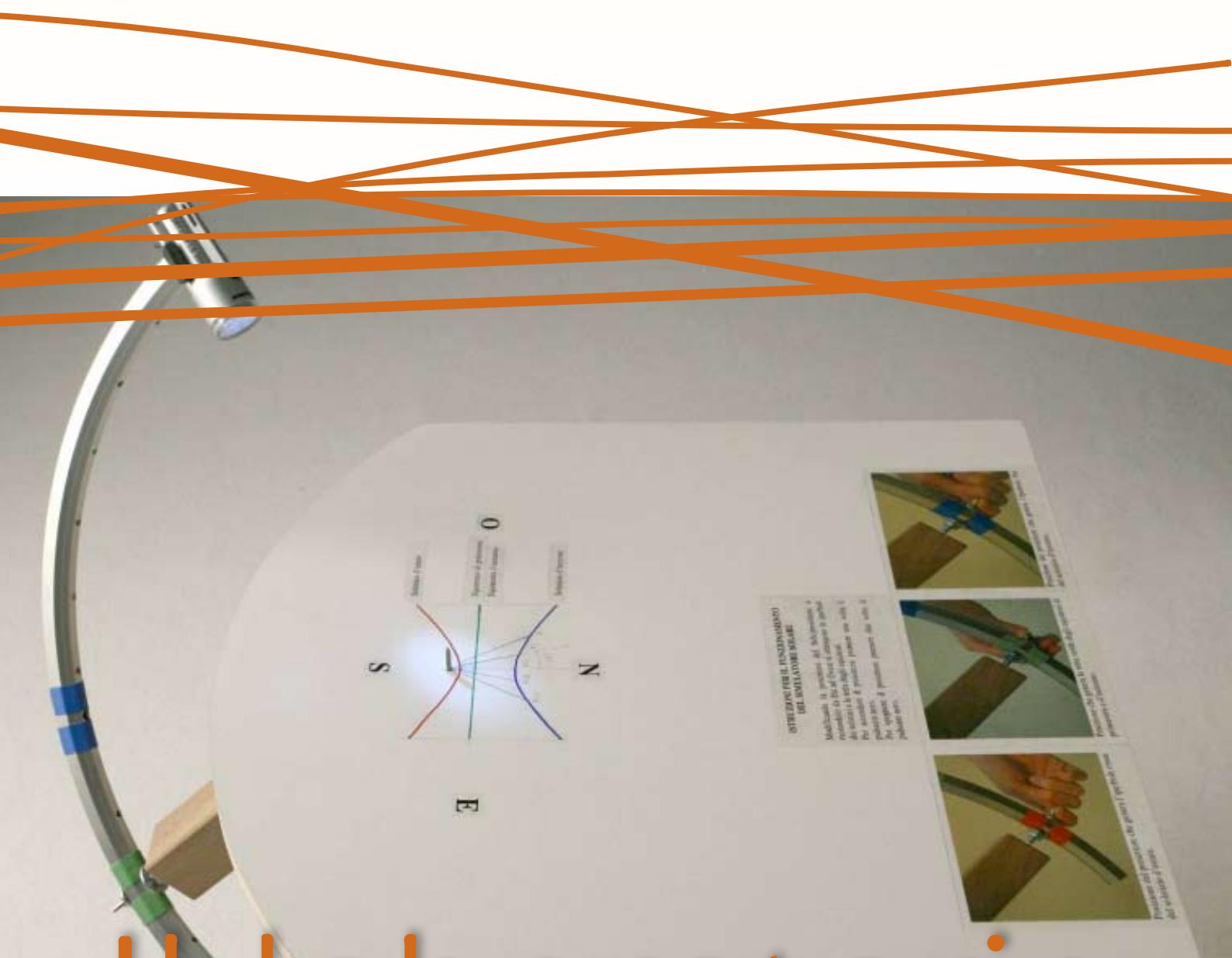


Le vie della luce | Wege des Licht



laboratorio Das Laboratorium



REGIONE DEL VENETO



Comune di
Aiello del Friuli

“Le Vie della Luce” realizzato dal Circolo Cultura e Stampa Bellunese in partenariato con il Comune di Aiello del Friuli e la Fachhochschule Kärnten di Spittal è un progetto approvato nell’ambito dello Small Project Fund KAR-FVG-VEN cofinanziato dall’Unione Europea mediante il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale.

INTERREG IV Italia – Austria (2007-2013)
“Small Project Fund KAR-FVG-VEN”
ID 4382 CUP B25C09000910007
Progetto nr. 165 Le vie della Luce

“Die Wege des Lichts” von der Circolo Cultura e Stampa Bellunese in Partnerschaft mit der Gemeinde Aiello del Friuli und der Fachhochschule Kärnten in Spittal ist ein Projekt zugelassen im Rahmen des Small Project Fund KAR-FVG-FR- kofinanziert durch den Europäischen EFRE-Fonds.

INTERREG IV Italien-Österreich (2007-2013)
“Small Project Fund KAR-FVG-VEN”
ID 4382 CUP B25C09000910007
Projekt nr 165 Wege des Licht

Distribuzione gratuita - Kostenlose Verteilung

Per i testi e i contenuti della
presente pubblicazione si ringraziano:

Renato Nuovo
Carlo Bressan
Franco Bressan
Rodolfo Malacrea
Aurelio Panatanali
Guglielmina Cucci
Ranieri Burelli
Luca Burelli
Eurotech Spa
Pino Milito
Giacomo Pantanali
Giovanni Meroi
Matteo Visintin
Sandro Cappelli

Per le traduzioni:

Anita Bressan
Lorenza Valt
Katrin Egli

IL SOLE E LA MISURA DEL TEMPO

La nostra vita scorre scandita da appuntamenti ed orari, con ritmi sempre più veloci. Il modo nevrotico di concepire ed organizzare il tempo, ora accettato con naturalezza, non ha più di cent'anni di vita ed ha raggiunto punte parossistiche negli ultimi decenni. Per giungere a questi estremi l'uomo ha percorso un lungo e tortuoso cammino, che si è dipanato tra le tenebre della notte, che inducono al riposo, e la luce del giorno, che spinge alla vita attiva. Fra la luce e il buio, però, esiste un altro stato. E' l'ombra, quel qualcosa, cioè, che ci segnala la sua presenza attraverso un'assenza: la mancanza di luce. Questa ambiguità paradossale ha sempre intrigato l'uomo dando vita ad un linguaggio metaforico non sempre benevolo nei riguardi dell'ombra: tramare nell'ombra, carattere ombroso, l'ombra di se stesso, fare ombra a qualcuno. Va ricordato però che senz'ombra non si vive: in tutto il mondo antico solo i morti non hanno ombra e Peter Pan per vivere tranquillo deve recuperare con Trilli la sua ombra e farsela cucire ai piedi.

Per gli astronomi, invece, le ombre sono state lo strumento principe d'indagine, da Eratostene che misura la circonferenza della Terra, ad Aristarco che calcola la distanza dal Sole, a Galileo che con il suo telescopio scopre sulla Luna valli e monti e ne misura l'altezza.

Dall'uomo della savana all'agricoltura

Venendo alla misurazione del tempo, il Sole, il corpo dell'uomo della savana e la sua ombra, che nel corso della giornata si accorcia fino al mezzogiorno, per poi allungarsi nuovamente fino al tramonto, sono stati il primo orologio solare, la prima meridiana. Calcolare i tempi del rientro presso il fuoco, per ridurre i rischi che le tenebre portavano con sè, significava aumentare le probabilità di sopravvivenza.

Durante la complessa fase di passaggio dall'attività di cacciatore e raccoglitore a quella stanziale di agricoltore, il corpo viene sostituito da un palo, o da una pietra, per registrare il movimento del Sole ed il fluire del tempo. Alcuni di quegli uomini poterono dedicarsi più assiduamente a questo studio, anche grazie all'eccedenza di cibo che l'attività agricola garantiva. Ma quegli studi contribuirono, a loro volta, ad incrementare le riserve alimentari, grazie proprio ad un sempre più preciso calcolo del ciclo delle stagioni ed alla programmazione delle semine e delle altre attività agricole. L'osservazione della retta degli equinozi e delle curve dei solstizi hanno segnato questa fase.

Unser Leben wird von Terminen und Zeitplänen bestimmt, mit Rhythmen, die immer schneller werden. Diese neurotische Weise, die Zeit zu konzipieren und zu organisieren, die heutzutage als Selbstverständlichkeit angesehen wird, entstand vor nicht mehr als einhundert Jahren und hat in den letzten Jahrzehnten hektische Züge angenommen. Um diesen Extremen zu folgen, hat der Mensch einen langen und komplexen Weg auf sich genommen, der sich zwischen der Dunkelheit der Nacht, die Ruhe bringt, und dem Tageslicht, das zum aktiven Leben drängt, abgespielt hat.

Aber zwischen dem Licht und der Dunkelheit gibt es noch einen anderen Zustand. Es ist der Schatten, der uns seine Anwesenheit durch eine Abwesenheit zeigt: Das Fehlen des Lichts. Diese paradoxe Zweideutigkeit hat den Menschen schon immer gefesselt und eine metaphorische Sprache ins Leben gerufen, die im Hinblick auf den Schatten nicht immer wohlwollend ist: Verschwörung im Schatten, schattenhafter Charakter, der Schatten seiner selbst, jemandem Schatten machen, usw.. Es muss aber daran erinnert werden, dass man ohne Schatten nicht leben kann: In der Antike besaßen nur die Toten keinen Schatten, und Peter Pan muss, um ruhig leben zu können mit Tinker Bell seinen Schatten retten und ihn an die Füße nähern.

Für die Astronomen jedoch waren die Schatten das wichtigste Untersuchungsinstrument, angefangen mit Eratostenes, der den Erdumfang misst, über Aristarchus, der die Distanz zur Sonne berechnet, bis zu Galileo, der mit seinem Teleskop auf dem Mond Täler und Berge entdeckt und deren Höhe misst.

Vom Savannenmenschen zur Landwirtschaft

Zur Messung der Zeit kommend: Die Sonne, der Körper des Savannenmenschen und sein Schatten, der sich im Laufe des Tages bis zur Mittagszeit verkürzt, um sich dann von neuem bis zum Sonnenuntergang zu verlängern, waren die erste Sonnenuhr. Die Zeit der Heimkehr zum Feuer zu berechnen, um die Risiken zu vermindern, die die Dunkelheit mit sich brachte, bedeutete, die Überlebenschancen zu erhöhen.

Während der gesamten Durchgangsphase vom Jäger und Sammler zum sesshaften Ackerbauern wurde der Körper von einem Pfahl oder Stein ersetzt, um die Sonnenbewegung und den Fluss der Zeit zu erfassen. Einige dieser Menschen konnten sich ständig diesem Studium widmen, auch dank dem Nahrungsüberschuss, den die Landwirtschaft garantierte. Aber diese Studien trugen ihrerseits zur Steigerung der Nahrungsmittelreserven bei,

DIE SONNE UND DIE ZEITMESSUNG

Misurazione del tempo ad ore ineguali

Le prime notizie certe di una divisione della giornata in 12 parti si riferiscono agli Assiri e risalgono all'VIII secolo a.C., mentre la divisione del giorno in 24 ore e quella dell'anno in 365 giorni sono attribuite agli Egizi. L'osservazione degli astri, dell'eclissi, dell'alternanza delle stagioni, assieme alla loro carica di mistero, divennero appannaggio esclusivo delle caste sacerdotali che ne fecero uno strumento di dominio e di controllo della società.

In Occidente, coloro che svilupparono la scienza della costruzione di strumenti basati sul Sole, furono i Greci, che erano sempre a stretto contatto con il mondo medio orientale. I Romani si appropriarono delle tecniche greche, ma nel I secolo d.C. le loro conoscenze erano ancora superficiali, poco raffinate, come spesso accade agli imperi nascenti: la meridiana che avevano predato a Siracusa era stata ricostruita a Roma senza tener conto della variazione di latitudine, così che per due secoli vi lessero l'ora sbagliata.

Il metodo di misurazione del tempo adottato nel mondo romano viene chiamato Antico, Giudaico o ad Ore Temporali Ineguali: la giornata di luce veniva divisa in 12 parti e la loro durata variava dall'estate all'inverno, passando dai 75 ai 45 minuti. Si può ben capire come il nostro modo d'intendere e di vivere il tempo, con ore dalla durata costante, sia cambiato.

Con la caduta dell'Impero romano, per lunghi secoli ad occidente la custodia del tempo e del sapere resta appannaggio dei monaci: il Tempo è dedicato principalmente al Signore, meno ai commerci. Nel VII secolo le meridiane che si realizzavano erano semplici, di forma semicircolare a parete verticale, con funzione di orologio solare, con sei od otto divisioni orarie.

Queste, oggi dette ore canoniche, corrispondevano alle funzioni religiose: le Laudes all'alba, la Sexta o Angelus a mezzogiorno, il Vespro o Ave Maria al tramonto. Erano certamente funzionali ad un mondo meno frenetico del nostro.

Meridiane e numeri dall'orient

Nel 1200, periodo delle Crociate, il pisano Fibonacci apprese, durante i viaggi in Medio Oriente, la matematica araba, e pubblicò "Liber Abbaci". L'introduzione dell'algebra in Occidente, grazie all'apporto culturale e scientifico del mondo arabo e, alla fine del Seicento, l'innovazione apportata dal calcolo trigonometrico, permisero la progettazione matematica delle meridiane, non solamente la loro realizzazione grazie all'osservazione del movimento dell'ombra o a sviluppi geometrici.

I Veneziani, commercianti e imprenditori che avevano bisogno di uno strumento più raffinato, diedero un grande impulso alla diffusione in Europa della nuova scienza,

besonders dank einer immer genaueren Berechnung der Jahreszeiten und der Saatplanung und anderer landwirtschaftlicher Berechnungen. Die Beobachtung der Äquinoctium-Geraden und der Sonnenwende-Kurven haben diese Phase gekennzeichnet.

Messung der Zeit zu temporalen Stunden

Die ersten zuverlässigen Aufzeichnungen über eine Aufteilung des Tages in 12 Teile beziehen sich auf die Assyri und gehen auf das VIII. Jahrhundert vor Christus zurück, während die Aufteilung des Tages in 24 Stunden und diejenige des Jahres in 365 Tage den Ägyptern zugeschrieben wird. Die Beobachtung der Sterne, der Eklipse, des Wechsels der Jahreszeiten, zusammen mit ihren zahlreichen Geheimnissen, wurden zum Vorrecht der Priesterkaste, die daraus ein Macht- und Kontrollinstrument über die Gesellschaft machte. Im Westen waren diejenigen, die die Wissenschaft zum Bau von Instrumenten entwickelten, die auf der Sonne basierten, die Griechen, die immer engen Kontakt zum nahen Osten pflegten.

Die Römer eigneten sich die griechischen Techniken an, aber im I. Jahrhundert nach Christus waren ihre Erkenntnisse immer noch oberflächlich, wenig verfeinert, wie es oft bei wachsenden Imperien vorkommt: Die Sonnenuhr, die sie in Syrakus gestohlen hatten, wurde in Rom rekonstruiert, ohne die Breitenvariation zu berücksichtigen, so dass zwei Jahrhunderte lang die falsche Uhrzeit abgelesen wurde.

Die Methode der Zeitmessung, die in der römischen Welt angewandt wurde, wird Antik, Jüdisch oder temporale Stundenrechnung genannt: Der lichte Tag wurde in 12 Teile aufgeteilt, und ihre Dauer variierte von Winter bis Sommer zwischen 75 und 45 Minuten. Es ist gut zu verstehen, wie unsere Art und Weise, die Zeit mit immer gleich langen Stunden zu verstehen und zu leben, sich geändert hat. Mit dem Zusammenbruch des Römischen Reiches bleibt die Bewahrung der Zeit und des Wissens über lange Jahrhunderte hinweg im Westen in der Obhut der Mönche: Die Zeit ist hauptsächlich dem Herrn gewidmet, weniger dem Handel. Im VII. Jahrhundert waren die realisierten Sonnenuhren einfach, eine halbkreisförmige senkrechte Wand mit der Funktion einer Sonnenuhr, mit sechs oder acht Stundeneinteilungen. Diese heute so genannten kanonischen Stunden entsprachen den religiösen Andachten. Die Laudes bei Sonnenaufgang, die Sext oder Angelus am Mittag, Vesper oder Abendgebet bei Sonnenuntergang. Sie waren sicherlich funktional in einer weniger hektischen Welt als unsere.

Sonnenuhren und Zahlen aus dem Osten

Im 12. Jhd, Zeit der Kreuzzüge, lernte der Pisaner Fibonacci während der Reisen in den Nahen Osten die arabi-

appresa in Medio Oriente, ed alle meridiane, dette "ad Ora Italica": la giornata veniva divisa in ventiquattro ore, a partire dal tramonto. Nei "Diari udinesi" della fine del '400 troviamo descritti fatti di vita quotidiana che testimoniano l'uso dell'ora Italica: "... nacque la domenica del 2 marzo 1462 e fu battezzato alle ore 20 ..." Non erano nottambuli (ai primi di marzo il Sole tramontava alle attuali 17,50, corrispondenti alle ore 24 Italiche): le ore 20 corrispondevano allora all'incirca alle 13,50. Nello stesso periodo hanno larga diffusione anche le meridiane "ad Ore Babiloniche", che prevedono la divisione della giornata in 24 ore, ma a partire dal sorgere del Sole.

Convivenza tra orologi meccanici e meridiane

Giungiamo così all'epoca dei primi orologi meccanici. Nel '400 nell'Europa centrale, sulla spinta di esigenze economiche, ma probabilmente anche per il fatto che non si poteva misurare il tempo sempre con il Sole, si iniziò a produrre i primi orologi a rotismo, che furono perfezionati nel '600 grazie all'applicazione del principio galileiano dell'isocronismo delle oscillazioni del pendolo. The clock, ovvero letteralmente la campana automatica segnatempo, nasce con gli orologi meccanici ed è l'elemento fondamentale dello sviluppo dell'automazione nel mondo moderno. L'orologio infatti, e non la locomotiva, è lo strumento chiave, nel bene e nel male, della civiltà industriale.

Dopo la realizzazione dell'orologio meccanico da torre, nella cattedrale di Norwich nel 1321, ci vollero ancora più di quattrocento anni di sviluppo tecnologico per trasformarlo in cronometro di precisione, ma lungo quei secoli le meridiane furono utilizzate per correggerne gli errori. E' in questo periodo che si afferma un nuovo modo di misurare il tempo con le meridiane, chiamato a ore d'oltralpe o francesi. Gli orologi avevano bisogno di essere regolati in modo meno vago che in precedenza, alba – tramonto, con il mezzogiorno che era segnato da una linea obliqua. Nelle meridiane ad ore d'oltralpe o francesi il mezzogiorno è una retta verticale che indica le attuali ore 12 ed il conteggio delle ore inizia dopo la mezzanotte. La giornata da allora restò divisa in 24 parti uguali, con il mezzodì che coincide con le 12, suddivisione che noi utilizziamo abitualmente.

Il telegrafo e la scomparsa degli orologi solari

Giungiamo così alla fine dell'Ottocento, quando ormai, grazie alle nuove tecnologie, la precisione dei cronometri diviene tale che le meridiane perdono ogni utilità. L'avvento dei mezzi di trasporto veloci, non più animali, e soprattutto del telegrafo, comportò la necessità d'introdurre l'Ora Ufficiale prima e i fusi orari poi: a Londra

sche Matematik kennen und veröffentlichte das „Liber Abbaci“. Die Einführung der Algebra im Westen erlaubte dank der kulturellen und wissenschaftlichen Einbringung der arabischen Welt und, am Ende des 17. Jahrhunderts, der Erneuerung der trigonometrischen Berechnung, die mathematische Planung von Sonnenuhren, nicht nur ihre Realisierung, dank der Beobachtung der Schattenbewegung oder der geometrischen Entwicklung.

Die Venezianer, Kaufleute und Unternehmer, die ein raffinierteres Instrument benötigten, gaben der Verbreitung der neuen im Nahen Osten gelernten Wissenschaft in Europa, und den Sonnenuhren mit sog. „italienischen Stunden“, einen starken Impuls: Der Tag wurde vom Sonnenuntergang an in 24 Stunden eingeteilt. In den Chroniken „Diari udinesi“ aus dem Ende des XV Jhd finden wir Begebenheiten des täglichen Lebens beschrieben, die die Verwendung der italienischen Stunden bezeugen. „... Er kam am Sonntag, den 2. März 1462, zur Welt und wurde um 20 Uhr getauft...“ Es gab keine Nachtschwärmer (Anfang März ging die Sonne um 17.50 Uhr unter, die mit der 24. Stunde der italienischen Stunden korrespondiert): Die 20. Stunde korrespondierte dann etwa mit 13.50. In derselben Zeit fanden auch die Sonnenuhren mit „babylonischen Stunden“ eine starke Verbreitung, die die Einteilung des Tages in 24 Stunden, aber vom Sonnenaufgang an, vorsahen.

Koexistenz von mechanischen Uhren und Sonnenuhren

Wir kommen somit in das Zeitalter der mechanischen Uhren. Im 15. Jhd. begann man in Mitteleuropa, von ökonomischen Bedürfnissen getrieben, aber vielleicht auch durch die Tatsache, dass man die Zeit nicht immer mit der Sonne messen konnte, die ersten Rädeuhren herzustellen, die im 17. Jhd dank der Anwendung des galiläischen Prinzips des Isochronismus der Pendelschwingungen perfektioniert wurden. Die Clock, oder buchstäblich die automatische Glocke als Zeitmesser, entstand mit den mechanischen Uhren und ist ein wesentliches Element der Automatisierungs-Entwicklung in der modernen Welt. Tatsächlich ist die Uhr, und nicht die Lokomotive, im Guten wie im Schlechten, das Schlüsselinstrument der Industriegesellschaft.

