Äq geographischen Breite des Be-
obachtungsortes,

2. DZ der Zenit öhe,

3. PD die Poldis ation, es enthält daher auch
den Tag,

4. $\angle$ ZPD der Stundenwinkel und die Tageszeit,
5. $\angle$ DZP das Supplement des Azimuths,
6. $\angle$ ZDP der parallaktische oder Variationswinkel.

Je drei dieser Stücke bestimmen auch die übrigen. In den hierdurch möglichen Aufgaben sind natürlich die in B 1 und B 2 enthaltenen Kombinationen als besondere Fälle einbegriffen, denn B 1 liegt vor für $PD = 90^0$ und B 2 für $DZ = 90^0$. Doch wollte ich die mit den Neperschen Gleichungen lösbaren Aufgaben herausheben.

Eine besondere Gruppe von Aufgaben entsteht, wenn man zwei Punkte in einem Koordinatensystem in Beziehung zu einander bringt. Solcher Art sind die meisten dem Globus entnommenen. Die beiden Orte F und G bilden mit dem Pol das zu behandelnde Dreieck, dessen Stücke leicht gedeutet sind. PG und PF sind die Komplemente der geographischen Breiten, der Winkel am Pol ist die Längen- oder Uhrdifferenz, die beiden anderen Winkel werden wohl stets in die Form einer Richtungsangabe der Windrose umzusetzen sein, und der dritte Bogen am einfachsten in einer Anzahl Seemeilen, also Bogenminuten ausgedrückt werden.

Die grosse Fülle von Ausdrucksweisen, welche für ein und dasselbe Ding existieren, und die zum grossen Teil der Schüler leider erst dann kennen lernt, wenn er mit ihnen arbeiten soll, ist vornehmlich die Ursache, warum das Gebiet der sphärischen Trigonometrie dem Neuling schwer, dem Eingeweihten interessant erscheint. Die Schwierigkeit ist gehoben und das Interesse bleibt, sobald, wie es sein sollte, die mathematische Geographie in den mittleren Klassen richtig vorgearbeitet hat.

Ich bin am Ende dessen angelangt, was ich zu sagen mir vorgenommen. Einigen Lesern wird das in Anregung Gebrachte zu weit gehen, andere wieder werden vieles von dem vermissen, was den Kreis der mathematischen Geographie ausfüllt. Die ersten bitte ich zu bedenken, dass in schriftlicher Auseinandersetzung weitläufig erscheint, was in die That übersetzt einfach ist. Den andern gegenüber sei das Bekenntnis ausgesprochen, dass ich mich selbst zu ihnen zähle, dass es aber nicht meine Absicht war alles zu geben, was im Gebiete für die Schüler Wissenswertes enthalten ist, sondern einen begrenzten Ausschnitt vor Augen zu stellen, seine Besprechung den verschiedenen Graden der Erkenntnisfähigkeit anzupassen und ihn auszubauen von Stufe zu Stufe wiederholend, erweiternd, vertiefend. Es ist im Grunde dasselbe, wenn der Sextaner seine Stäbe aufstellt, der Primaner sich in die Rechnung vertieft, der Forschungsreisende im unbekannten Lande am Sextanten die Sonnenhöhe misst, es ist der in der Schule gepflanzte und gepflegte Trieb nach Erweiterung des Wissens.