Nach der Realisierung der mechanischen Turmuhr in der Kathedrale von Norwich im Jahr 1321 brauchte es mehr als vierhundert Jahre technischer Entwicklung, um sie in einen präzisen Zeitmesser umzuwandeln, aber in diesen Jahrhunderten wurden die Sonnenuhren verwendet, um ihre Fehler zu korrigieren. Und man stellt fest, dass in dieser Zeit eine neue Art der Zeitmessung mit den Sonnenuhren entstand, mit den sog. modernen Stunden. Die Uhren mussten in einem weniger vagen Modus als vorher

ciò avvenne nel 1848 e in Italia nel 1898. Non poteva più darsi il caso che un telegramma inviato da Venezia alle ore 11 giungesse a Torino alle 10.40.

Il ritorno con l'avvento del computer

Per cento anni praticamente non si parla più di meridiane. Solamente l'avvento del computer negli anni '80 le riporta all'attenzione di molti, grazie alla relativa facilità con la quale i programmi informatici permettono di calcolare i parametri necessari alla loro realizzazione. La meridiana ritorna non come strumento, ma come gioco, come elemento decorativo sulle facciate delle case e nelle piazze. In Friuli, agli inizi degli anni Ottanta, abbiamo realizzato il primo programma di calcolo. In seguito, con Leonardo Comini ed Aurelio Pandanali, che ne è l'animatore e il motore, è nato un movimento di gnomonisti in Friuli.

Il paese delle meridiane

Aiello del Friuli è diventato così il paese delle meridiane. Per averne più lustro, potremmo far risalire la vocazione del paese ad epoca romana, grazie al ritrovamento di molte meridiane emisferiche nelle campagne della Bassa. Di fatto, però, il punto di partenza è stato il laboratorio di scienze della Scuola Media di Aiello diretta dal Preside Giuseppe Marcante, particolarmente attento a sostenere i principi di una didattica attiva.

Uno di questi percorsi ha riguardato lo studio del Sole e del Tempo. Semplificando molto, si è fornito ai ragazzi un ritto, il piazzale soleggiato, un metro, fogli righello e matita. L'introduzione dell'argomento avveniva con cenni sul sistema tolemaico e copernicano. Dal lavoro di osservazione, in due diversi giorni dell'anno, segnando con il gesso il vertice dell'ombra proiettata dal ritto sul piazzale, emergevano le curve delle stagioni, oltre che quelle orarie. Effettuare le misure e riprodurre il disegno in scala su un foglio a quadretti, era un utile e concreto esercizio di calcolo e lavoro.

Capire gli orologi solari senza la matematica

Le idee e le sperimentazioni elaborate nel cortile della scuola media sono servite a Franco Bressan, Caterina Zimolo (entrambi insegnanti ad Aiello) e all'ing. Luigi Castelli per progettare un prototipo manuale di meridiana per la piazza di Palmanova esposta alla Biennale Architettura del 1985.

Partendo da questo modello, che ben si prestava alla visualizzazione del percorso del sole e delle ombre, e dalle esperienze scolastiche, abbiamo progettato e realizzato tre apparecchiature didattiche automatizzate. Così, senza calcoli matematici, attraverso la simulazione del movimento del Sole, si può osservare l'ombra proiettata da uno stilo in

ingestellt sein (Sonnenaufgang—Sonnenuntergang), mit einer Mittagsstunde, die durch eine schräge Linie markiert war. Bei den Sonnenuhren mit modernen Stunden gibt es eine vertikale Linie, die die aktuelle Einstellung der Stunde 12 zeigt, und die Berechnung der Stunden beginnt nach Mitternacht. Der Tag blieb seitdem in 24 gleiche Teile eingeteilt, mit dem Mittag, der sich mit der 12 deckt, die Aufteilung, die wir gewöhnlich benutzen.

Der Telegraf und das Verschwinden der Sonnenuhren

Wir kommen so zum Ende des neunzehnten Jahrhunderts, wo jetzt, dank der neuen Technologien, die Präzision der Chronografen so wird, dass die Sonnenuhren jeden Nutzen verlieren. Das Aufkommen von schnellen Transportmitteln, und vor allem der Telegraf, brachten die Notwendigkeit mit sich, zuerst die Normalzeit und dann die Zeitzonen einzuführen. In London geschah dies im Jahr 1848 und in Italien 1898. Es konnte nicht mehr der Fall sein, dass ein um 11 Uhr in Venedig gesendetes Telegramm in Turin um 10.40 ankam.

Die Rückkehr mit dem Aufkommen des Computers

Seit fast 100 Jahren spricht man fast nicht mehr über Sonnenuhren. Nur das Aufkommen des Computers in den 80-er Jahren brachten sie dank der relativen Leichtigkeit, mit der die Computerprogramme eine Berechnung der nötigen Parameter für ihre Realisierung ermöglichen, in das Gedächtnis vieler Menschen zurück. Die Sonnenuhr kehrt nicht als Instrument, sondern als Spiel, als dekoratives Element auf den Häuserfassaden und Plätzen zurück. In Friaul haben wir in den frühen achtziger Jahren das erste Computerprogramm entwickelt. Später wurde mit Leonardo Comini und Aurelio Pandanali, der der Initiator und Motor ist, eine Gnomoniker-Bewegung in Friaul ins Leben gerufen.

Der Dorf der Sonnenuhren

Aiello del Friuli wurde so zum Dorf der Sonnenuhren. Um den Ruhm zu mehren, können wir dank der Entdeckung vieler hemisphärischer Sonnenuhren im Tiefland auf die Befreiung des Landes in der römischen Epoche zurückblicken. Tatsächlich aber war der Ausgangspunkt das wissenschaftliche Labor der Hauptschule von Aiello, vom Schulleiter Giuseppe Marcante geführt, der besonders darauf bedacht war, die Prinzipien einer aktiven Didaktik zu unterstützen.

Einer dieser Ausbildungswege betraf das Studium der Sonne und der Zeit. Vieles vereinfachend, wurde den Kindern ein Stab, ein sonniger Platz, ein Meter, ein Lineal, Blätter und ein Bleistift gegeben. Die Einführung in das Thema erfolgte mit Informationen über das ptolemäische und kopernikanische System. Aus der Beobachtung an

qualsiasi giorno dell'anno e a diverse latitudini. In un'ora si possono così ripercorrere ed approfondire le insostituibili osservazioni condotte e registrate durante l'anno.

L'apparecchiatura orizzontale permette di comprendere meglio come, con l'osservazione dell'ombra, si possa prevedere il ritorno delle stagioni. Il tutto operando da sé, scegliendo le opzioni sullo schermo del computer.

L'apparecchiatura verticale, assieme ad un mappamondo, permette invece di comprendere ciò che non si riesce ad intuire guardando una meridiana posta su un muro: la parete deve essere a Sud? Lo stilo deve essere perpendicolare al muro? Perché lo stilo è inclinato? Perché le curve delle stagioni hanno quella forma strana? Queste sono le domande alle quali si può rispondere con semplici operazioni e osservazioni. Senza complessi calcoli trigonometrici, guardando la sfera e le sagome poste a diverse latitudini ed inclinazioni, si osserva infatti che tutti gli stili sono paralleli all'asse terrestre e che solo così l'ombra cade sulla verticale al mezzogiorno.

Esistono diversi programmi che realizzano simulazioni al computer, ma a nostro avviso manca la concretezza e il piacere di giocare, di operare con strumenti veri e non virtuali. Abbiamo utilizzato l'informatica, ma solamente per far muovere le macchine.

Il ruolo del Malignani

Le apparecchiature sono state realizzate grazie ad un Progetto Interregionale sul Turismo Scolastico, promosso dal Comune di Aiello, dall'ITI Malignani e dall'Istituto Tecnico di Nuova Gorica. La progettazione esecutiva e la realizzazione di tutte le componenti elettrico meccaniche sono dovute alle capacità e alla dedizione impagabile di Ranieri Burelli, uno dei sempre più rari uomini che sanno far collaborare mani, cervello e occhi, in una società che tende, nella scuola, a rendere tali abilità sempre più marginali.

Carlo Bressan e Franco Bressan

zwei verschiedenen Tagen des Jahres tauchten durch Aufzeichnung des Scheitelpunkts des Schattens mit Kreide, der vom Stab auf den Platz projiziert wurde, die Jahreszeiten-Kurven und zusätzlich diejenigen der Stunden auf. Die Ausführung der Messung und die Wiedergabe der Maßzeichnung auf einem karierten Blatt war eine nützliche und konkrete Übung zur Berechnung und Aufgabe.

Verstehen der Sonnenuhren ohne Mathematik

Die Ideen und die im Hof der Oberstufe ausgearbeiteten Experimente wurden von Franco Bressan, Caterina Zimbolo (beide Lehrer in Aiello) und vom Ing. Luigi Castelli verwendet, um einen manuellen Sonnenuhr-Prototyp für den Hauptplatz in Palmanova zu entwerfen, der 1985 auf der Biennale für Architektur ausgestellt wurde.

Von diesem Modell ausgehend, das sich auch gut zur Visualisierung der Sonnen- und Schattenbahn eignet, und von den Schulexperimenten haben wir drei didaktische automatisierte Apparaturen geplant und realisiert. So kann man ohne mathematische Berechnung, durch die Simulation der Sonnenbewegung, den Schatten beobachten, der an einem beliebigen Jahrestag und auf verschiedene Breiten projiziert wird. In einer Stunde kann man so die unersetzblichen Beobachtungen, die im Lauf des Jahres durchgeführt und aufgezeichnet wurden, zurückverfolgen und eingehend untersuchen.

Die horizontale Apparatur ermöglicht es, besser und selbständig zu verstehen, wie man mit der Beobachtung des Schattens die Rückkehr der Jahreszeiten vorhersehen kann, indem man die einzelnen Optionen auf dem Computerbildschirm auswählt.

Die vertikale Apparatur hingegen ermöglicht es zusammen mit einem Globus zu verstehen, was man nicht erraten kann, indem man eine Sonnenuhr an einer Wand ansieht: Muss die Wand nach Süden ausgerichtet sein? Muss der Stift senkrecht zur Wand sein? Warum ist der Stift geneigt? Warum besitzen die Jahreszeiten-Kurven diese merkwürdige Form? Dies sind die Fragen, auf die man mit einfachen Ausführungen und Beobachtungen antworten kann. Ohne komplexe trigonometrische Berechnungen beobachtet man durch Ansehen der Kugel und der Linien, die auf verschiedenen Breiten und Neigungen angebracht sind, tatsächlich, dass alle Stifte parallel zur Erdachse stehen und dass allein so der Schatten auf die Vertikale zur Mittagszeit fällt.

Es gibt verschiedene Programme, die Computersimulationen realisieren, aber nach unserer Ansicht fehlen die Konkretisierung und die Freude, mit echten und nicht virtuellen Instrumenten zu spielen und zu arbeiten. Wir haben den Computer nur verwendet, um die Maschinen zu bewegen.

Carlo Bressan e Franco Bressan

I MOVIMENTI DEL SOLE

Da sempre gli uomini hanno visto gli astri e il Sole spostarsi sulla volta celeste e ancora oggi, per consuetudine, ci si comporta come se il Sole si muovesse attorno alla Terra. Questo movimento apparente, considerato in modo relativo, è causato:

- 1) dalla rotazione della Terra attorno all'asse polare che dura circa 24 ore e determina l'alternarsi dei giorni e delle notti, separati dal sorgere e dal tramontare del Sole;
- 2) dal moto di rivoluzione della Terra attorno al Sole su un'orbita ellittica della durata di un anno (circa 365 giorni). Il piano dell'equatore terrestre non è parallelo al piano dell'orbita attorno al Sole ma è inclinato di $23^{\circ} 27'$ e determina così il mutare delle stagioni.

La traccia dei movimenti del Sole sulla sfera celeste, per un anno intero, porta alla constatazione che il Sole percorre un grande cerchio, inclinato rispetto al nostro equatore di $23^{\circ} 27'$, chiamato eclittica (Fig. 1).

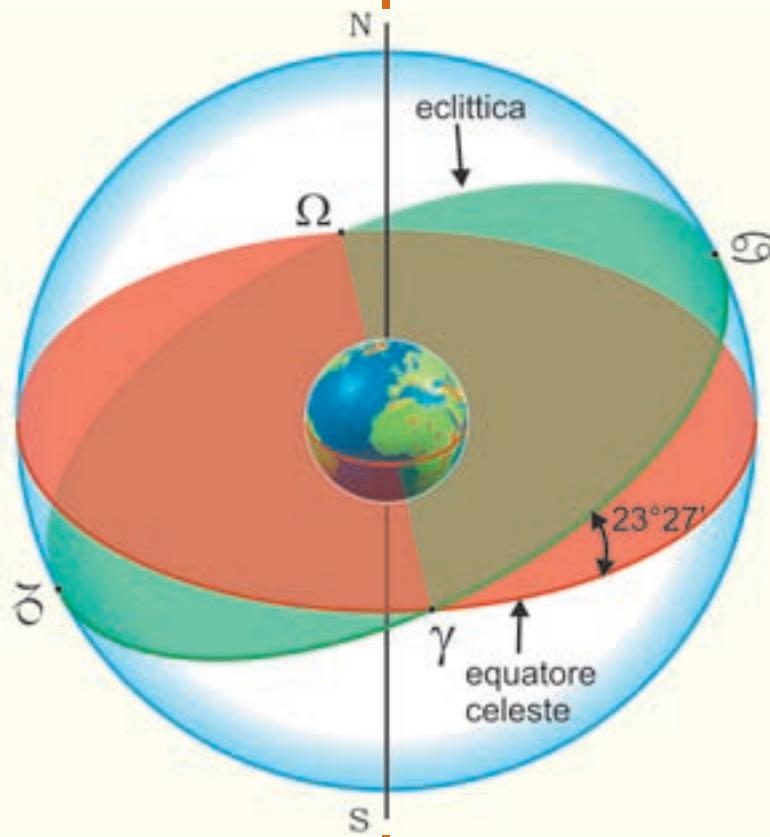


Fig. 1 Rappresentazione della Terra all'interno della sfera celeste su cui si muove il Sole. In questo modello il Sole percorre l'intera eclittica in un anno e quando giunge nei punti Ω e γ si ha l'equinozio, mentre nei punti δ e σ si hanno i solstizi.

Schon immer haben die Menschen die Sterne und die Sonne am Himmelsfirmament gesehen, und noch heute verhalten wir uns aus Gewohnheit so, als ob die Sonne sich um die Erde drehen würde: Diese scheinbare, auf relative Weise angesehene erkennbare Bewegung wird verursacht:

- 1) Von der Drehung der Erde um die Polarachse, die 24 Stunden dauert und den Wechsel vom Tag zur Nacht bestimmt, getrennt durch Sonnenaufgang und-untergang.
- 2) durch die Umkreisung der Erde um die Sonne auf einem elliptischen Umlaufbahn, die ein Jahr (365 Tage) dauert. Die Ebene des Erdäquators läuft nicht parallel zur Ebene der Umlaufbahn um die Sonne, sondern liegt in einem Winkel von $23^{\circ} 27'$ und bestimmt so den Wechsel der Jahreszeiten.

Die Beobachtung der Sonnenbewegungen an der Himmelssphäre für ein ganzes Jahr bringt die Feststellung mit sich, dass die Sonne einen großen Kreis durchläuft, abgeschrägt in einem Winkel von $23^{\circ} 27'$ bezüglich unseres Äquators, was Ekliptik (Abb. 1) genannt wird.

Abb. 1: Darstellung der Erde im Innern der Himmelssphäre, auf der sich die Sonne bewegt. In diesem Modell durchläuft die Sonne in einem Jahr die innere Ekliptik, und wenn sie bei den Punkten Ω und γ ankommt, haben wir das Äquinoktium, in den Punkten δ und σ die Solstizien.

DIE BEWEGUNGEN DER SONNE

Per comprendere il funzionamento delle meridiane possiamo considerare il Sole in movimento sulla superficie di un'immaginaria sfera celeste di raggio molto grande con al centro la Terra e parlare, impropriamente, del Sole che si muove.

Non è un errore perché, se consideriamo solo due oggetti in movimento relativo tra loro, Terra e Sole, è indifferente sapere quale dei due sta fermo. Abbiamo utilizzato così la rappresentazione della Terra con il Sole che le ruota attorno perché nel nostro caso si riesce ad ottenere risposte corrette ai nostri problemi.

La scienza delle meridiane consiste in ultima analisi nel determinare la posizione reciproca tra Terra e Sole che si evidenzia nel movimento delle ombre.

Possiamo perciò ignorare, quando parliamo di meridiane, la concezione eliocentrica copernicana senza introdurre errori matematici. La figura sottostante rappresenta il modello copernicano Fig. 2, mentre la Fig. 3 rappresenta il modello tolemaico, seppur superato, funzionale allo studio delle meridiane

Um die Funktionsweise der Sonnenuhren zu verstehen, können wir uns vorstellen, dass die Sonne sich auf der Oberfläche einer imaginären Himmelssphäre mit großem Radius bewegt, in deren Zentrum sich die Erde befindet, und so sprechen wir fälschlicherweise von der Sonne, die sich bewegt.

Dies ist kein Fehler, weil es unerheblich ist zu wissen, welche der beiden stillsteht, wenn wir uns vorstellen, dass beide Objekte, Sonne und Erde, sich bezüglich zueinander in Bewegung befinden. Wir haben die Darstellung der Erde mit der Sonne so verwendet, dass die Erde die Sonne umkreist, weil wir so in unserem Fall richtige Antworten auf unsere Fragen erhalten.

Letztendlich besteht die Wissenschaft der Sonnenuhren in der Bestimmung der reziproken Position zwischen Erde und Sonne, die bei der Bewegung der Schatten sichtbar wird.

Wir können daher, wenn wir über Sonnenuhren sprechen, die heliozentrische kopernikanische Auffassung ignorieren, ohne Rechenfehler zu machen. Die folgende Abbildung zeigt das kopernikanische Modell, Abb. 2, während Abb. 3 das ptolemäische Modell zeigt, obwohl überholt, funktional beim Studium der Sonnenuhren.

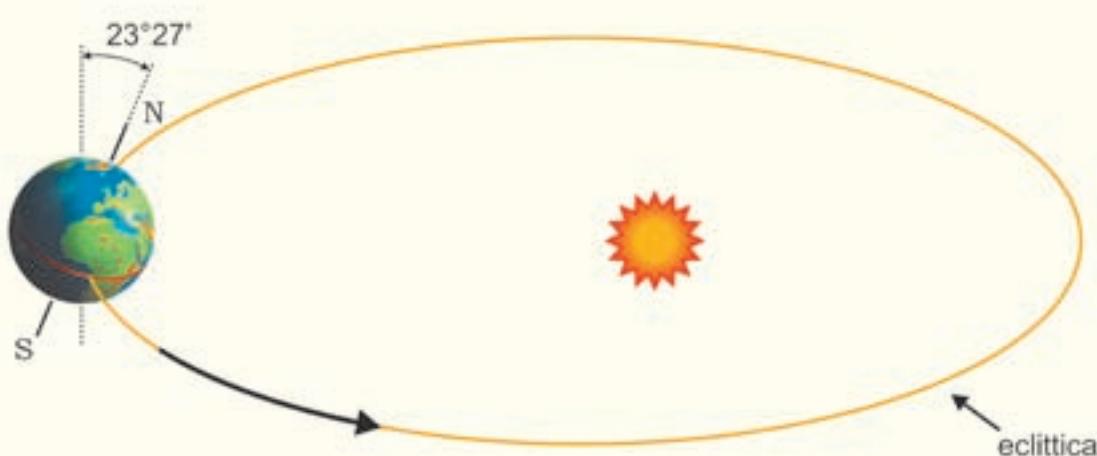


Fig. 2 Modello Copernicano: la Terra ruota attorno al Sole

Abb. 2: Kopernikanisches Modell: Die Erde dreht sich um die Sonne



Fig. 3 Modello Tolemaico: il Sole ruota attorno alla Terra

Abb. 3: Ptolemäisches Modell: Die Sonne dreht sich um die Erde

DOVE SORGE E TRAMONTA IL SOLE?

Secondo un luogo comune abbastanza diffuso il Sole sorge ad est e tramonta ad ovest, ma questa affermazione è vera parzialmente perché troviamo il Sole in questi punti cardinali solo il giorno dell'equinozio di primavera e d'autunno. Le date degli equinozi e solstizi non sono fisse e possono variare di un giorno, per esempio nei prossimi anni l'equinozio di primavera cadrà il 20 marzo.

I disegni della figura 4 visualizzano il percorso del Sole durante l'intero anno. Il giorno dell'equinozio di primavera e d'autunno il Sole sorge ad Est e tramonta ad Ovest. Durante la primavera e l'estate il Sole sorge a Nord Est e tramonta a Nord Ovest. Durante l'autunno e l'inverno sorge a Sud Est e tramonta Sud Ovest.

Gemäß einer ziemlich verbreiteten allgemeinen Ansicht geht die Sonne im Osten auf und im Westen unter, aber diese Behauptung ist nur teilweise wahr, weil wir die Sonne in diesen Kardinalpunkten nur am Tag des Äquinoktiums im Frühling und Herbst finden. Die Daten der Äquinoktien und Solstitien liegen nicht fest und können um einen Tag variieren, zum Beispiel wird in den folgenden Jahren das Frühlingsäquinoktium auf den 20. März fallen.

WO GEHT DIE SONNE AUF UND UNTER?

Die Zeichnungen in Abbildung 4 zeigen den Lauf der Sonne während des Gesamtjahres. Am Tag des Äquinoktiums im Frühling und Herbst geht die Sonne im Osten auf und im Westen unter, während im Frühling und Sommer die Sonne im Nordosten auf- und im Nordwesten untergeht. Während Herbst und Winter geht sie im Südosten auf und im Südwesten unter.

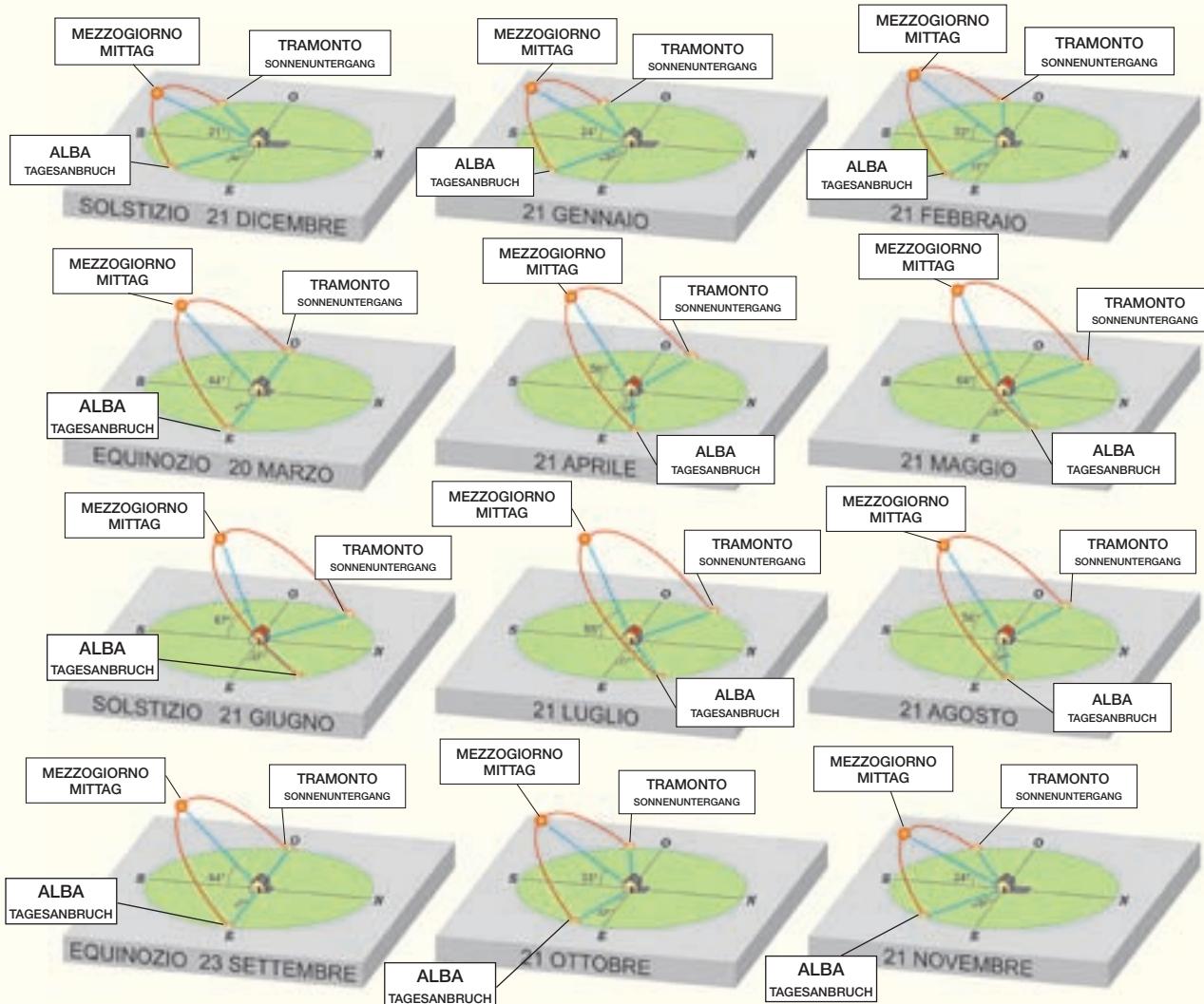


Fig.4 I disegni rappresentano le posizioni del Sole per Aiello del Friuli durante un anno. Si osserva che la posizione del Sole

Abb. 4: Die Zeichnungen stellen die Sonnenpositionen für Aiello del Friuli während eines Jahres dar. Man beobachtet,

all'alba cambia ogni giorno dell'anno rispetto all'asse Est-Ovest: da 34° verso Sud il giorno del solstizio d'inverno, a circa 35° verso Nord nel giorno del solstizio d'estate.

Sul sito internet dell' U.S. Naval Observatory si possono trovare i dati relativi alla posizione del sole per qualsiasi località e l'esatto giorno dei solstizi ed equinozi: <http://aa.usno.navy.mil/>.

SIMULATORE SOLARE ORIZZONTALE

Il Sole è simulato da un faro che proietta un fascio di luce dai raggi paralleli indirizzato sull'asta verticale che rappresenta lo stilo o gnomone. Il percorso circolare del faro ha il centro imperniato virtualmente nel vertice dello stilo e ruota attorno all'asse terrestre rappresentato dalla struttura sotto il piano.

I movimenti e le posizioni del sole in qualsiasi giorno e ora dell'anno e la latitudine del luogo sono comandati da un computer.

Posizionando il simulatore orizzontale sulla latitudine di Aiello del Friuli (45° 52') e azionando il movimento del faro che rappresenta il Sole, in date diverse, si può verificare il momento dell'alba e del tramonto in qualsiasi giorno dell'anno.

dass sich die Sonnenposition beim Sonnenaufgang jeden Tag im Jahr bezüglich der Ost-West-Achse ändert. Von 34° Süd am Tag des Solstitiums im Winter auf etwa 35° Nord am Tag des Solstitiums im Sommer.

Auf der Webseite vom amerikanischen Naval-Observatorium kann man die Daten bezüglich der Sonnenposition für jeden Ort und den genauen Tag der Solstitionen und Äquinoktien finden. <http://aa.usno.navy.mil/>.

DER HORIZONTALE SIMULATOR

Die Sonne ist durch ein Licht simuliert, das ein Lichtbündel aus Parallelstrahlen projiziert. Dieses ist auf dem vertikalen Stab ausgerichtet, der den Gnomon darstellt. Das virtuelle Zentrum der kreisförmigen

Bewegung des Lichtes liegt am Ende des Stabes und dreht sich rund um die Erdachse, die von der Struktur unter der Ebene dargestellt ist.

Die Bewegungen und die Positionen der Sonne in allen Jahrestagen und in jeder Stunde sowie die Ortsbreite sind computergesteuert.

Wenn man den Simulator auf der Breite von Aiello del Friuli einstellt (45° 52') und das Licht, das die Sonne darstellt, in Bewegung setzt, indem man verschiedene Daten simuliert, kann man den Sonnenauf- und untergang in einem beliebigen Tag im Jahr beobachten.



Fig. 5 Foto del simulatore di ombre orizzontali. I movimenti del faro/Sole sono controllati da una centralina computerizzata che aziona dei motori passo passo. Il piano è costituito da un vetro bianco sul quale si possono segnare, punti, rette e curve al fine di disegnare una meridiana orizzontale.

Abb. 5: Darstellung des Simulators horizontaler Schatten. Die Bewegungen des Lichtes/der Sonne sind durch ein Computer gesteuert, der die Motoren schrittweise in Bewegung setzt. Die Ebene ist aus weißem Glas und erlaubt es, die Punkte, Geraden und Kurven aufzuzeichnen, die man braucht, um eine horizontale Sonnenuhr zu planen.

QUAND'È MEZZO- GIORNO?

All'alba le ombre sono molto lunghe e decrescono man mano che il Sole si alza. In un certo momento del giorno le ombre diventano le più corte dell'intera giornata, per poi allungarsi di nuovo fino al tramonto.

Spiegando il fenomeno con il modello tolemaico, il Sole gira attorno alla Terra percorrendo l'arco diurno e al mattino l'ombra è rivolta verso ovest (Fig. 6 a). C'è però un momento in cui l'ombra del palo, in rosso nelle figure, coincide con il meridiano che passa nel luogo dove è infisso il palo (Fig. 6 b), per poi rivolgersi verso est al pomeriggio (Fig. 6 c).

Il momento in cui le ombre risultano le più corte della giornata coincide con il mezzogiorno e tutte le ombre sono rivolte a nord.

In quello stesso istante il Sole è nel punto più alto del cielo e si trova sul meridiano del luogo; questo momento viene chiamato anche transito, mezzogiorno solare o mezzogiorno vero.

WANN IST MITTAG?

Bei Sonnenaufgang sind die Schatten sehr lang und verkürzen sich allmählich, wenn die Sonne aufsteigt. An einem bestimmten Moment des Tages erreichen die Schatten ihre kürzeste Länge des ganzen Tages, um sich dann bis zum Sonnenuntergang wieder zu verlängern.

Um es mit dem ptolemäischen Modell zu erklären: Die Sonne dreht sich um die Erde, indem sie den täglichen Bogen durchläuft, und am Morgen ist der Schatten gegen Westen gedreht (Abb. 6a). Aber es gibt einen Moment, in dem sich der Schatten des Pfostens, in der Abbildung rot markiert, mit dem Meridian deckt, der an dem Ort verläuft, wo der Pfosten steht (Abb. 6 b), um sich dann am Nachmittag gegen Osten zu drehen (Abb. 6 c).

Der Moment, in dem die Schatten die kürzesten des Tages sind, deckt sich mit dem Mittag, und alle Schatten richten sich gegen Norden.

In demselben Augenblick liegt die Sonne am höchsten Punkt des Himmels, und befindet sich auf dem Ortsmeridian. Dieser Moment wird auch Transit, astronomischer Mittag oder wahrer Mittag genannt.

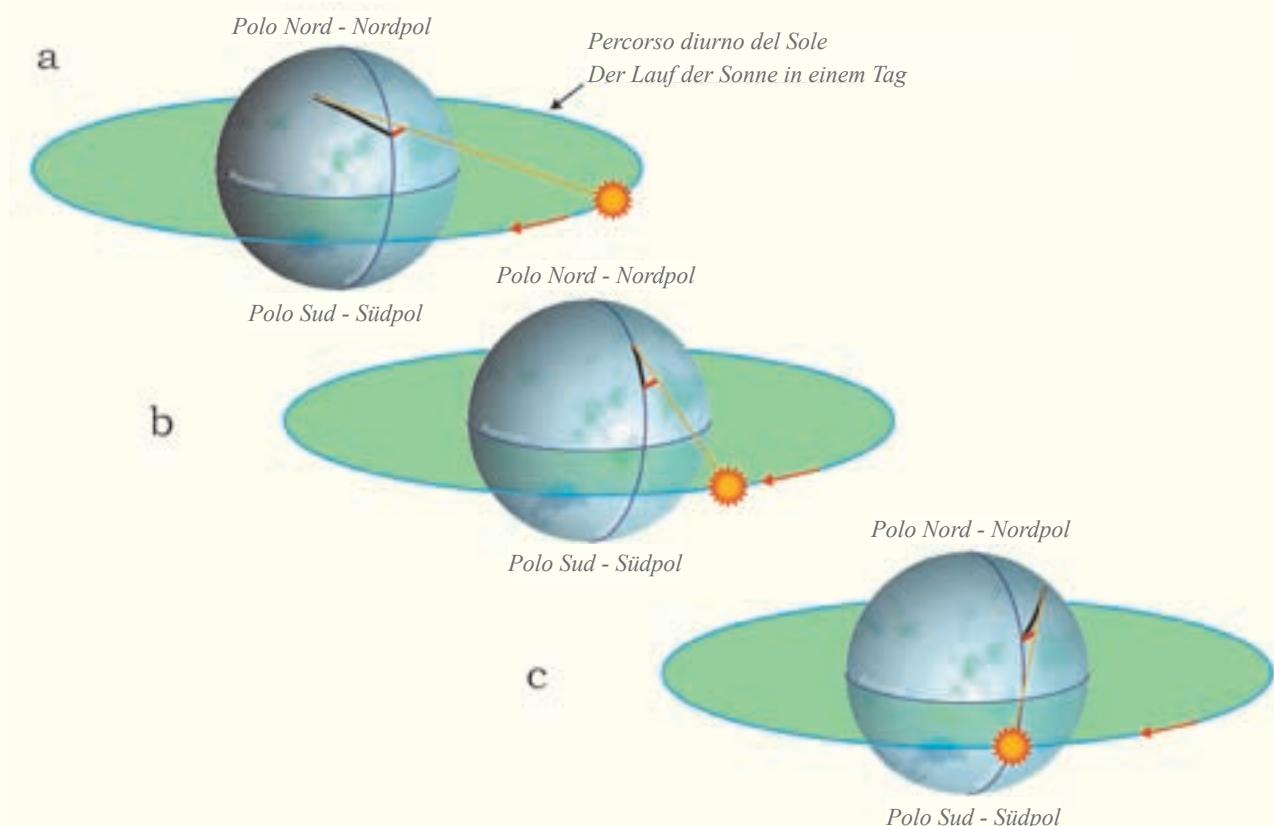


Fig. 6 Modello tolemaico con il percorso del Sole in un giorno attorno alla Terra.

Abb. 6: Ptolemäisches Modell mit dem Sonnenlauf um die Erde in einem Tag.

COME CALCOLARE IL MEZZOGIORNO DEL LUOGO

Per secoli l'ora adottata dall'uomo è stata l'ora locale, variabile da luogo a luogo. La situazione non creava problemi quando ci si muoveva a piedi, ma con la costruzione delle ferrovie diventò complicato gestire gli orari dei treni usando l'ora locale. Nel 1880 una commissione internazionale decise di dividere la sfera terrestre in 24 zone delimitate da 2 meridiani che distano tra loro 15° di longitudine chiamate fusi orari. All'interno di ogni fuso tutte le località assumono così l'ora del meridiano centrale ignorando le ore locali. Come fare quindi per sapere quando è il mezzogiorno locale e il Sole si trova sul meridiano del luogo?

1° metodo: usando internet

Un metodo più veloce e meno laborioso consiste nel consultare il sito <http://aa.usno.navy.mil/> e compilare il quadro con latitudine, longitudine e data per conoscere il momento del transito del Sole.

2° metodo: usando le correzioni della longitudine e dell'equazione del tempo

a) correzione in longitudine.

L'ora dell'orologio è l'ora riferita al meridiano centrale del nostro fuso che ha un'ampiezza di 15° , quindi il Sole impiega 4 minuti per spostarsi di 1° ($60\text{m}: 15^{\circ} = 4\text{m}$). Ogni differenza in longitudine del nostro luogo rispetto al meridiano centrale vale quindi 4 minuti per ogni grado, positivo se a ovest, negativo se a est.

Über Jahrhunderte haben die Menschen die Ortszeit verwendet, die von Ort zu Ort unterschiedlich war. Diese Situation warf keine Probleme auf, als man sich zu Fuß bewegte, aber mit dem Bau der Eisenbahn wurde es kompliziert, mit den Uhrzeiten der Eisenbahn unter Verwendung der Ortszeit umzugehen. Im Jahr 1880 entschied eine internationale Kommission, die Erdkugel in 24 Zonen einzuteilen, die von 2 Meridianen begrenzt wurden, die unter sich 15° in der Länge entfernt waren und Zeitzonen genannt wurden. Im Innern jeder Zeitzone besitzen alle Orte so die Uhrzeit des Zentralmeridians, wobei die einzelnen Ortszeiten ignoriert werden. Wie weiß man daher, wann es lokale Mittagszeit ist und die Sonne sich auf dem Ortsmeridian befindet?

1. Methode: Sehen Sie im Internet nach
Eine schnellere und weniger aufwändige Methode besteht darin, die Internetseite <http://aa.usno.navy.mil/> zu konsultieren und das Formular mit Breite, Länge und Daten auszufüllen, um den Moment des Sonnentransits zu erfahren.

2. Methode: Verwenden Sie die Korrekturen der Länge und die Zeitgleichung

a) Längenkorrektur.

Die Uhrzeit der Uhr ist die Uhrzeit, die sich auf den Zentralmeridian unserer Zeitzone bezieht, die eine Breite von 15° hat, daher benötigt die Sonne 4 Minuten, um sich um 1° zu verschieben ($60\text{Min}: 15^{\circ} = 4\text{Min}$). Jede Abweichung in der Länge unseres Ortes bezüglich des Zentralmeridiens zählt daher 4 Minuten für jeden Grad, positiv nach Westen, negativ nach Osten.



Fig. 7 Il disegno rappresenta la correzione del tempo, del luogo rispetto al meridiano centrale del nostro fuso.

WIE BERECHNET MAN DEN ORTSMITTAG?

Abb. 7: Die Zeichnung zeigt die Zeitkorrektur des Ortes bezüglich des Zentralmeridiens unserer Zeitzone.

b) Correzione dell'equazione del tempo.

Il passaggio del Sole sul meridiano del luogo non avviene esattamente ogni 24 ore ma varia a causa della diversa velocità della Terra attorno al Sole e all'obliquità del piano dell'eclittica. Il nostro orologio meccanico ha un moto uniforme e considera il giorno sempre di 24 ore (Giorno Solare Medio) e si differenzia dal Giorno Vero Locale la cui durata non è sempre di 24 ore. Questa differenza si chiama Equazione del tempo.

Equazione del tempo = giorno solare medio - giorno vero locale

Questo differenza in minuti si ricava dalla tabella e varia di giorno in giorno.

TABELLA DELL'EQUAZIONE DEL TEMPO IN MINUTI E SECONDI

	1	5	9	13	17	21	25	28
Gennaio / Januar	+3:13	+5:05	+6:49	+8:26	+9:52	+11:07	+12:11	+12:50
Febbraio / Februar	+13:31	+13:59	+14:14	+14:16	+14:06	+13:45	+13:14	+12:44
Marzo / März	+12:30	+11:41	+10:44	+9:41	+8:34	+7:24	+6:12	+5:17
Aprile / April	+4:05	+2:54	+1:46	+0:42	-0:17	-1:11	-1:57	-2:26
Maggio / Mai	-2:51	-3:18	-3:34	-3:43	-3:42	-3:31	-3:13	-2:53
Giugno / Juni	-2:21	-1:42	-0:58	-0:10	-0:41	-1:33	+2:24	+3:02
Luglio / Juli	+3:38	+4:23	+5:02	+5:35	+6:01	+6:18	+6:27	+6:27
Agosto / August	+6:18	+6:00	+5:32	+4:55	+4:09	+3:15	+2:13	+1:23
Settembre / September	+0:10	-1:07	-2:28	-3:52	-5:18	-6:43	-8:07	-9:08
Ottobre / Oktober	-10:18	-11:23	-12:33	-13:36	-14:30	-15:15	-15:49	-16:08
Novembre / November	-16:22	-16:23	-16:12	-15:47	-15:07	-14:15	-13:10	-12:13
Dicembre / Dezember	-11:10	-9:36	-7:54	-6:05	-4:10	-2:11	-0:12	-1:17

L'ora del mezzogiorno locale si può calcolare facilmente con questa relazione

Ora orologio = 12.00 +/- equazione del tempo +/- correzione in longitudine

b) Korrektur der Zeitgleichung.

Der Lauf der Sonne auf dem Ortsmeridian findet nicht genau alle 24 Stunden statt, sondern variiert wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Erde um die Sonne und wegen der Schiefe der Eklipsen-Ebene. Unsere mechanische Uhr hat eine gleichmäßige Bewegung und geht von einem Tag mit 24 Stunden aus (Mittlerer Sonnentag), der sich vom Tag mit lokaler Echtzeit unterscheidet, dessen Dauer nicht immer 24 Stunden beinhaltet. Diese Differenz nennt sich Zeitgleichung.

Zeitgleichung = mittlere Ortszeit – Wahre Sonnenzeit

Diese Differenz in Minuten entnimmt man der Tabelle, sie variiert täglich.

TABELLE MIT DER ZEITGLEICHUNG IN MINUTEN UND SEKUNDEN

Man kann die lokale Mittagszeit mit folgender Relation berechnen:

Uhrzeit (Uhr)= 12.00 +/- Zeitgleichung +/- Längenkorrektur

Esempio:

Il meridiano centrale del nostro fuso è posto a 15° est
Aiello: longitudine 13° est (approssimata)

differenza in longitudine tra Aiello e il meridiano centrale
 $15^{\circ} - 13^{\circ} = 2^{\circ}$

2° corrispondono a $2 \times 4 \text{ m} = +8$ minuti di correzione
perchè Aiello è situata ad ovest del meridiano centrale
del fuso

giorno: 5 agosto equazione del tempo il 5 agosto = + 6
minuti

$$\text{ora orologio} = 12.00 + 6 \text{ m} + 8 \text{ m} = 12.14$$

quindi il 5 agosto il mezzogiorno locale ad Aiello è alle
ore 12.14

Beispiel:

Der Zentralmeridian unserer Zeitzone befindet sich 15° Ost
Aiello. Länge ca. 13° Ost

Abweichung in der Länge zwischen Aiello und dem Zentralmeridian $15^{\circ} - 13^{\circ} = 2^{\circ}$.

2° korrespondieren mit $2 \times 4 \text{ Min} = +8$ Minuten Korrektur, weil
Aiello im Westen des Zentralmeridians der Zeitzone liegt.
Tag: 5. August Zeitgleichung vom 5. August = + 6 Minuten

$$\text{Uhrzeit} = 12.00 + 6 \text{ Min} + 8 \text{ Min} = 12.14$$

Daher findet der lokale Mittag in Aiello um 12.14 statt.

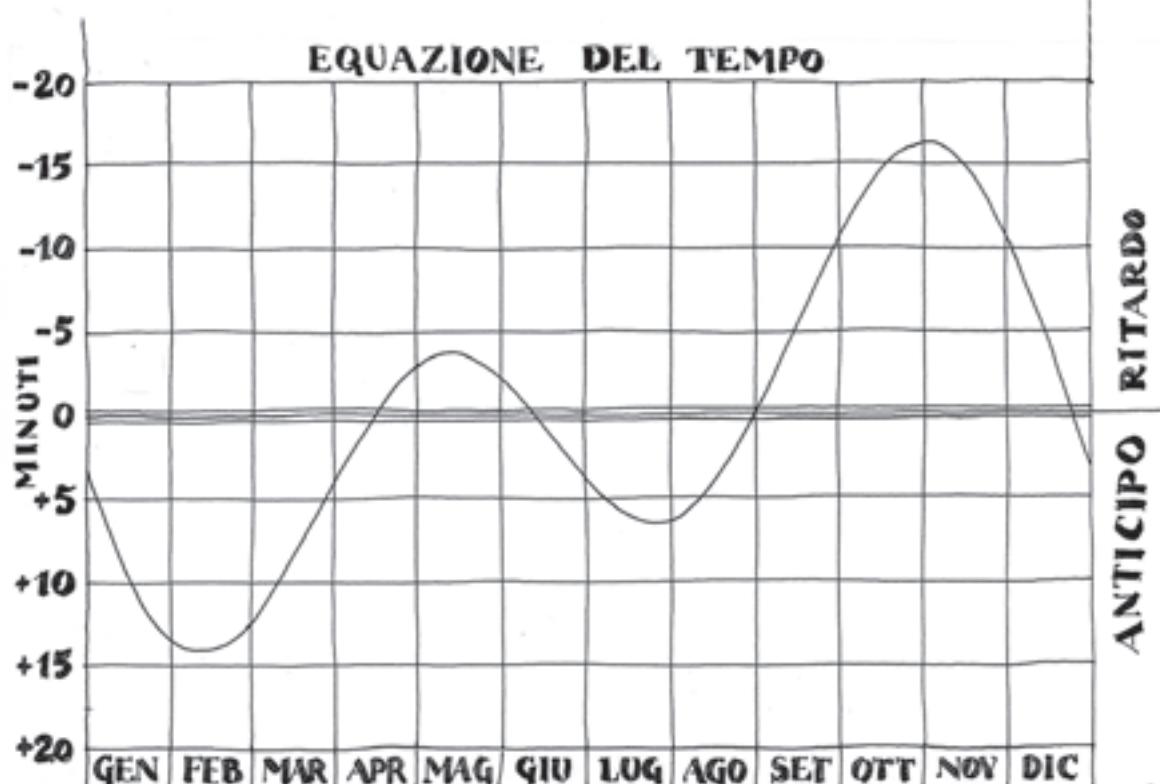


Fig. 8 Il grafico rappresenta l'andamento dell'equazione del Tempo durante l'anno.

Abb. 8: Die Grafik zeigt den Verlauf der Zeitgleichung während des Jahres.

IL MAPPAMONDO ROTANTE

'apparecchiatura è costituita da un mappamondo ruotante su se stesso, dal diametro di 1 metro e da un faro (il Sole) che lo illumina con un fascio di luce dai raggi paralleli. Sulla superficie del mappamondo è fissato uno stilo verticale e delle pareti con il relativo gnomone. La rotazione del modello permette di osservare che il mezzogiorno si ha quando l'ombra dello stilo cade sul meridiano ed è diretta verso Nord. Illuminando con il faro il mappamondo e facendolo ruotare si verifica quanto riportato nelle Fig 6 a,b,c.

Die Apparatur besteht aus einem Globus, der sich um sich selbst dreht, mit 1 Meter Durchmesser und einem Licht (die Sonne), das ihn mit einem Lichtbündel aus Parallelstrahlen beleuchtet. Auf der Oberfläche des Globus sind ein vertikaler Stift und Wände mit dem entsprechenden Gnomon befestigt. Die Rotation des Modells ermöglicht die Beobachtung der Mittagszeit, wenn der Schatten des Stifts auf die Sonnenuhr fällt und gegen Norden gerichtet ist. Wenn man den Globus mit dem Licht beleuchtet, und ihn in Drehung versetzt, sieht man, was in den Abb. 6 a, b und c gezeigt wird.

DER ROTIERENDE GLOBUS

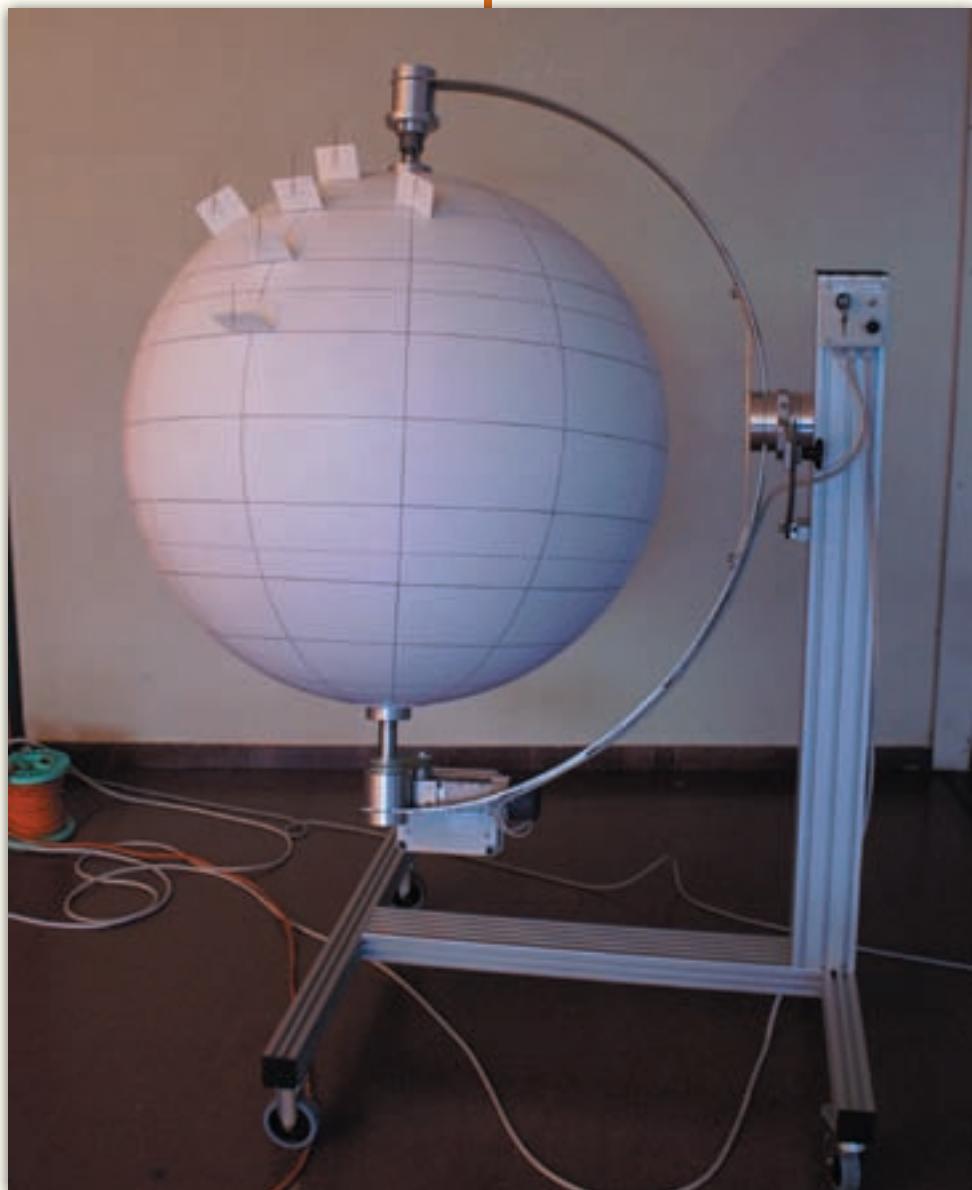


Fig. 9 Foto del mappamondo in vetroresina che ruota su se stesso e che può inclinarsi rispetto al fascio di luce parallela del faro, per simulare l'illuminazione della sfera terrestre durante le diverse stagioni dell'anno.

Abb. 9: Foto des Globus aus Glasfaserkunststoff, der sich um sich selbst dreht und sich bezüglich des parallelen Lichtbündels des Lichts neigen kann, um die Beleuchtung der Erdsphäre während der verschiedenen Jahreszeiten zu simulieren.

L'ALTEZZA DEL SOLE A VARIE ALTITUDINI

Osservando il cielo per un anno noi notiamo che il Sole compie archi sempre più alti sull'orizzonte man mano che si avvicina l'estate e sempre più bassi come s'appressa l'inverno. Questa variazione quotidiana dell'altezza del Sole, misurata in gradi, a partire dalla sua posizione nel giorno dell'equinozio è chiamata declinazione solare ed è una conseguenza dell'inclinazione dell'asse terrestre (Fig. 10). Il valore della declinazione del Sole è la stessa per tutti i luoghi della terra e varia da un minimo durante gli equinozi $d=0^\circ$ a un massimo positivo $d=+23^\circ 27'$ durante il solstizio d'estate a un minimo di $d= -23^\circ 27'$ al solstizio d'inverno.

DIE HÖHE DER SONNE AUF VERSCHIEDENEN BREITEN

Bei der Beobachtung des Himmels während eines Jahres bemerken wir, dass die Sonne allmählich am Horizont immer höhere Bögen beschreibt, wenn der Sommer sich nähert, und immer kleinere, wenn der Winter kommt. Diese tägliche Variierung des Sonnenstands, von ihrer Position am Tag des Äquinoktiums in Graden gemessen, heißt Sonnendeklination und ist eine Folge der Neigung der Erdachse (Abb. 10). Der Wert der Sonnendeklination ist für alle Orte auf der Erde derselbe und variiert von einem Minimum während der Äquinoktien von $d = 0^\circ$ bis zu einem positiven Maximum von $d = +23^\circ 27'$ während des Sommersolstitiums bis zu einem Minimum von $d = -23^\circ 27'$ am Wintersolstitium.

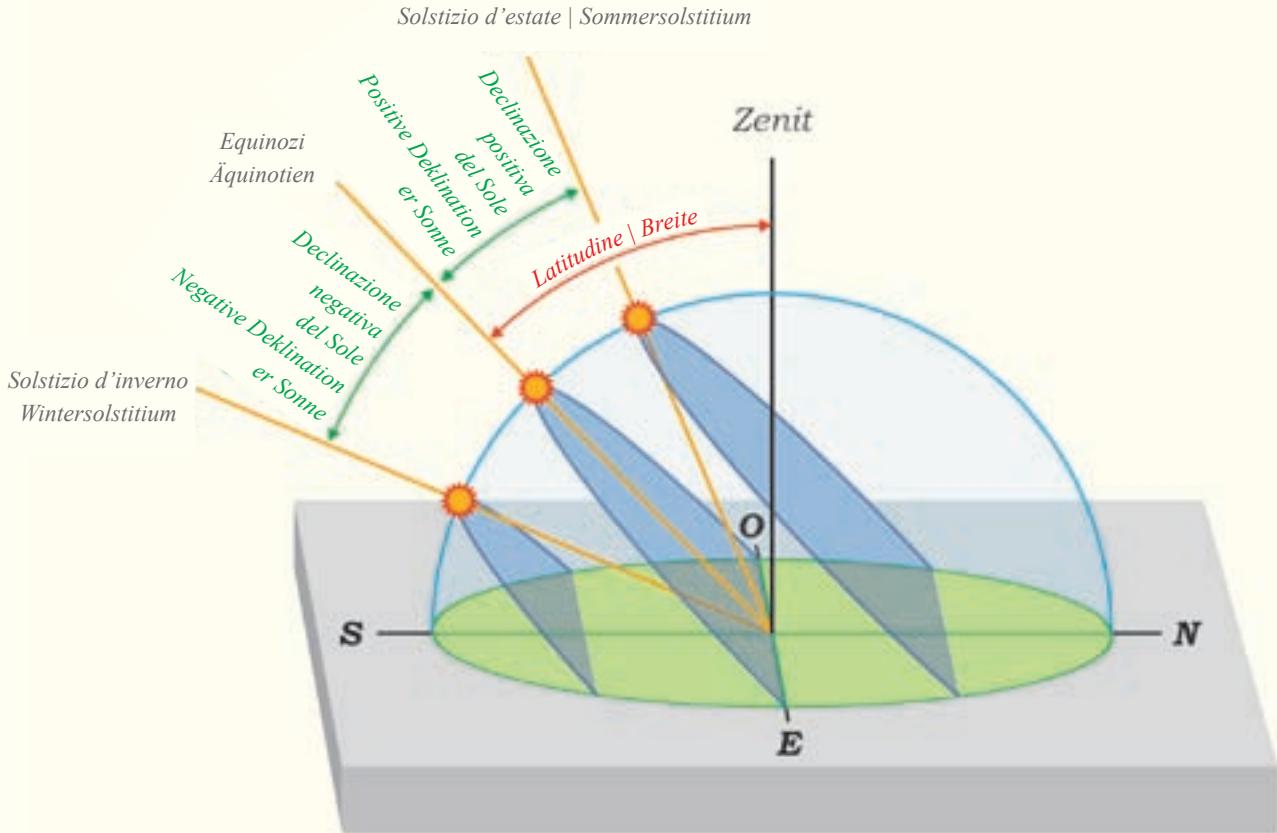


Fig. 10 Il percorso del Sole in un anno nel cielo di un osservatore di una località con latitudine 50° Nord.

L'altezza del Sole a mezzogiorno dipende anche dalla latitudine del luogo secondo queste relazioni:

Nel giorno dell'equinozio di primavera e autunno:

Altezza del Sole = $90^\circ - \text{latitudine}$.

Nel giorno del solstizio d'estate:

Altezza del Sole = $90^\circ - \text{latitudine} + 23^\circ 27'$

Nel giorno del solstizio d'inverno:

Altezza del Sole = $90^\circ - \text{latitudine} - 23^\circ 27'$

Abb. 10: Der Lauf der Sonne in einem Jahr am Himmel eines Beobachters an einem Ort mit Länge 50° Nord.

Der Sonnenstand am Mittag hängt auch von der Ortsbreite gemäß dieser Relationen ab:

Am Tag des Frühling- und Herbstäquinoktiums:

Sonnenstand = $90^\circ - \text{Breite}$.

Am Tag des Sommersolstitiums:

Sonnenstand = $90^\circ - \text{Breite} + 23^\circ 27'$

Am Tag des Wintersolstitiums:

Sonnenstand = $90^\circ - \text{Breite} - 23^\circ 27'$

TABELLA DELLE LATITUDINI

Località	Latitudine
Aiello	45° 52' Nord
Stoccolma	59°20' Nord
Tropico capricorno	23° 27' Nord
Equatore	0°
Polo nord	90°
Polo sud	90°

TABELLE FÜR DIE BREITEN

Ort	Breite
Aiello	45° 52' Nord
Stockholm	59°20' Nord
Südlicher Wendekreis	23° 27' Nord
Äquator	0°
Nordpol	90°
Südpol	90°

TABELLA DI CONFRONTO DELL'ALTEZZA DEL SOLE IN VARIE LOCALITÀ

		Aiello	Stoccolma	Assuan Tropico	equatore	Polo nord	Polo sud
Solstizio d'estate	21 giugno	67°35'	54°07'	90°	23°27'	23°27'	-23°27'
Equinozio d'autunno	23 settembre	44°08'	30°40'	66°33'	90°	0°	0°
Solstizio d'inverno	21 dicembre	20°41	7°13'	43°06'	66°33'	-23°27'	23°27'
Equinozio di primavera	21 marzo	44°08	30°40'	66°33'	90°	0°	0°

VERGLEICHSTABELLE FÜR DEN SONNENSTAND AN VERSCHIEDENEN ORTEN

		Aiello	Stockholm	Assuan/ Wendekreis	Äquator	Nordpol	Südpol
Sommersolstitium	21 Juni	67°35'	54°07'	90°	23°27'	23°27'	-23°27'
Herbstäquinotium	23 September	44°08'	30°40'	66°33'	90°	0°	0°
Winteräquinotium	21 Dezember	20°41	7°13'	43°06'	66°33'	-23°27'	23°27'
Frühlingsäquinotium	21 März	44°08	30°40'	66°33'	90°	0°	0°

Il calcolo dell'altezza del Sole a mezzogiorno in un qualsiasi giorno dell'anno deve però tener conto del valore della declinazione del Sole che varia quotidianamente secondo la tabella

Die Berechnung des Sonnenstandes am Mittag an einem beliebigen Tag des Jahres muss aber den Wert der Sonnendeklination berücksichtigen, der gemäß der Tabelle täglich variiert.

TABELLA DELLA DECLINAZIONE DEL SOLE

		1	5	9	13	17	21	25	28
Gennaio	Januar	-23°00'	-22°37'	-22°07'	-21°30'	-20°46'	-19°56'	-19°00'	-18°14'
Febbraio	Februar	-17°08'	-15°58'	-14°43'	-13°24'	-12°02'	-10°37'	-9°09'	-8°01'
Marzo	März	-7°33'	-6°01'	-4°28'	-2°54'	-1°19'	+0°15'	+1°50'	+3°00'
Aprile	April	+4°34'	+6°05'	+7°36'	+9°04'	+10°29'	+11°52'	+13°12'	+14°10'
Maggio	Mai	+15°05'	+16°16'	+17°22'	+18°23'	+19°20'	+20°11'	+20°57'	+21°28'
Giugno	Juni	+22°03'	+22°33'	+22°56'	+23°12'	+23°22'	+23°26'	+23°23'	+23°16'
Luglio	Juli	+23°06'	+22°46'	+22°21'	+21.49	+21°11'	+20°27'	+19°38'	+18°58'
Agosto	August	+18°00'	+16°57'	+15°50'	+14°39'	+13°24'	+12°05'	+10°44'	+9°41'
Settembre	September	+8°15'	+6°47'	+5°17'	+3°46'	+2°14'	+0°40'	-0°52'	-2°02'
Ottobre	Oktober	-3°12'	-4°45'	-6°17'	-7°47'	-9°16'	-10°43'	-12°07'	-13°08'
Novembre	November	-14°27'	-15°41'	-16°52'	-17°58'	-18°59'	-19°55'	-20°45'	-21°19'
Dicembre	Dezember	-21°48'	-22°22'	-22°49'	-23°09'	-23°21'	-23°26'	-23°23'	-23°16'

Con questa relazione si può calcolare l'altezza del Sole a mezzogiorno di qualsiasi giorno dell'anno.

Altezza del Sole = 90 – latitudine +/- declinazione del giorno.

Con la stessa formula si puo' calcolare di conseguenza anche la latitudine del posto dopo aver misurato l'altezza del Sole con la relazione:

latitudine = 90 – altezza del Sole +/- declinazione del giorno.

TABELLE FÜR DIE SONNENDEKLINATION

Mit dieser Relation kann man den Sonnenstand am Mittag an einem beliebigen Tag des Jahres berechnen.

Sonnenstand = 90 – Breite +/- Tagesdeklination.

Mit derselben Formel kann man demzufolge auch die Breite des Ortes berechnen, nachdem man den Sonnenstand berechnet hat:

Breite = 90 – Sonnenstand +/- Tagesdeklination.

ALL'EQUATORE
CI SONO
OMBRE?

I luoghi comuni dicono che all'equatore, a mezzogiorno, non ci sono ombre perché il Sole è sempre a picco. Nulla di più falso!

Il giorno degli equinozi il Sole illumina contemporaneamente il polo nord e sud e di conseguenza i raggi di Sole cadono perpendicolamente sull'equatore e a mezzogiorno ovviamente non ci sono ombre (fig 11), ma la situazione cambia con le stagioni. Il Sole, il giorno del solstizio d'estate, sarà a perpendicolo sul tropico del cancro e le ombre all'equatore si dirigeranno verso Sud. Il giorno del solstizio d'inverno il Sole è perpendicolare al tropico del capricorno e le ombre all'equatore si dirigeranno verso Nord. Tutti i giorni dell'anno quindi il Sole sarà a picco in luoghi diversi compresi tra i tropici ma all'equatore ci saranno ombre a mezzogiorno.

GIBT ES AM
ÄQUATOR
SCHATTEN?

Es ist Gemeinplatz, dass es am Äquator, am Mittag, keine Schatten gibt, weil die Sonne immer im höchsten Punkt steht. Nichts falscher als das! Am Tag der Äquinoktien beleuchtet die Sonne den Nord- und Südpol gleichzeitig, und infolgedessen fallen die Sonnenstrahlen senkrecht auf den Äquator, und so gibt es am Mittag selbstverständlich keine Schatten (Abb. 11), aber die Situation wechselt mit den Jahreszeiten. Die Sonne steht am Tag des Sommersolstitiums senkrecht im nördlichen Wendekreis, und die Schatten am Äquator richten sich gegen Süden. Am Tag des Wintersolstitiums steht die Sonne senkrecht im südlichen Wendekreis, und die Schatten richten sich gegen Norden. Daher steht die Sonne jeden Tag des Jahres an verschiedenen Orten zwischen den Wendekreisen im höchsten Punkt, aber am Äquator gibt es am Mittag Schatten.

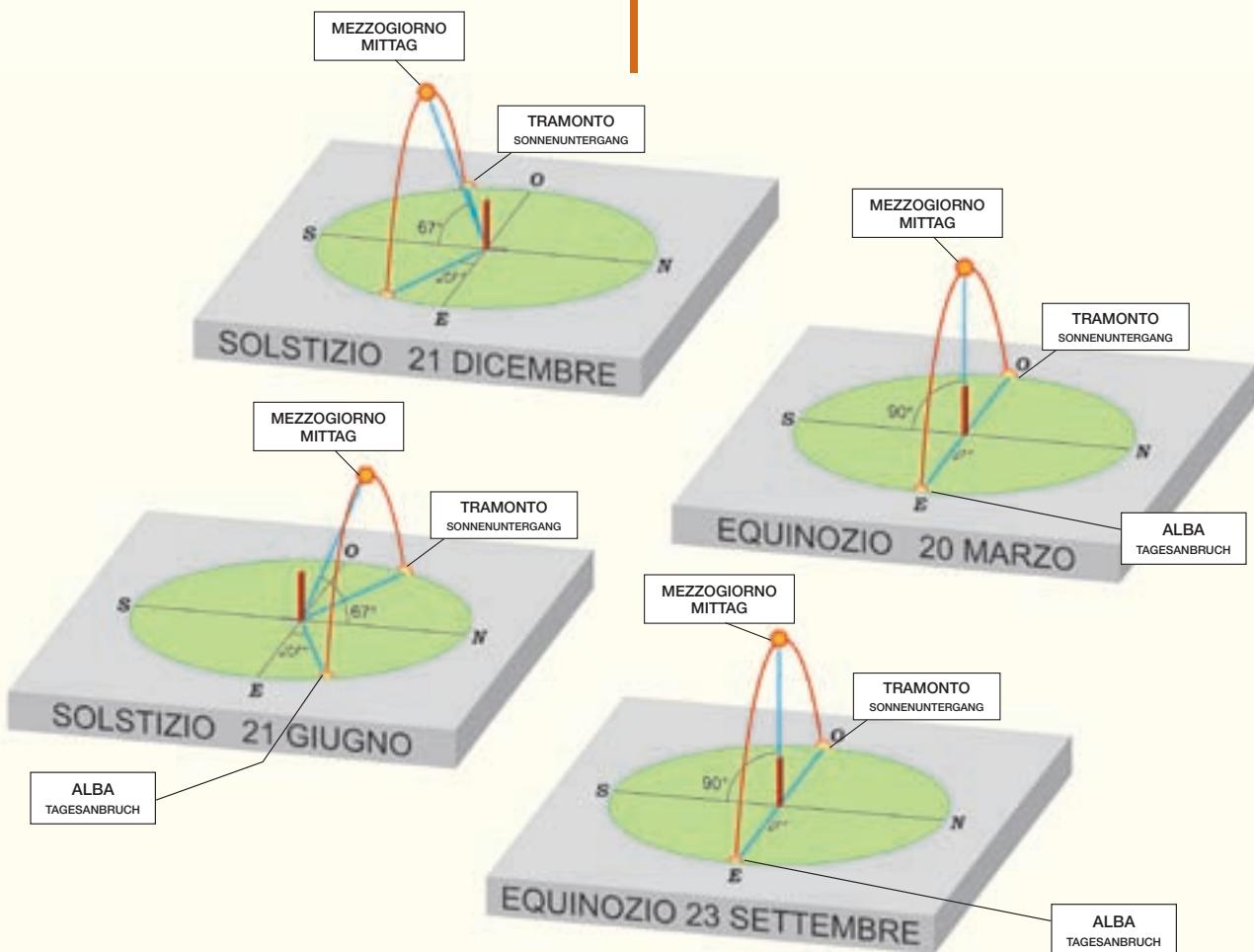


Fig. 11 Il percorso del Sole all'equatore.

Abb. 11: Der Lauf der Sonne am Äquator.

QUAL'È LA POSIZIONE DEL SOLE A MEZZOGIORNO?

A causa della rivoluzione della Terra attorno al Sole e dell'inclinazione dell'asse terrestre, l'altezza del Sole sull'orizzonte a mezzogiorno varia nei diversi giorni dell'anno. Il fenomeno è constatabile misurando la lunghezza dell'ombra proiettata da un palo verticale in vari periodi dell'anno. L'altezza del Sole si misura in gradi: 0° gradi quando si trova sull'orizzonte all'alba e 90° sulla verticale. Si può calcolare l'altezza del Sole sull'orizzonte misurando la lunghezza dell'ombra proiettata da un palo verticale, applicando le regole della geometria piana o della trigonometria. L'altezza α del Sole, in gradi, si ricava misurando, nell'istante del mezzogiorno locale, la lunghezza O dell'ombra prodotta da un palo perpendicolare al terreno di altezza P Fig. 12. Il sito internet: www.vialattea.net/eratostene/index.html, facilita questo calcolo oppure si può usare una calcolatrice scientifica.

$$\text{Altezza Sole} = \alpha = \arctan P/O$$

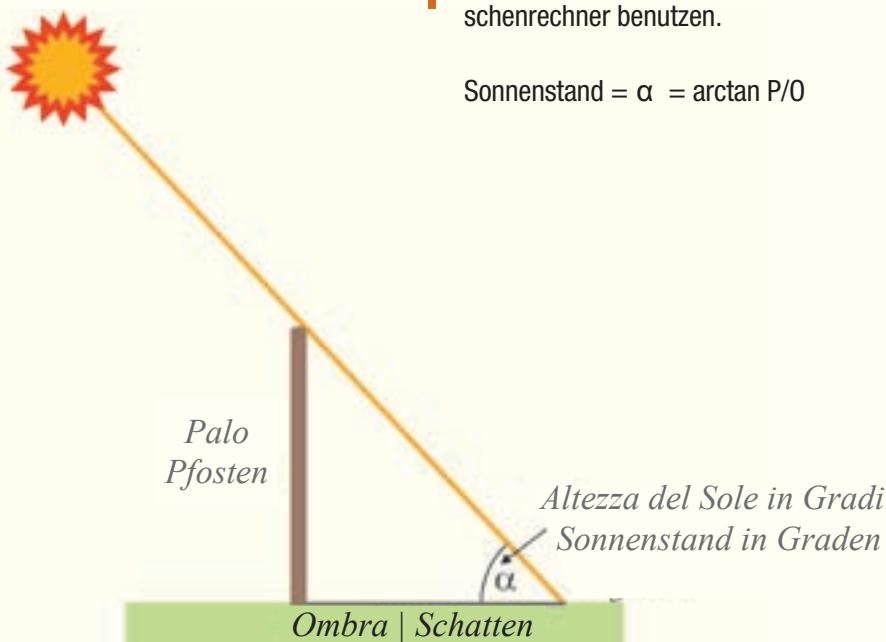


Fig. 12: Ad esempio ad Aiello del Friuli si avranno le seguenti situazioni (vedi anche Fig. 4)

Wegen des Umlaufs der Erde um die Sonne und der Neigung der Erdachse variiert der Sonnenstand am Horizont am Mittag an verschiedenen Jahrestagen.

Das Phänomen ist durch Messung der Schattenlänge feststellbar, die von einem senkrechten Pfosten in verschiedenen Jahreszeiten projiziert wird.

Der Sonnenstand wird in Graden gemessen: 0° Grad, wenn die Sonne sich bei Sonnenaufgang am Horizont und 90° auf der Vertikalen befindet. Man kann den Sonnenstand am Horizont durch Messung der Schattenlänge berechnen, die von einem senkrechten Pfosten projiziert wird, indem man die Regeln der ebenen Geometrie oder der Trigonometrie anwendet.

Den Sonnenstand α in Graden bekommt man, indem man im Augenblick des lokalen Mittags die Länge O des Schattens misst, der von einem senkrechten Pfosten mit der Höhe P , Abb. 12, erzeugt wird. Die Webseite: www.vialattea.net/eratostene/index.html, erleichtert diese Berechnung, oder man kann einen wissenschaftlichen Taschenrechner benutzen.

$$\text{Sonnenstand} = \alpha = \arctan P/O$$

WIE IST DIE POSITION DER SONNE AM MITTAG?

Abb. 12: In Aiello del Friuli zum Beispiel werden folgende Situationen auftreten (siehe auch Abb. 4)

	Data Datum	Altezza del Sole a mezzogiorno Sonnenstand am Mittag
Solstizio d'estate Sommersolstitium	21 giugno Juni	$67^\circ 35'$
Equinozio d'autunno Winteräquinotium	23 sett. September	$44^\circ 08'$
Solstizio d'inverno Wintersolstitium	21 dic. Dezember	$20^\circ 41'$
Equinozio di primavera Frühlingsäquinotium	21 marzo März	$44^\circ 08'$

LA LUNGHEZZA DELLE OMBRE A MEZZOGIORNO

Se prendiamo in esame il giorno del solstizio d'inverno vediamo che il Sole è basso sull'orizzonte e le ombre sono le più lunghe dell'anno, mentre nel giorno del solstizio d'estate il Sole è alto sull'orizzonte e le ombre sono le più corte. Nei giorni degli equinozi si avranno situazioni intermedie. In ogni caso in Italia il Sole non è mai a picco e anche d'estate ci sono ombre a mezzogiorno Fig. 13

La lunghezza delle ombre varia dunque durante una giornata tra il minimo di mezzogiorno e l'infinito nel momento del tramonto quando il Sole è all'orizzonte. La lunghezza dell'ombra a mezzogiorno varia a seconda delle stagioni e della latitudine. Conoscendo l'altezza del Sole in gradi si può calcolare la lunghezza dell'ombra di un palo verticale secondo questa formula:

$$\text{lunghezza ombra} = \text{altezza palo}^* \cotang \text{altezza Sole}$$



Fig. 13 Lunghezza dell'ombra a mezzogiorno ad Aiello del Friuli.

Tabella della lunghezza dell'ombra
di un palo verticale alto 100 cm a mezzogiorno

Es ist Gemeinplatz, dass es am Äquator, am Mittag, keine Schatten gibt, weil die Sonne immer im höchsten Punkt steht. Nichts falscher als das! Am Tag der Äquinoktien beleuchtet die Sonne den Nord- und Südpol gleichzeitig, und infolgedessen fallen die Sonnenstrahlen senkrecht auf den Äquator, und so gibt es am Mittag selbstverständlich keine Schatten (Abb. 11), aber die Situation wechselt mit den Jahreszeiten. Die Sonne steht am Tag des Sommersolstitiums senkrecht im nördlichen Wendekreis, und die Schatten am Äquator richten sich gegen Süden. Am Tag des Wintersolstitiums steht die Sonne senkrecht im südlichen Wendekreis, und die Schatten richten sich gegen Norden. Daher steht die Sonne jeden Tag des Jahres an verschiedenen Orten zwischen den Wendekreisen im höchsten Punkt, aber am Äquator gibt es am Mittag Schatten.

WIE IST DIE
LÄNGE DER
SCHATTEN AM
MITTAG?



Abb. 13: Schattenlänge am Mittag in Aiello del Friuli.

TABELLE FÜR DIE SCHATTENLÄNGE EINES 100 CM-SENKRECHTEN PFOSTENS AM MITTAG

		Aiello	Stockolma Stockholm	Assuan	Equatore Äquator	Polo nord Nordpol	Polo sud Südpol
Solstizio d'estate Sommersolstitium	21 giugno	41.3 cm	72,6 cm	0 cm	43,5	230 cm	Notte Nacht
Equinozio d'autunno Winteräquinotium	23 settembre	103,2 cm	169,1 cm	43,5 cm	0 cm	Infinito Unendlich	Infinito Unendlich
Solstizio d'inverno Wintersolstitium	21 dicembre	263,2 cm	802,8 cm	106,8 cm	43,5	Notte Nacht	230 cm
Equinozio di primavera Frühlingsäquinotium	21 marzo	103,2 cm	169 cm	43,5 cm	0	Infinito Unendlich	Infinito Unendlich

IL CALCOLO DELLA DURATA DELL'ANNO CON L'OMBRA

Quasi tutti i popoli dell'antichità, dall'Asia alle Americhe, erano riusciti a calcolare la durata dell'anno osservando le variazioni della lunghezza dell'ombra di un palo.

C'è un giorno in cui l'ombra, a mezzogiorno, è la più lunga dell'anno (solstizio d'inverno 21 dicembre), poi giorno dopo giorno l'ombra si accorcia fino ad arrivare alla sua minima lunghezza nel giorno del solstizio d'estate (21 giugno). Poi l'ombra si allunga di nuovo fino a ritornare alla sua massima lunghezza il 21 dicembre. I popoli antichi hanno semplicemente osservato questo fenomeno ciclico e contato i giorni che, nell'intervallo di tempo tra le due ombre più lunghe, risultavano circa 365. Per noi, uomini moderni, in questo intervallo la Terra compie un'orbita attorno al Sole, mentre per gli antichi corrispondeva all'alzarsi e abbassarsi del Sole sull'orizzonte Fig. 13.

TABELLA DELLA LUNGHEZZA DI UN'OMBRA PROIETTATA,
A MEZZOGIORNO, DA UN PALO DI 1 METRO
AD AIELLO DEL FRIULI DURANTE UN ANNO

DIE BERECHNUNG DER JAHRESDAUERS MIT DEM SCHATTEN

Fast alle Völker der Antike, von Asien bis Amerika, konnten die Jahresdauer durch Beobachtung der unterschiedlichen Schattenlängen eines Pfostens berechnen.
Es gibt einen Tag, an dem der Schatten am Mittag der längste des Jahres ist (Wintersolstitium am 21. Dezember), dann wird der Schatten jeden Tag kürzer, bis er seine minimale Länge am Tag des Solstitiums im Sommer (21. Juni) erreicht. Dann verlängert sich der Schatten erneut, bis er seine maximale Länge am 21. Dezember erreicht. Die antiken Völker haben einfach dieses zyklische Phänomen beobachtet und die Tage zwischen den zwei längsten Schatten gezählt, es waren etwa 365. Für uns moderne Menschen beendet die Erde in diesem Intervall eine Umlaufbahn um die Sonne, während dies für die antiken Völker dem Sonnenaufgang und dem Untergang am Horizont entsprach, Abb. 13.

TABELLE FÜR DIE SCHATTENLÄNGE AM MITTAG, DIE VON
EINEM PFOSTEN MIT 1 METER LÄNGE IN AIELLO DEL FRIULI WÄHREND EINES JAHRES PROJIZIERT WIRD.

data / Datum		Altezza del Sole gradi Sonnenstand in Graden	Lunghezzadell'ombra mezzogiorno vero Schattenlänge am wahren Mittag
21 dicembre solstizio d'inverno	21. Dezember Wintersolstitium	21.8°	250 cm
20 gennaio	20. Januar	24.1°	223.5 cm
18 febbraio	18. Februar	32.6°	156.3 cm
20 marzo equinozio di primavera	20. März Frühlingsäquinotium	44°	103.5 cm
20 aprile	20. April	55.°7	68.2 cm
21 maggio	21. Mai	64.3°	48.1 cm
21 giugno solstizio d'estate	21. Juni Sommersolstitium	67.6°	41.2 cm
23 luglio	23. Juli	64.2°	48.3 cm
23 agosto	23. August	55.5°	68.8 cm
23 settembre equinozio d'autunno	23. September Herbstäquinotium	44°	103.5 cm
23 ottobre	21. Oktober	32.7°	155.8 cm
22 novembre	22. November	24°	224.6 cm
21 dicembre solstizio d'inverno	21. Dezember Wintersolstitium	21.8°	250 cm

L'equinozio di primavera non si ha più il 21 marzo, ma dal 2008 cadrà al 20 marzo.

Die Frühlingsäquinoktien fallen seit 2008 nicht mehr auf den 21.

LE CURVE DEI SOLSTIZI E LA RETTA DEGLI EQUINOZI

e su una superficie piana orizzontale mettiamo un palo verticale e seguiamo il percorso tracciato dall'estremità della sua ombra durante l'arco della giornata notiamo che questo percorso ha un andamento curvo.

Nei giorni dell'equinozio d'autunno e di primavera il fenomeno cambia e l'ombra traccia una retta nella direzione Est- Ovest.

La curva del percorso dell'ombra, nel giorno del solstizio d'inverno e alla nostra latitudine, è un'iperbole con la concavità rivolta in senso opposto al palo Fig.14 a L'iperbole, con il passare dei giorni, diminuisce la sua concavità fino a trasformarsi in una retta nel giorno dell'equinozio di primavera Fig. 14 b

Nei giorni successivi il percorso dell'ombra ritorna iperbolico con la concavità rivolta verso il palo fino a formare la curva del solstizio d'estate Fig 14 c

Il ciclo continua con l'equinozio d'autunno e il ritorno della retta Fig. 14 d

Guardando queste curve e rette gli antichi astronomi e sacerdoti hanno fissato le date dei solstizi ed equinozi.

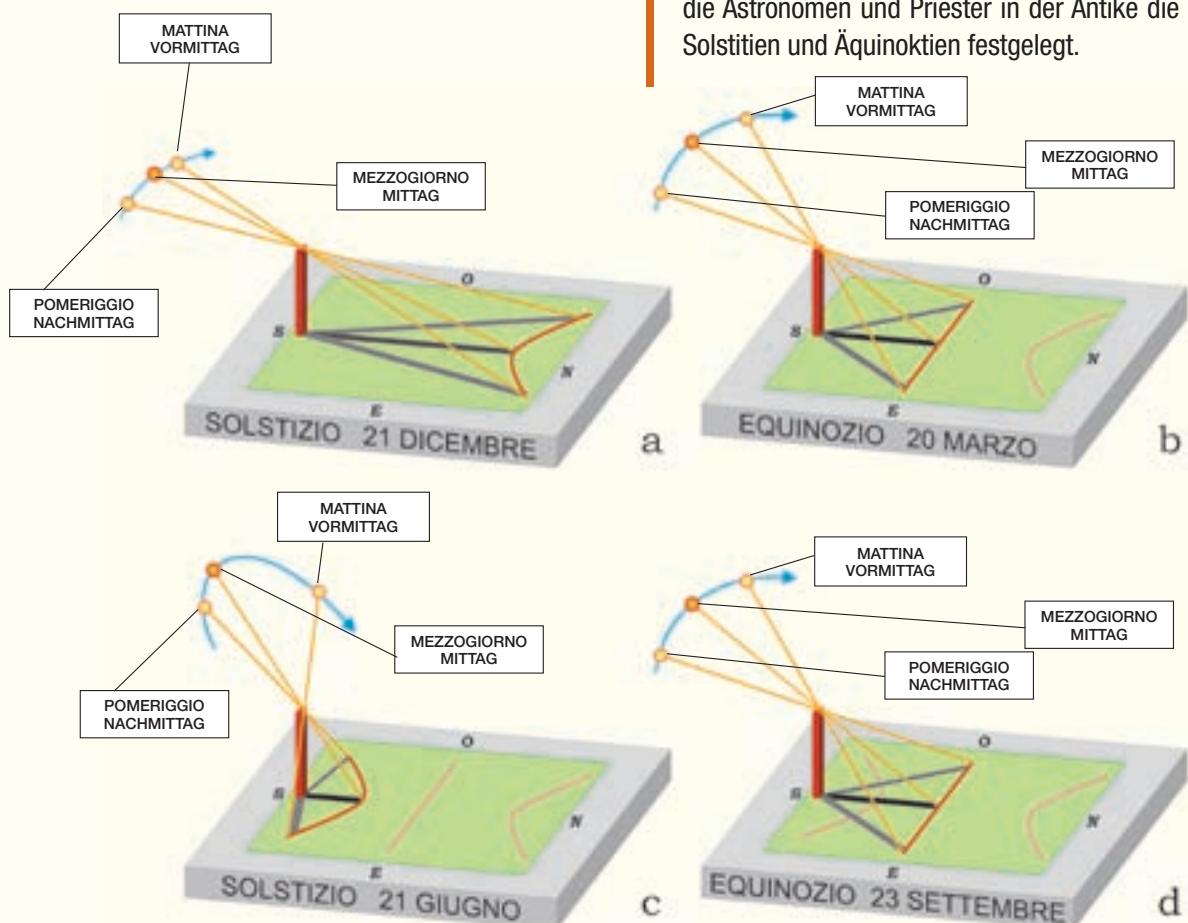


Fig. 14 Le curve dei solstizi e la retta degli equinozi sul piano orizzontale.

DIE KURVEN DER SOLSTITIEN UND DIE GERADE DER ÄQUINOKTIEN

Wenn wir auf eine Ebene, horizontale Oberfläche einen senkrechten Pfosten stellen und die aufgezeichnete Bahn vom Extrem ihres Schattens während des Tagesverlaufs verfolgen, stellen wir fest, dass diese Bahn eine progressive Kurve ist. In den Tagen der Äquinoktien im Herbst und Frühling wechselt das Phänomen, und der Schatten zeichnet eine Gerade in Richtung Ost-West.

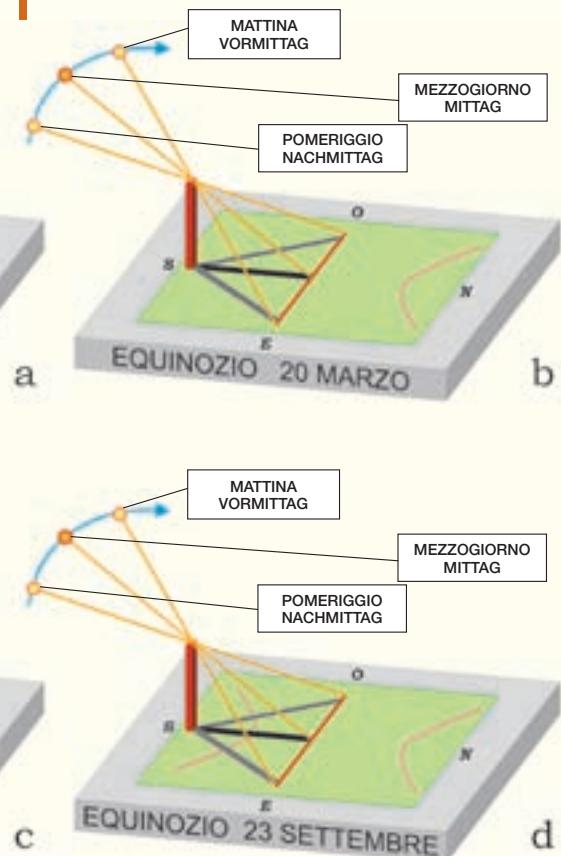
Die Kurve des Schattenverlaufs ist am Tag des Wintersolstiftums und auf unserer Breite eine Hyperbel, deren Konkavität im entgegengesetzten Sinn zum Pfosten gedreht ist, Abb. 14 a.

Die Hyperbel verkleinert im Lauf der Tage ihre Konkavität, um sich bis zum Tag des Äquinoktiums im Frühling in eine Gerade zu verwandeln, Abb. 14 b.

In den darauffolgenden Tagen kehrt der Schattenverlauf hyperbolisch mit der Konkavität gegen den Pfosten gedreht zurück, bis die Kurve des Sommersolstitiums, Abb. 14 c, gebildet ist.

Der Zyklus setzt sich mit dem Äquinoktium im Herbst und der Rückkehr der Geraden, Abb. 14 d, fort.

Durch die Betrachtung dieser Kurven und Geraden haben die Astronomen und Priester in der Antike die Daten der Solstitien und Äquinoktien festgelegt.



14: Die Kurven der Solstitien und die Gerade der Äquinoktien auf der horizontalen Ebene.

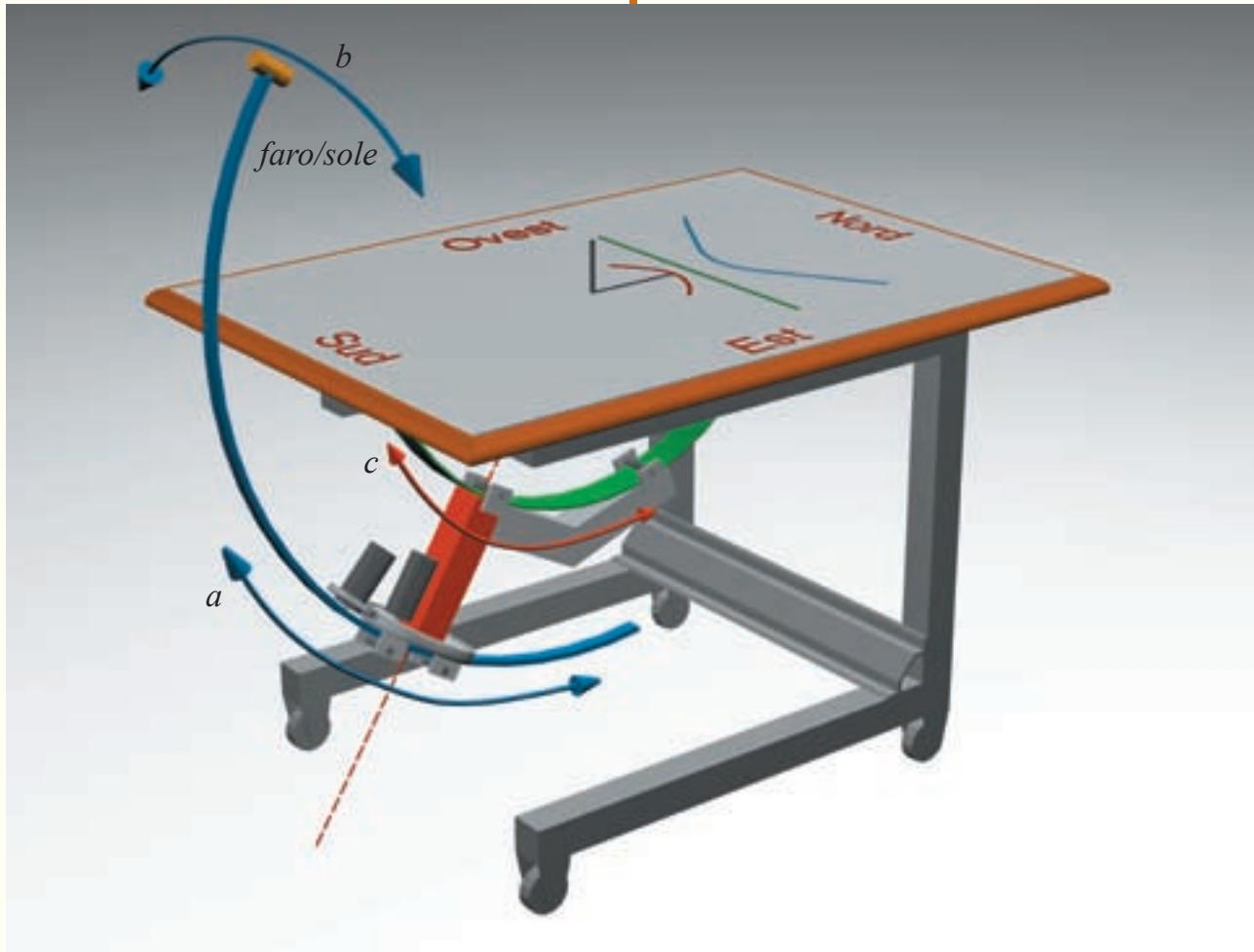


Fig. 15 Rappresentazione del simulatore di ombre orizzontale. La macchina può essere posizionata, operando con il computer, su latitudini da 20° Nord a 70° Nord. L'operazione avviene muovendo l'asse terrestre, segnato in rosso, secondo la freccia c, lungo la slitta di color verde. La data del giorno della simulazione, ovvero l'altezza del Sole, viene cambiata facendo scorrere il semicerchio blu, secondo la freccia a. L'alba e il tramonto sono generati dalla rotazione dal faro/Sole fissato sul semicerchio di colore blu, che ruota secondo la freccia b.

Mentre il faro/Sole si muove lungo l'arco diurno, la curva generata dall'ombra dello stilo o gnomone, sul piano di vetro bianco, può essere disegnata con un pennarello. Cambiando la data e la latitudine si ottengono curve diverse: rette e iperbolici.

Abb. 15: Darstellung des Simulators horizontaler Schatten. Die Maschine kann mit dem Computer auf Breiten von 20° Nord bis 70° Nord eingestellt werden. Dies kommt durch die Bewegung der Erdachse (rot markiert) gemäß des Pfeils und der grünen Gleitvorrichtung entlang zustande. Das Datum des Tages der Simulation (d.h. der Sonnenstand) wird gewechselt, indem man den blauen Halbkreis gemäß Pfeil a verschiebt. Der Sonnenaufgang und Sonnenuntergang werden durch die Rotation des auf dem blauen Halbkreis befestigten Lichts/Sonne erzeugt, der gemäß Pfeil b rotiert. Während das Licht/Sonne sich dem Tageskreis entlang bewegt, kann die Kurve, die vom Schatten des Stifts oder dem Gnomon auf der weißen Glasebene erzeugt wird, mit einem Filzstift aufgezeichnet werden. Mit dem Wechsel von Datum und Breite erhält man verschiedene Kurven: Geraden und Hyperbeln.

IL SIMULATORE VERTICALE

L'apparecchiatura verticale permette di operare le simulazioni solamente alla latitudine di Aiello del Friuli e cioè a $45^{\circ}52'$ nord. Una volta posizionata la parete verticale verso sud si opera sullo schermo per sceglie la data in cui far muovere il Sole/luce. Ciò permette di disegnare con il pennarello le tracce delle ombre in diversi giorni dell'anno. Le curve che si ottengono, unendo con un pennarello i punti segnati ogni $7^{\circ}30'$ del movimento del Sole/proiettore di luce, sono simmetriche rispetto alla linea oraria verticale che indica il mezzogiorno. Cambiando la data si ottengono curve diverse, come nei disegni sopra riportati Fig.16 a.

L'apparecchiatura consente di orientare la parete su altre due posizioni: declinante ad Est e ad Ovest di 30° Fig.16 b e Fig. 16 c. Lo stilo della meridiana resta bloccato nella medesima posizione Nord – Sud, parallelo all'asse terrestre e orientato a mezzogiorno. La posizione dello stilo in una meridiana verticale può essere meglio compresa con le osservazioni sul mappamondo. Facendo muovere il Sole/proiettore di luce si può osservare come a mezzogiorno l'ombra cade sulla retta verticale. Le curve indicanti il percorso dell'ombra, ovvero le curve delle stagioni, non risultano più simmetriche alla linea del mezzogiorno, ma alla proiezione ortogonale dello stilo sulla parete Fig. 16 b e Fig. 16 c.

Fig. 16 a
Muro declinante (rivolto) a Sud



Fig. 16 b
Muro declinante a Sud Est

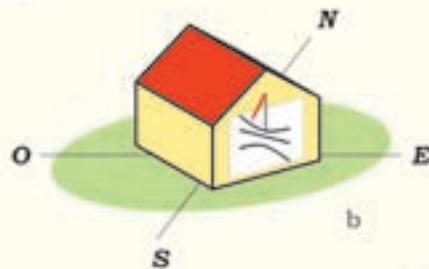
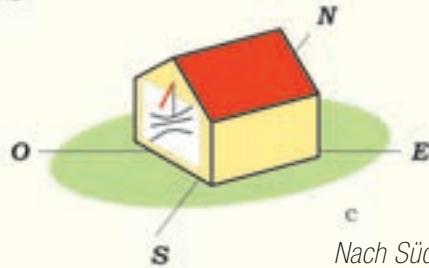


Fig. 16 c
Muro declinante a Sud Ovest



DER VERTIKALE SIMULATOR

Die vertikale Apparatur ermöglicht nur die Simulation auf der Breite von Aiello del Friuli, und zwar auf $45^{\circ}52'$ Nord. Nach der Positionierung der vertikalen Wand gegen Süden arbeitet man auf dem Schirm, um das Datum auszuwählen, an dem die Sonne sich bewegen soll. Auf dieser Weise kann man den Schattenverlauf an verschiedenen Tagen des Jahres mit einem Filzstift aufzeichnen. Die Kurven, die man erhält, indem man mit einem Filzstift die Punkte, die alle $7^{\circ}30'$ durch die Sonnenbewegung/Sonnenprojektor markiert sind, verbindet, sind bezüglich der vertikalen Stundenlinie, die den Mittag anzeigt, symmetrisch. Mit Datumwechsel erhält man verschiedene Kurven, wie in den Zeichnungen in Abb. 16 a dargestellt.

Die Apparatur lässt die Orientierung der Wand auf zwei anderen Positionen zu: Um 30° nach Osten und Westen abweichend (Abb. 16 b und Abb. 16 c). Der Stift der Sonnenuhr bleibt in derselben Nord-Süd-Position blockiert, parallel zur Erdachse und nach Mittag orientiert. Die Position des Stifts auf einer Vertikalsonnenuhr kann man mit den Beobachtungen auf dem Globus besser verstehen. Wenn man die Sonne/Sonnenprojektor in Bewegung setzt, kann man beobachten, wie am Mittag der Schatten auf die vertikale Gerade fällt. Die Kurven, die den Verlauf des Schattens anzeigen (d.h. die Kurven der Jahreszeiten), sind nicht mehr symmetrisch zur Mittagslinie, sondern zur orthogonalen Position des Stifts auf der Wand (Abb. 16 b und Abb. 16 c).

Abb 16 a:
Nach Süden abweichende (ausgerichtete) Mauer

Abb. 16 b:

Nach Südosten abweichende Mauer

Abb. 16 c:

Nach Südwesten abweichende Mauer

FOTOGRAFIA
DEL
SIMULATORE
ORIZZONTALE

BILD DES
VERTIKALEN
SIMULATORS



Fig.17 Il simulatore è formato da una parete che può ruotare per 30° Est e 30° Ovest rispetto al Sud. Lo gnomone invece è fisso, indirizzato alla stella Polare. La macchina evidenzia che nella costruzione delle meridiane verticali si deve calcolare la posizione relativa dello stilo rispetto al muro, in funzione della sua declinazione rispetto al Sud.

bb. 17: Der Simulator besteht aus einer Wand, die sich 30° gegen Osten und 30° gegen Westen bzw. gegen Süden drehen kann. Der Gnomon ist jedoch fest und auf den Polarstern gerichtet. Die Maschine zeigt, wie man in der Konstruktion der Vertikalsonnenuhren die relative Position des Stifts bezüglich der Mauer berechnen muss, abhängig von seiner Abweichung bezüglich Süden.

OMBRE E CURVE PROIETTATE SULLA SFERA TERRESTRE

Sul piano di una meridiana orizzontale osserviamo le due curve del solstizio invernale ed estivo e la retta dell'equinozio, pagina 27, Fig. 14. Riesce sempre difficile comprendere perché la curva si trasformi in retta il giorno degli equinozi e, passando dall'inverno all'estate, cambi la direzione della concavità. La sfera terrestre, simulata dal mappamondo, ci permette di avere una diversa visione di quanto accade alla proiezione dell'ombra di uno gnomone sulla superficie della Terra, che noi percepiamo piatta Fig. 18.

In due giorni dell'anno, il 21 marzo ed il 23 settembre, osserviamo che l'ombra di un palo piantato verticalmente a terra percorre una traiettoria retta. Sul mappamondo vediamo che ciò avviene solo quando la sfera si trova in una posizione particolare rispetto alla luce/Sole e cioè quando l'asse terrestre e l'asse del Sole sono paralleli. In tal caso i raggi del Sole illuminano la superficie terrestre dal Polo Nord al Polo Sud e i raggi sono perpendicolari all'equatore. L'ombra segue il parallelo ma per noi, che abbiamo una visione limitata della superficie terrestre, sembra una retta. In questi giorni il Sole sorge esattamente sul parallelo ad Est e tramonta esattamente sul parallelo ad Ovest.

In tutti gli altri giorni avremo delle curve, più o meno aperte, rivolte verso Sud d'estate e primavera, verso il Polo Nord d'inverno e in autunno. Sulla superficie del mappamondo è fissato uno stilo verticale. La rotazione del modello permette di osservare le curve delle stagioni rappresentate nei disegni a pagina 27 e dalla Fig. 18.

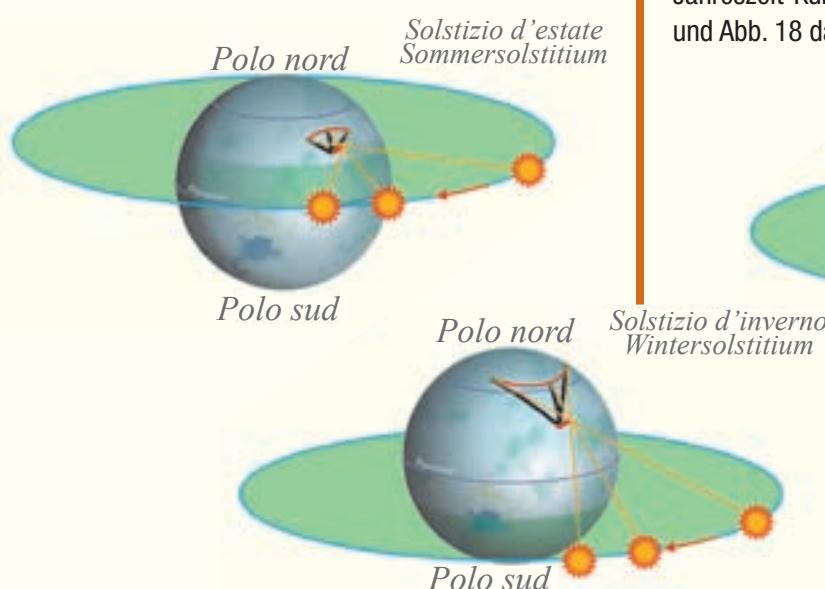


Fig. 18 Il mappamondo con rappresentate le curve dei solstizi e degli equinozi sulla sfera terrestre.

Fig. 14. Riesce sempre difficile comprendere perché la curva si trasformi in retta il giorno

Auf der Ebene einer Horizontalsonnenuhr beobachten wir die beiden Kurven des Winter- und Sommersolstitiums und die Gerade des Äquinoktiums (Seite 27, Abb. 14). Es ist immer schwierig zu verstehen, warum die Kurve sich am Tag der Äquinoktien in eine Gerade verwandelt und vom Winter bis zum Sommer die Richtung der Konkavität ändert. Die vom Globus simulierte Erdsphäre ermöglicht es uns, eine andere Sicht darauf zu bekommen, was bei der Projektion des Schattens eines Gnomons auf die Erdoberfläche geschieht, die wir flach wahrnehmen (Abb. 18).

An zwei Tagen des Jahres, am 21. März und am 23. September, beobachten wir, dass der Schatten eines zur Erde vertikalen Pfostens eine gerade Bahn durchläuft. Auf dem Globus sehen wir, dass dies nur geschieht, wenn die Sphäre sich in einer besonderen Position bezüglich des Lichts/Sonne befindet und dann, wenn die Erd- und die Sonnenachse parallel zueinander stehen. In diesem Fall beleuchten die Sonnenstrahlen die Erdoberfläche am Nord- und Südpol, und die Strahlen stehen senkrecht zum Äquator. Der Schatten folgt dem Breitenkreis, aber für uns, die nur eine beschränkte Sicht auf die Erdoberfläche haben, scheint es eine Gerade zu sein. In diesen Tagen geht die Sonne genau auf dem Breitenkreis im Osten auf und geht genau auf dem Breitenkreis im Westen unter. An allen anderen Tagen haben wir mehr oder weniger geöffnete Kurven, die im Sommer und Frühling nach Süden und im Winter und Herbst zum Nordpol gerichtet sind. Auf der Globusoberfläche ist ein vertikaler Stift befestigt. Die Rotation des Modells ermöglicht die Beobachtung der Jahreszeit-Kurven, die in den Zeichnungen auf Seite 27 und Abb. 18 dargestellt sind.

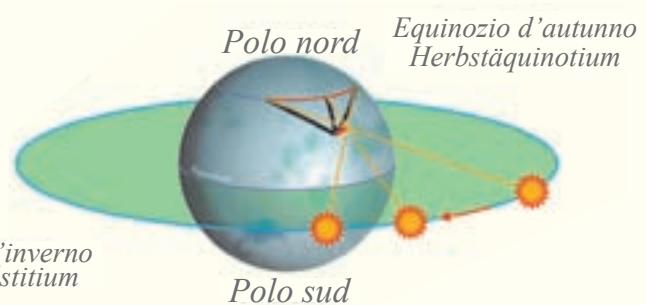


Abb. 18: Der Globus mit Darstellung der Kurven der Solstitionen und Äquinoktien auf der Erdsphäre.

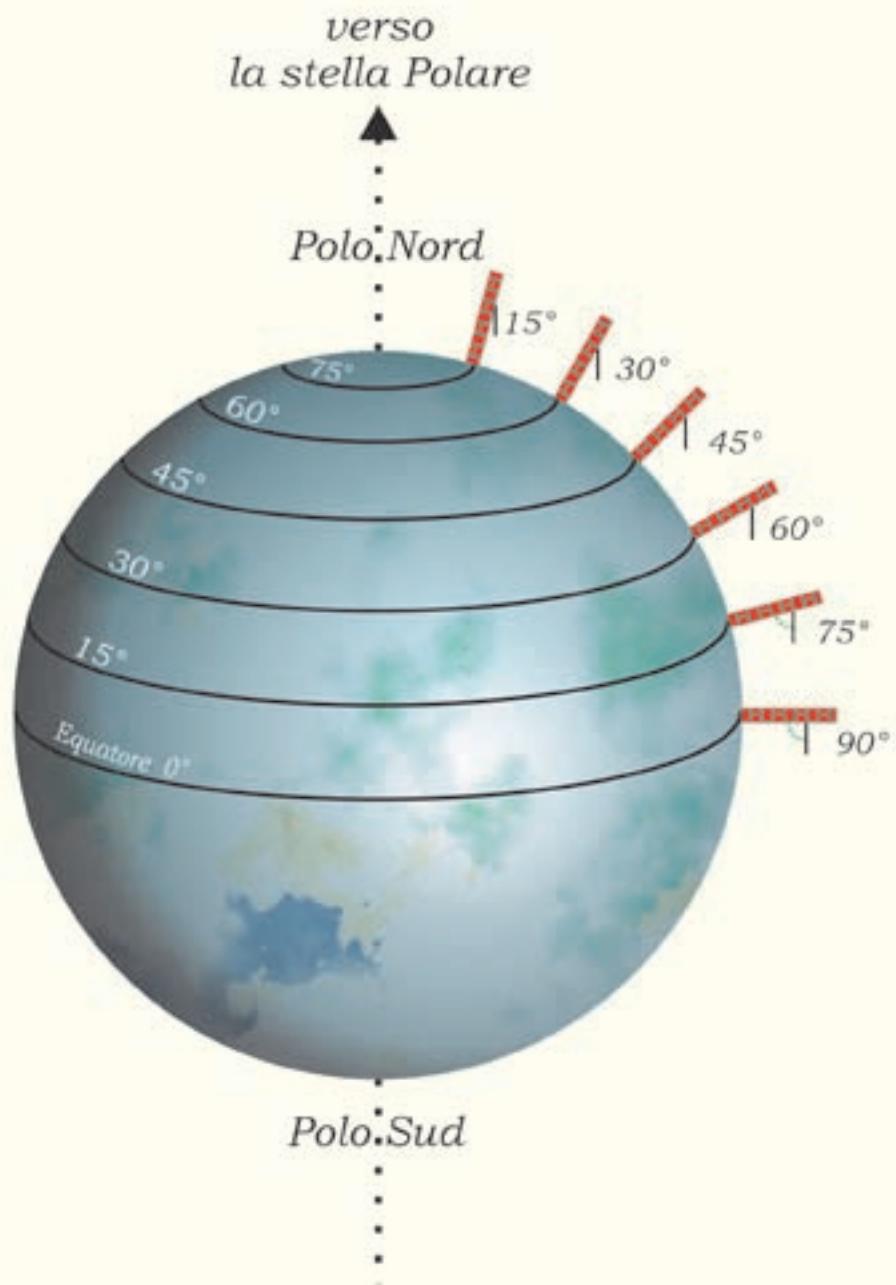


Fig. 19 Mappamondo rappresentante la sfera terrestre con stilizzate sei pareti e rispettivi stili. Gli stili sono posizionati parallelamente all'asse terrestre.

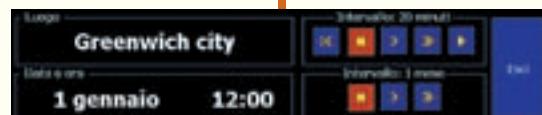
Ruotando il mappamondo di 180° compaiono dei cartoncini verticali che rappresentano le pareti di edifici con infissi gli stili posti parallelamente all'asse terrestre e indirizzati verso la stella Polare Fig. 9 pag 19. Posizionando il mappamondo in modo tale che il Sole/proiettore di luce sia sul meridiano, dove è posta la parete, si osserva che la proiezione dell'ombra cade sulla linea perpendicolare che indica il mezzogiorno. Si può comprendere così che lo gnomone su una parete verticale, è sempre fissato in modo parallelo all'asse terrestre e che in ultima analisi è la parete della casa a determinare la sua posizione apparente.

Abb. 19: Globus mit Darstellung der Erdsphäre mit sechs stilisierten Wänden und entsprechenden Stiften. Die Stifte sind parallel zur Erdachse positioniert.

Wenn man den Globus um 180° dreht, sieht man vertikale Karten, die die Gebäudewände mit darstellen, mit eigenen Stiften, parallel zur Erdachse und auf den Polarstern gerichtet (Abb. 9 Seite 19). Wenn man den Globus so positioniert, dass die Sonne/Lichtprojektor auf die Sonnenuhr gerichtet ist, wo die Wand aufgestellt ist, beobachtet man, dass die Projektion des Schattens auf die senkrechte Linie fällt, die den Mittag anzeigen. Man kann so verstehen, dass der Gnomon auf einer vertikalen Wand immer parallel zur Erdachse befestigt wird und dass ihre scheinbare Position letztendlich durch die Hauswand bestimmt wird.

MANUALE D'USO DELLE MACCHINE PER LE OMBRE E LE MERIDIANE

Nel menu principale si sceglie quale tra le due meridiane si vuole utilizzare. Dalla maschera che appare si può cambiare i principali parametri che influenzano la posizione del Sole, e vederne l'effetto sull'ombra prodotta dallo gnomone.



MOVIMENTI AUTOMATICI

Tramite una serie di pulsanti nella parte alta dello schermo è possibile vedere qual è l'effetto dell'ora e della data sulla posizione del Sole. In particolare, ci sono due tipi di animazioni possibili:



MOTO GIORNALIERO

Si ottiene il percorso normale del Sole nel cielo, dall'alba al tramonto. È interessante notare che solo in corrispondenza degli equinozi (21 marzo e 21 settembre) l'ombra descrive una linea retta.

- ◀ Riporta la meridiana all'alba del giorno corrente.
- Arresta il movimento della meridiana.
- ▶ Sposta il sole fino al prossimo intervallo e si ferma.
- ▶ Esegue automaticamente una sequenza di passi fino ad arrivare al tramonto.
- ▶ Mostra il percorso continuo del Sole, dall'ora corrente fino al tramonto.

MOTO ANNUALE E ANALEMMA

La meridiana indica la posizione del Sole nel cielo, ad un'ora fissata, in vari giorni dell'anno. La figura che si ottiene unendo i punti assomiglia ad un 8, ed è dovuta all'inclinazione dell'asse terrestre e al fatto che l'orbita della Terra intorno al Sole non è circolare ma ellittica

- Arresta il movimento della meridiana.
- ▶ Sposta il sole fino al prossimo intervallo e si ferma.
- ▶ Esegue automaticamente una sequenza di passi.

GEBRAUCHSANWEISUNG FÜR DIE MASCHINEN FÜR DIE SCHATTENTECHNIK UND DIE SONNENUHREN

Im Hauptmenü wählt man, welche der beiden Sonnenuhren man verwenden möchte. In der Maske, die erscheint, kann man die Haupt-Parameter verändern, die die Sonnenposition beeinflussen, und die Wirkung auf den Schatten beobachten, der vom Gnomon erzeugt wird.

AUTOMATISCHE BEWEGUNGEN

Mit einer Reihe von Tasten im oberen Teil des Bildschirms ist es möglich zu sehen, welche Wirkung die Uhrzeit und das Datum auf die Sonnenposition haben. Es sind besonders zwei Animationsarten möglich:

TÄGLICHE BEWEGUNG

Man bekommt die normale Sonnenbahn am Himmel, vom Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang. Es ist interessant zu beobachten, dass der Schatten nur auf der Höhe der Äquinoktien (21. März und 23. September) eine gerade Linie beschreibt.

- ◀ Setzt die Sonnenuhr beim Sonnenaufgang des gegenwärtigen Tages zurück.
- Hält die Bewegung der Sonnenuhr an.
- ▶ Bewegt die Sonne bis zum nächsten Intervall und stoppt.
- ▶ Führt automatisch eine Durchlaufsequenz bis zum Sonnenuntergang aus.
- ▶ Zeigt den kontinuierlichen Lauf der Sonne, von der gegenwärtigen Uhrzeit bis zum Sonnenuntergang.

JAHRESBEWEGUNG UND ANALEMMA

Die Sonnenuhr zeigt die Sonnenposition am Himmel, zu einer bestimmten Zeit, an verschiedenen Jahrestagen. Die Figur, die man erhält, indem man die Punkte verbindet, gleicht einer 8 und wird durch die Neigung der Erdachse und aufgrund der Tatsache bestimmt, dass der Orbit der Erde um die Sonne nicht rund, sondern elliptisch ist.

- Hält die Bewegung der Sonnenuhr an.
- ▶ Bewegt die Sonne bis zum nächsten Intervall und stoppt.
- ▶ Führt automatisch eine Durchlaufsequenz aus.

SCELTA CITTÀ (solo meridiana orizzontale)

È possibile richiedere alla meridiana orizzontale di rappresentare il sole in una diversa città, per la meridiana orizzontale, premendo sull'area "Luogo". Dalla maschera che si apre è possibile selezionare la località sia scegliendo il paese e successivamente la città dagli elenchi nella parte superiore, o premendo direttamente su un punto sulla mappa. Per confermare la scelta, selezionare "Imposta".

La meridiana orizzontale permette di scegliere qualunque città di latitudine compresa tra 30° N e 70° N (corrispondenti circa, rispettivamente, ad Alessandria d'Egitto e a Trømso, in Norvegia). La meridiana verticale è invece fissata sempre sulle coordinate geografiche corrispondenti ad Aiello del Friuli.

Nel caso che la città scelta non sia attualmente illuminata, l'ora sarà automaticamente regolata in maniera da arrivare comunque alla locale alba o al tramonto.

N.B. Quando si cambia luogo, è come se ci si trasferisse istantaneamente da una città all'altra. Il Sole rimane fisso rispetto alla Terra, e di conseguenza la meridiana si deve spostare per indicare la diversa posizione (apparente) del Sole rispetto al nuovo punto di osservazione.



SCELTA DATA E ORA

Premendo sull'area "Data e Ora" si può variare la data e l'ora associate alla città attualmente scelta, sia agendo manualmente su ciascuna componente, sia selezionando una delle impostazioni rapide della data o dell'ora. In particolare, il pulsante "Alba" calcola l'ora in cui il sole sorge dall'orizzonte per la città e la data correntemente selezionata. Per confermare la scelta, premere "Imposta".

Nel caso che la città non sia illuminata, l'ora sarà automaticamente regolata alla locale alba o al tramonto.



AUSWAHL DER STADT (nur horizontale Sonnenuhr)

Es ist möglich, auf der horizontalen Sonnenuhr nach der Darstellung der Sonne in einer anderen Stadt zu fragen, für die horizontale Sonnenuhr, indem man auf „Luogo“ (PLACE?) drückt. In der Maske, die sich öffnet, ist es möglich, den Ort auszuwählen, sei es, indem man das Land und im Nachhinein von der Liste im oberen Teil die Stadt auswählt, oder indem man direkt auf einen Punkt auf der Karte drückt. Um die Wahl zu bestätigen, wählt man „Imposta“ (SET?).

Die horizontale Sonnenuhr ermöglicht die Wahl irgendeiner Stadt auf den Breiten zwischen 30° N und 70° N (etwa Alexandria in Ägypten bzw. Tromso in Norwegen). Die vertikale Sonnenuhr jedoch ist immer auf den geografischen Koordinaten, die Aiello del Friuli entsprechen, befestigt.

Im Fall, dass die gewählte Stadt gegenwärtig nicht beleuchtet ist, wird die Uhrzeit automatisch so geregelt, dass man schließlich beim lokalen Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang ankommt.

N.B.: Wenn man den Ort wechselt ist es, als ob man plötzlich von einer Stadt in die andere versetzt würde. Die Sonne bleibt bezüglich der Erde fix, und demzufolge muss die Sonnenuhr sich verschieben, um die andere Position (scheinbar) der Sonne bezüglich des neuen Beobachtungspunktes anzugeben.

AUSWAHL DES DATUMS UND DER UHRZEIT

Wenn man „Data e ora“ (date and time?) auswählt kann man das Datum und die Uhrzeit der ausgewählten Stadt variieren, sowohl durch manuelle Bewegung jeder Komponente, als auch durch Auswahl einer der schnellen Einstellungen von Datum oder Uhrzeit. Besonders die Taste

„Alba“ (dawn?) berechnet für die Stadt und das allgemein ausgewählte Datum die Uhrzeit, zu der die Sonne am Horizont aufsteigt. Um die Wahl zu bestätigen, wählt man „Imposta“ (SET?).

Falls die Stadt nicht beleuchtet ist, wird die Uhrzeit automatisch so geregelt, dass man beim lokalen Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang ankommt.



The laboratory

THE SUN AND THE MEASURING OF TIME

Nowadays in western countries people's daily routines are forcibly organized around overlapping appointments and frantic timetables, leading to increasingly faster rhythms of life. This neurotic way of conceiving and managing time - at present seemingly accepted as "normal" - is however not more than a hundred years old, and has reached extraordinary peaks only in the past few decades. In order to touch the current extremes, human beings have had to stray from an old, more biologically balanced pattern according to which one should rest during the darkness of the night, and be stimulated by the light of daytime.

In view of the content of this pamphlet, what it is important to notice in this respect is that the link between light and darkness is actually represented by shadows, whose presence is marked by an absence, meaning by the absence of light. Such paradoxical ambiguity has for long intrigued human beings, who have given birth to a metaphorical language that to "the absence of light" has not always been benevolent: we commonly use, in fact, sentences such as "to conspire in the shadow" or "to put someone in the shade" to refer to conditions we judge negatively. The connotation that shadows have been given, however, doesn't do justice to them: humanity, in fact, could not live without them, as that would mean that there is no light. Indeed, in the old days, only the dead were thought not to have a shadow, and even Peter Pan had to capture his shadow and stitch it to his feet in order to live in peace. Shadows were the main instrument of investigation for astronomers. Eratosthenes measured the circumference of the Earth; Aristarchus calculated the distance from the Sun; Galileo discovered valleys and mountains on the moon and measured their altitude with the help of his telescope.

Humanity from the savannah to agricultural civilisation

Let us consider how we arrived at the measurement of time.

The shadow produced by the Sun (but also by the body itself of the humans who lived in the savannah) - which shrank as the hours went past towards midday, and then extend again as sunset approached - constituted the first solar clock, the first sundials. Apparently this was deemed important, as the possibility of calculating the amount of time necessary to reach home, for instance, hence reducing the risks brought by darkness, meant increasing the probability of survival.

During the complex passage from a lifestyle based on hunting and gathering, to what we now generally consider a more stable one based on agriculture, the human body was substituted by a post or a stone in the registering of the movement of the sun and the flowing of time. It is believed that, according to the lack or abundance of food provided by agriculture, some people had the chance to dedicate themselves more intensively than others to this sort of study. Such investigations themselves probably contributed to increasing food reserves, thanks to a progressively more precise calculation of the cycle of seasons and consequent scheduling of the sowing. This phase was marked by the observation of the line of the equinoxes and of the curves of the summer and winter solstices.

Time measurement and unequal hours

The first reliable source of information regarding the division of diurnal day in 12 parts can be attributed to the Assyrians, dating back to the VIII century B.C., while both the division of the day in 24 hours and the division of the year in 365 days come from the Egyptians. The observation of the stars, of the eclipses, of the alternation of the seasons – once mysteries – were the exclusive prerogative of the priests, who made them instruments of domination and social control.

The Ancient Greeks were those who developed the science of constructing Sun-based instruments in the West, as they were always in close contact with the Middle Eastern world.

The Romans adopted the Greek techniques, but during the first century A.D. their knowledge was still superficial and unrefined, as it often happens in developing empires. The sundial that the Romans had plundered in Syracuse, for instance, was rebuilt in Rome without taking notice of the variation of the latitude; so it marked the wrong time for two centuries.

The time-measuring method adopted in the Roman world is called "Ancient", "Judaic", or "Temporal-unequal hours": the day was divided into 12 parts, the length of which varied from summer to winter between 75 and 45 minutes. Given this, we can easily understand how our way of perceiving and experiencing time changed when the hours were allocated a constant duration.

In the West, after the fall of the Roman Empire, the custody of time and the knowledge about it remained for centuries under the control of the monasteries, where time was dedicated mainly to God, and to a minor extent to commerce. In the VII century, sundials were simple, of semi-circular shape, with vertical walls, and functioned as solar clocks; day time was divided into 6 or 8 sections. Such divisions, now known as "Canonical Hours", corresponded to religious du-

ties: Laudes at dawn, Sexta or Angelus at midday, Vesper or Ave Maria at sunset. They were certainly functional to a non-frantic or non-hectic lifestyle.

Sundial and numbers from the East

In the 1200s, during the period of the Crusades, Fibonacci from Pisa learned mathematics from the Arabs during his voyages in the Middle East, and published "Liber Abbaci". The introduction of algebra in the West, thanks to the cultural and scientific contribution of the Arabs, and the innovation brought about by trigonometric calculation at the end of the 1600s, permitted the mathematical planning of sundials. The actual material realisation of sundials was improved by this planning, as before the construction had been based solely on the observation of the movement of the shadow or on its geometrical development.

The Venetians, who were traders and entrepreneurs in need of more refined instruments, gave a great spur to the European-wide spreading of this new science learnt in the Middle East. They promoted a particular type of sundials, called "Italic hours sundials", and with them the days started to be divided into 24 hours starting at sunset. Descriptions of everyday life that witnessed the use of Italic hours can be found in "Diarii Udinesi" written at the end of the 15th century, where it is stated that "[XY]... was born on Sunday March 2nd 1462 and baptised at the 20th hour....".

The people described in the above passage must not have been late-night revellers, as at the beginning of March sunset was at 17.50 (namely Italic hour 24.00) and therefore the 20th hour corresponded to about 13.50.

At the same time, Babylonian sundials also underwent a widespread diffusion. Babylonian sundials divided the day into 24 hours, however starting at dawn.

Cohabitation of mechanical clocks and sundials

We then arrive at the era of the first mechanical clocks. In central Europe the production of the first mechanical clocks was started during the 1400s, thanks to the boost given by economic necessities, and also probably because of the fact that it was not always possible to measure the time using the Sun. They were improved in the 1600s thanks to the implementation of Galileo's principle of the isochronism of the oscillations of the pendulum.

The "clock", literally the time-marking automatic bell, came into being along with mechanical timepieces, and it constitutes the fundamental element for the development of automation in modern times. In fact the clock, rather than the locomotive, represents the key instrument - good or bad - for the industrial revolution.

After the construction, in 1321, of the mechanical clock tower of Norwich Cathedral, another 400 years of technological development have been needed to transform mechanical clocks into precision chronographs; but during those centuries sundials were used to correct the errors. It was in this era that a new way of measuring the time with sundials, known as the "French method", became popular. Clocks needed to be adjusted in a less vague way than the previous method allowed with its dawn-sunset scale and oblique line to mark midday. In French method sundials, midday became a vertical straight line that indicated the real midday and the counting of the hours started after midnight. The day has remained divided into 24 equal parts since then, with midday coinciding with the number 12. This is the method we use today.

The telegraph and the disappearance of solar clocks

By the end of the 19th century, the precision chronographs, thanks to new technology, was such that sundials lost their usefulness. The invention of fast means of transportation and especially of the telegraph made it necessary to introduce, firstly, Official Time and, secondly, time zones. This happened in London in 1848, in Italy in 1898. It could no longer be acceptable that a telegram sent from Venice at 11.00 would reach Turin at 10.40.

Sundials return with the advent of computers

Sundials were basically no longer mentioned for about a century. Only the development of computer technology in the 1980s brought them back to people's attention, thanks to the relative ease with which computer programs help the calculation of the parameters necessary for their realisation. Sundials made a comeback not as an instrument, but as a game, as a decorative element on the walls of houses and in squares.

At the beginning of the 1980s, we produced the first calculation program; then a gnomonist movement was started in Friuli, thanks to Leonardo Comini and Aurelio Pantanali, who is its inspirer and driving force.

The Town of Sundials

This is how Aiello del Friuli then became the Town of Sundials. In order to give it more prestige, we could claim that the vocation of the town for sundials can be found in Roman times, thanks to the finding of numerous hemispherical

sundials in the countryside around the area. As a matter of fact, though, the starting point has to be looked for in the science laboratory of Aiello Junior High School, directed by the headmaster Professor Giuseppe Marcante, who has shown particular concern for the principles of active learning.

One of these educational methods regarded the study of the Sun and of Time. To make it very simple, pupils were given a right-angle ruler, a sunny town square, a tape measure, lines sheets of paper and pencils. The subject was introduced by providing outlines about the Copernican and Ptolemaic systems. The work of observation during two days of the year, marking the apex of the shadow projected by the right-angled ruler on the square with a piece of chalk, produced the two curves of the seasons, as well as the time lines. Taking the measurements and drawing the results to a scale on a squared sheet was a useful and concrete exercise of calculation and production.

Understanding solar clocks without mathematics

Ideas and experimentation elaborated in the courtyard of the Middle School turned out to be useful to two teachers from Aiello, Franco Bressan, Caterina Zimolo and to, an engineer, Luigi Castelli in the designing of a manual prototype of a sundial for the Palmanova town square, that was exhibited at the 1985 edition of the "Biennale Architettura".

Starting from this model, which showed the paths of the Sun and of the shadows very well, and from the experiences at school, we designed and realised three automatic didactical appliances.

These allow the observation of the shadow projected by a pole on any given day of the year at different latitudes, without the need of mathematical calculations, through the simulation of the movement of the Sun. It is now possible, in an hour, to review and deepen the irreplaceable observations made and registered during the year.

The horizontal appliance allows a better comprehension of the way in which the cycle of the seasons might be foreseen through the observation of the shadow, and can be operated by choosing the options on a computer screen.

The vertical appliance, together with a rotating globe, allows instead the comprehension of that which cannot be sensed by looking at a sundial drawn on a wall; i.e. must the wall be facing south? Should the pole be perpendicular to the wall? Why is it inclined? Why do the curves of the seasons have such a strange shape? These are questions that can be answered with simple operations and observations. Without the need for complex trigonometric calculations, by looking at the sphere and at the silhouettes placed at different latitudes and inclinations, it is possible to observe that all the poles are parallel to terrestrial axis; this is the only way by which the shadow may fall on the vertical line at midday.

There are various programs that can simulate such situations on a computer, but we think that they lack the concreteness and the pleasure of playing, of operating true non-virtual instruments. We used information technology, but only to get the machines going.

The role of Malignani High School

The equipment was created by Malignani High School and by the Technical Institute of Nova Gorica, thanks to an inter-regional project regarding scholastic tourism promoted by the Town Council of Aiello. The executive project and the realisation of all the electro-mechanic components are due to Ranieri Burelli's capacities and priceless commitment; he is one of the increasingly rare people capable of getting hands, brain and eyes to co-operate, in a society that tends, in schools, to render such skills evermore marginal.

Carlo Bressan e Franco Bressan

THE MOVEMENTS OF THE SUN

Humans have been investigating the movement of the stars and the Sun on the heavenly vault for millennia; but, because of the perspective related to the point of observation, still behave as if they assumed that the Sun rotated around the Earth. The relativity of the apparent movement is caused by:

- 1)the rotation of the Earth around the polar axis, that lasts about 24 hours and determines the alternation of nights and days, marked by the rising and setting of the Sun.
- 2)the movement of the Earth around the Sun along an elliptical orbit that lasts a year (about 365 days). The plane of the Equator is not parallel to the plane of the orbit around the Sun, but it is instead inclined by $23^{\circ}27'$. Its inclination determines the cycle of seasons.

A full-year tracking of the movements of the Sun on the celestial sphere, lead us to the conclusion that the Sun follows an ecliptic circle, inclined by $23^{\circ}27'$ in respect to our equator (Picture 1).

Picture 1 page 10: Representation of the Earth inside the celestial sphere around which the (apparently) Sun moves. In this model the Sun covers the whole ecliptic in one year; when it gets to the points Ω and γ we have the Equinoxes, whilst at the points δ and ς we have the Solstices.

In order to comprehend the functioning of sundials we must assume that the Sun repositions itself on an imaginary celestial sphere with a very large radius, at the centre of which stands the Earth. In this sense we could state, incorrectly, that the Sun is in motion. It would not be a complete mistake, though: when we take into consideration only two objects and their reciprocal movements - in this case the Sun and the Earth -, it doesn't matter which one moves and which one is still. Therefore, in order to obtain correct answers to the problems that arise from of our point of view, we represent the Earth as fixed, and the Sun rotating around it.

The science of sundials actually consists in determining the reciprocal positions of the Sun and the Earth, which get highlighted by the shadows. When talking about solar clocks, we can therefore disregard the Copernican heliocentric model without introducing mathematical errors.

The picture below represents the Copernican model (Picture 2), while Picture 3 shows the Ptolemaic one, obsolete today but functional to the study of sundials.

Picture 2 page 11: Copernican model: the Earth rotates around the Sun

Picture 3 page 11: Ptolemaic model: the Sun rotates around the Earth

WHERE DOES THE SUN RISE AND SET?

According to a very common opinion, the sun rises in the east and then sets in the west, but this statement is only partially true, as we can find the Sun in these exact positions only during the spring and autumn equinoxes. The dates of the equinoxes are not fixed and can vary by one day; for example, for the next few years, the spring equinox will fall on March 20th.

The drawings in Picture 4 show the path followed by the trajectory of the Sun during the entire year. During the spring and autumn equinoxes the Sun rises in the east and sets in the west.

In spring and summer, the Sun rises in the north-east and sets in the north-west. In autumn and winter, it rises in the south-east and sets in the south-west.

Picture 4 page 12: The drawings represent the position of the Sun in Aiello del Friuli during the year. The position of the Sun changes every day of the year in respect to the east-west axis: from 34° south on the day of the winter solstice, to 35° north on the day of the summer solstice.

Data regarding the position of the Sun at any location and the exact days of the solstices and equinoxes are obtainable from the website of the US naval Observatory: <http://aa.usno.navy.mil/>.

HORIZONTAL SOLAR SIMULATOR

A spotlight simulates the Sun, projecting a beam of parallel-rayed light towards the vertical pole that represents the gnomon. The Circular path of the lamp points at the apex of the stick and runs along the terrestrial axis, which is represented by the structure that is underneath the plain.

The movements and the positions of the Sun at any given day and time of the year, and the latitude of the location are computer-controlled.

The configuration of dawn and sunset of any day of the year can be obtained by positioning the horizontal simulator on the latitude of Aiello del Friuli ($45^{\circ}52'$), and then setting off the movement of the lamp that represents the Sun.

Picture 5 page 13: Picture of the horizontal shadow simulator. The movements of the lamp/Sun are operated by a computerised device that controls the activity of the engines step by step. The plain is made of a white glass panel on which the points, lines and curves needed to design a horizontal sundial can be marked.

WHEN IS MIDDAY?

At dawn the shadows are very long; their length decreases as the Sun rises in the sky. At a certain point of the day, the shadows get to their shortest length, and then they start stretching again until sunset.

In Ptolemaic terms, the Sun rotates around the Earth following the diurnal arch. In the morning the shadow is west of its object (Picture 6a); however, there is a moment when the shadow of the pole coincides with the meridian where the pole is planted (Picture 6b); then it finally proceeds towards the east in the afternoon (Picture 6c).

The moment in which the shadows reach their shortest length and are facing north is midday.

In the very same moment, the Sun is at its highest position in the sky, aligned with the meridian of the location. This moment is also called transit, solar midday or real midday.

Picture 6 page 14: Ptolemaic model, with the one day long journey of the Sun around the Earth.

HOW TO CALCULATE MIDDAY AT A GIVEN LOCATION

For centuries human beings adopted the local time, which changed from place to place. This situation did not create problems as long as humans walked to places; but, after the construction of the railways, train timetables became difficult to manage using local hours.

In 1880, an international committee decided to divide the globe into 24 time zones, limited by 2 meridians, all placed at a distance of 15° of longitude from one another. Within each time zone all the locations adopted the time of the so called "central meridian", the meridian that defines the time zone, ignoring the local hours.

How can one know when local midday is, then, and when the Sun exactly coincides with the local meridian?

Method 1: Using internet

The fastest and least complicated way to know the exact position of the Sun at a given location is by browsing the website <http://aa.usno.navy.mil/> and filling in the form with the data relative to the latitude, the longitude and the date.

Method 2: Using the corrections of the longitude and of the Time Equation

a) Correction of the longitude.

The time on the clock is the time at the meridian that crosses the centre of our time zone, which is 15° wide; therefore the Sun takes 4 minutes to move by 1° ($60 \text{ minutes} : 15^\circ = 4 \text{ minutes}$)

The difference in longitude at our location in respect to the central meridian is then worth 4 minutes for each degree: positive if the location lays to the west, negative if it lays to the east of the central meridian.

Picture 7 page 15: The drawing represents the time correction to be applied at each location in respect to the central meridian of our time zone.

b) Correction of the time equation.

The passage of the Sun on the local meridian does not take place exactly every 24 hours: the time varies because of the differing speed of the Earth around the Sun and of the obliquity of the ecliptic plane.

Our mechanical clock has a uniform motion, and considers days to always be made of 24 hours (Average Solar Day), which however differs from the Real Local Day, the length of which is instead not always of 24 hours. Such difference is called Time Equation.

Time equation = Average Solar Day - Real Local Day

This difference in minutes is obtainable from the schedule below and varies from one day to the other.

TIME EQUATION CHART IN MINUTES AND SECONDS

The time of the local midday can be easily calculated using the following equation:

Time on the clock = $12.00 \pm$ Time equation \pm correction of the longitude

Example:

The meridian that defines the time zone of Aiello (the so called "central meridian") lays 15° east of Greenwich

The approximate longitude of Aiello is 13° east of Greenwich

The difference in longitude between the location of Aiello and the central meridian is: $15^\circ - 13^\circ = 2^\circ$

2° correspond to 2×4 minutes = + 8 minutes correction, as Aiello is located west of the central meridian.

Date: August 5th; the Time equation for August 5th is equal to + 6 minutes

Time on the clock = $12.00 + 6$ minutes + 8 minutes = 12.14

Therefore on August 5th the local midday in Aiello is at 12.14

(Note that during Daylight Savings 12.00 hours on the clock correspond to solar 13.00 hours)

Picture 8 page 17 : The graph represents the course of the Time Equation during the year.

THE ROTATING GLOBE

This machine is constituted of a globe, with a diameter of 1 metre, rotating around its own axis, and a lamp (the Sun) that illuminates it with a parallel-rayed beam of light. On the surface of the globe we placed representations of "walls" and gnomons. The rotation of the globe allows us to observe that midday is when the shadow of the sticks falls just on the meridian, facing north.

Illuminating the globe with the lamp and making it rotate, we can obtain what is shown in Picture 6 a, b, and c.

Picture 9 page 18: Image of the fibreglass globe rotating around its own axis; it can be inclined in respect to the parallel-rayed beam of light in order to simulate the illumination of the terrestrial sphere during the various seasons of the year.

THE HEIGHT OF THE SUN AT DIFFERENT LATITUDES

During a whole year of observations, it can be noticed that the Sun runs along arches that are increasingly higher as summer arrives, and increasingly lower as winter comes along. This daily variation of the height of the Sun, measured in degrees starting from its position at the Equinox, is called Solar Declination, and is a consequence of the inclination of the terrestrial axis (Picture 10). The value of the declination of the Sun is the same for any location on the Earth, and it varies from a minimum $d = 0$ during the Equinoxes, to a maximum positive value of $d = + 23^{\circ}27'$ during the Summer Solstice, and to a minimum negative value of $d = - 23^{\circ}27'$ during the Winter Solstice.

(Didascalie del disegno: Zenith, latitude, positive declination of the Sun, negative declination of the Sun, Summer Solstice, Equinoxes, Winter Solstice, N E S W)

Picture 10 page 19: The annual path followed by the Sun in the sky from an observation point located 50° north.

The height of the Sun at midday depends also on the latitude of the location, and can be measured according to the following equations:

On the day of Spring and Autumn Equinoxes: Height of the Sun = $90 - \text{latitude}$

On the day of Summer Solstice: Height of the Sun = $90 - \text{latitude} + 23^{\circ}27'$

On the day of Winter Solstice: Height of the Sun = $90 - \text{latitude} - 23^{\circ}27'$

However, the calculation of the height of the Sun at midday on any given day of the year must take into consideration the value of the declination of the Sun, which varies daily, as indicated in the following chart:

The following equation is used to calculate the height of the Sun at midday any day of the year:

Height of the Sun = $90 - \text{latitude} \pm \text{declination corresponding to the date}$

The same equation can be used, therefore, to calculate the latitude of the location, after having measured in the same way the height of the Sun:

Latitude = $90 - \text{height of the Sun} \pm \text{declination corresponding to the date}$

ARE THERE SHADOWS AT THE EQUATOR?

According to folklore, there are no shadows at the Equator at midday, as the Sun is always at its peak. Nothing could be falser! On the day of the Equinoxes, the Sun illuminates both the North and the South Poles at the same time, and consequently the rays of the Sun fall perpendicularly to the Equator, and obviously at midday there are no shadows (Picture 11), but things change with seasons. On the day of the Summer Solstice, the Sun is perpendicular to the Tropic of Cancer and at the Equator the shadows point south. On the day of the Winter Solstice, the Sun is perpendicular to the Tropic of Capricorn and at the Equator the shadows point north. Therefore the Sun is perpendicular to different locations included within the Tropics every day of the year and there will be shadows at the Equator at midday.

Picture 11 page 22: The journey of the Sun at the Equator.

WHAT IS THE POSITION OF THE SUN AT MIDDAY?

The height of the Sun at midday in respect to the horizon varies each day of the year, due to the revolution of the Earth around the Sun, and to the inclination of the terrestrial axis. Such phenomenon can be calculated applying the rules of plain geometry or trigonometry to the measurement of the length of the shadow projected by a vertical post in different periods of the year.

α , the height of the Sun, is measured in degrees: it is 0° when the Sun is on the horizon at dawn, and 90° when the Sun is the vertical position in respect to the Earth. It can be obtained by measuring, O , the length of the shadow produced at midday by a post, the height of which is P , planted perpendicularly to the ground (picture 12 page 23). The website www.vialattea.net/eratostene/index.html makes this calculation easier; otherwise a scientific calculator has to be used:

$$\text{Height of the Sun} = \alpha = \arctan P/O$$

Picture 12 page 23: For instance, in Aiello you can have the following situations (also see Picture 4).

THE LENGTH OF THE SHADOWS AT MIDDAY

Examining the Winter Solstice we can notice that the Sun is low on the horizon, and that the shadows are the longest produced in the year; during the Summer Solstice, instead, the Sun is high on the horizon and the shadows produced are the shortest of the year. On the Equinoxes we have intermediate situations. In any case, the Sun is never perpendicular to the ground in Italy and there are shadows at midday even during summer (Picture 13). The length of the shadows, therefore, varies as the day goes past from a minimum, reached at midday, and the infinite at the time of sunset, when the Sun is on the horizon.

The length of the shadow at midday varies according to the seasons and the latitude. Knowing the height of the Sun in degrees, the length of the shadow of a vertical post can be obtained applying the following equation:

$$\text{Length of the shadow} = \text{height of the post} * \text{cotangent of height of the Sun}$$

Picture 13 page 24: Length of the shadow at midday in Aiello del Friuli.

TABLE OF THE LENGTH OF THE SHADOW OF A VERTICAL POST 100 CM HIGH AT MIDDAY

CALCULATING THE DURATION OF THE YEAR WITH THE SHADOW

THE CURVE OF THE SOLSTICES AND THE LINE OF THE EQUINOXES

THE HORIZONTAL SIMULATOR

According to literature, in the past nearly all the populations that inhabited the planet had managed to calculate the duration of the year by observing the variations of the shadow produced by a post.

There's a day - Winter Solstice, on December 21st - in which the shadow at mid-day reaches its maximum length; then day after day, the shadow gets shorter until it reaches its minimum extension, during the Summer Solstice, on June 21st. Afterwards the shadow becomes longer and longer until it's December 21st again. Ancient populations

have probably simply noted the cyclic nature of such phenomenon, and counted the days between the reaching of the longest shadow, which equalled to circa 365. For us, modern humans, this corresponds to the completion of the orbit of the Earth around the Sun; but for our predecessors it was the rising and lowering of the path of the Sun on the horizon.

If we place a vertical post on an horizontal surface and we follow the path traced by the tip of the shadow produced during the day, we note that such path creates a curve. During the Spring and Autumn Equinoxes, though, we would instead obtain a straight line that proceeds from east to west.

The curve produced by the path of the shadow during the Winter Solstice at our latitude, is a hyperbola the hollowness of which faces away from the post (picture 14a).

As the days go by, the hollowness of the hyperbola decreases until the curve is transformed into a straight line during the Spring Equinox (picture 14b).

Following that, the path of the shadow recreates an hyperbola, the hollowness of which increases by the day facing the post, until the Summer Solstice (picture 14c).

The cycle continues with the Autumn Equinox and a return to the straight line (picture 14d).

The observation of these curves and lines allowed ancient astronomers and priests to set the dates of the Solstices and of the Equinoxes.

Picture 14 page 26: The curves of the Solstices and the straight lines of the Equinoxes on a horizontal plane.

Picture 15 page 27: The picture represents the horizontal shadow simulator. The computer operated machine can be positioned on latitudes that range between 20 and 70 degrees north. The procedure starts with the positioning of the terrestrial axis (marked in red in the picture) along the direction of the c arrow, on the sled (represented in green in the picture). The date chosen for the simulation corresponds to the height of the Sun, and is changed by sliding the blue semi-circle along the a arrow. Dawn and sunset are generated rotating the light/Sun fixed around the virtual blue semi-circle, which moves according to the b arrow. As the light/Sun moves along the diurnal arch, the curve generated by the shadow of the stick on the white glass plane can be drawn with a marker.

Different curves – hyperbolas and lines - are obtained with the variation of the date and of the latitude.

(NB: In order to understand the functioning of the machine and the representation offered by the simulation, it must be kept in mind that for practical reasons sundials are planned on the Ptolemaic model of the universe)

THE VERTICAL SIMULATOR

The vertical machine only allows to operate simulations at the latitude of Aiello, meaning $45^{\circ}52'$ north. Once the vertical wall is placed on a south facing position, the chosen date can be entered on the screen to get the Sun/light to move. This allows to draw with a marker the path traced by the shadows on different days of the year. The curves obtained by marking the points every $7^{\circ}30'$ of the movement of the Sun/light are symmetrical in respect to the vertical line that indicates midday. Changing the date different curves can be obtained, as per the below drawings (indicare che nell'originale dice "sopra").

The machine permits to orient the wall towards a east or a west position with a 30 degrees declination, as well (Pictures 16b and 16c). The stick of the sundial remains blocked on the same north-south position parallel to the terrestrial axis. The position of the stick of a vertical sundial can be better understood observing the globe: moving the Sun/light we can see that at midday the shadow corresponds to the line vertical line. The curves that indicate the path followed by the shadow – meaning the curves of the seasons – are no longer in a position of symmetry with the line of midday, but they are so with the orthogonal projection of the stick on the wall (Pictures 16b and 16c).

Picture 16a page 28: South-facing wall

Picture 16b page 28: South-east-facing wall

Picture 16c page 28: South-west facing wall

PICTURE OF THE VERTICAL SIMULATOR

SHADOWS AND CURVES PROJECTED ON THE TERRESTRIAL SPHERE

Picture 17 page 29: The simulator is made of a wall that can rotate on its axis with a declination between 30° east and 30° west in respect to south. The stick is instead fixed so that it always points at the North Star. The machine shows that, when planning sundials, it is necessary to calculate the position of the stick in respect to the wall in relation to its declination in respect to the south.

The curves the result from the Winter and Summer Solstices, and the straight line of the Equinox can be highlighted on the plane of an horizontal sundial (page 26, picture 14). It is always difficult to understand why the curve turns into a straight line on the day of the equinoxes, and why its concavity changes sides going from winter to summer, and vice versa. The terrestrial sphere, simulated by the globe, allows us to have a different perspective on what happens to the projection of the shadow of a gnomon on the round surface of the Earth, that we otherwise perceive as flat (picture 18 page 30).

Two days per year – on March 21st and September 23rd – the shadow of a pole vertically planted in the soil runs along a straight trajectory. Looking at the globe we can observe that such thing happens only when the sphere is in a particular position in respect to the light/Sun; it happens when the axes of the Sun and that of the Earth are parallel in respect to each other. In this case the rays of the Sun illuminate the terrestrial surface from the North Pole to the South Pole, and are perpendicular to the Equator. The shadow actually runs along the parallel, but because of our limited view of the terrestrial surface, we perceive it as a straight line. In these days, the Sun rises exactly in coincidence with the parallel, on the east, and sets exactly in coincidence with the parallel, on the west. On any other day we obtain hyperbolic curves, variably hollow, which face south in spring and summer, and north in autumn and winter. If we fix a vertical stick on the surface of the globe, by rotating the model, we can see the curves of the seasons represented in the drawings at page 27 and in picture 18.

Picture 18 page 30: The globe with representations of the curves of the Solstices and of the Equinoxes on the terrestrial sphere.

Picture 19 pag 31: The globe represents the terrestrial sphere with 6 stylised walls and relative sticks. The sticks are parallel to the terrestrial axis.

Rotating the globe vertically by 180° , we can visualize the cards that represent the walls of the buildings, with the sticks placed on them, parallel to the terrestrial axis and pointing towards the Northern Star (Picture 9 page 18). Positioning the globe in a way that the Sun/source of light falls on the meridian, where the wall is placed, it can be observed that the projection of the shadow falls perpendicularly, on the line that indicates midday. It can therefore be understood that a gnomon on a vertical wall is always parallel to the terrestrial axis, and that it is the direction of the wall of the house that determines its final positioning.

USER GUIDE

Select from the main menu the sundial to be used. The parameters that influence the position of the Sun can be changed on the computer screen and the effect of the change can be observed looking at the shadow produced by the stick.

AUTOMATED MOTION

The effect that the time and the date have on the position of the Sun can also be observed on the upper part of the screen. In particular two types of automated motions are possible:

DAILY MOTION

The path usually followed by the Sun in the sky from dawn until sunset can be obtained by entering the right parameters. It is interesting to notice that the shadow traces a straight line only in correspondence to the Equinoxes (March 21st and September 21st).

- Brings the Sun to the “dawn position” of the current day
- Stops the movement of the simulator
- Moves the Sun/light to the next interval
- Automatically carries out a sequence of syncopated steps until the sundial reaches the “sunset position”
- Shows the path of the Sun on a continuous motion, from the current time until the “sunset position”

ANNUAL MOTION AND ANALEMMA

The sundial indicates the position of the Sun in the sky at a given time during various days of the year. The figure obtained tracing a line from one dot to the other looks like an 8 due to the inclination of the terrestrial axis and to the fact that the orbit of the Earth around the Sun is not circular but elliptic.

- Stops the movement of the simulator
- Moves the Sun/light to the next interval
- Automatically carries out a sequence of syncopated steps

CHOOSING A CITY (HORIZONTAL SUNDIAL ONLY)

Clicking on the area marked as “luogo” (“location”) it is possible to ask the horizontal sundial (indicare ripetizione nell’originale) to represent the Sun in a different city. Locations can be selected choosing a country and a place from the scroll down menus at the top of the screen or touching a specific point on the map. To confirm the choice select “imposta” (“set up”).

The horizontal sundial allows to choose any place located between a latitude of 30° and 70° degrees north (corresponding more or less to Alexandria in Egypt and Trømso in Norway). The vertical sundial can instead only be set up on the geographical coordinates of Aiello del Friuli.

In case the city selected still lays in the dark, the time will be automatically regulated in a way to however represent the local dawn or sunset.

Note: When a new location is chosen, it is as if we would be transferring from a one city to the next. The Sun remains in a fixed position in respect to the Earth, and consequently the automated mechanism has to move to indicate a different apparent position of the Sun in respect to the new point of observation.

CHOOSING THE DATE AND THE TIME

The date and the time at a given location can be chosen touching the “Data e Ora” (“Date and Time”) area on the screen, either acting manually on each component or selecting one of the preset positions. In particular, the “Alba” (“Dawn”) button calculates the time at which the Sun rises on the horizon in respect to the chosen date and place. To confirm the choice select “imposta” (“set up”).

In case the city selected still lays in the dark, the time will be automatically regulated in a way to however represent the local dawn or sunset.



Un'esperienza didattica
Il sole ci illumina e l'ombra
ci racconta

Eine Lernerfahrung
Die Sonne beleuchtet uns und der
Schatten erzählt uns

UN'ESPERIENZA DIDATTICA IL SOLE CI ILLUMINA E L'OMBRA CI RACCONTA

Unità didattica sul Sole e il Tempo

Il filo conduttore dell'unità didattica è l'analisi del moto apparente del Sole durante il corso dell'anno, attraverso lo studio della posizione dell'ombra proiettata da uno stilo e la realizzazione pratica di un prototipo che simula il moto solare. Il percorso alterna osservazioni, realizzazioni pratiche e teoria. Il tema proposto s'inserisce nel percorso didattico di una seconda o di una terza media.

Modalità di organizzazione del lavoro

Il progetto è stato suddiviso in 5 fasi:

I. FASE: introduzione generale

L'insegnante introduce il percorso didattico ponendo ai ragazzi degli interrogativi. Come si misura il tempo, l'anno, le stagioni? Si utilizza una convenzione internazionale? Che ruolo ha la tradizione? Quali sono le basi scientifiche? Il Sole sorge sempre esattamente ad Est e tramonta ad Ovest? Per rispondere a queste domande gli alunni vengono guidati nella ricerca su diverse pubblicazioni. Ogni ragazzo, studiata la sua parte, relaziona alla classe. Si costruiscono passo passo i progressi dell'uomo nella storia per quanto riguarda la misurazione del tempo e, rifacendosi a Tolomeo e Copernico, si collega il tutto ai moti della Terra attorno al Sole.

II. FASE: esperimento per la rilevazione dell'ombra nel giorno dell'equinozio d'autunno.

E' interessante per i ragazzi osservare come la posizione e la lunghezza dell'ombra proiettata da un paletto verticale in alcune giornate. Si fornisce ai ragazzi un ritto da posizionare su un piazzale soleggiato nei pressi della scuola. I ragazzi per l'intera giornata, ad intervalli di 30 minuti, segnano il vertice dell'ombra proiettata dal ritto sul piazzale. Dall'unione dei punti segnati emerge così, con grande stupore, una retta. Effettuare le misure e riprodurre il disegno in scala su un foglio a quadretti è un utile e concreto esercizio di calcolo e lavoro. L'esperimento andrebbe ripetuto dopo tre mesi per far constatare ai ragazzi che ciò che si ottiene non è più una retta bensì un'iperbole.

III. FASE (facoltativa): visita agli strumenti gnomonici. Il laboratorio si trova presso il Municipio di Aiello del Friuli "il Paese delle Meridiane".

I ragazzi attraverso questi strumenti per la simulazione del movimento del Sole possono veder riprodotto in pochi minuti l'andamento dell'ombra nel giorno dell'equinozio, ottenendo una retta come nell'esperimento eseguito nel cortile. Possono poi, operando con i comandi sullo schermo del computer, verificare l'andamento dell'ombra nel

EINE LERNERFAHRUNG DIE SONNE BELEUCHTET UNS UND DER SCHATTEN ERZÄHLT UNS

Lerneinheit über die Sonne und die Zeit

Der Leitfaden dieser Lerneinheit besteht in der Analyse der scheinbaren Sonnenbewegung während des Jahresverlaufs durch das Studium der Schattenposition, die von einem Stab projiziert wird und der praktischen Realisierung eines Prototyps, der die Sonnenbewegung simuliert. Der Kurs wechselt sich ab mit Beobachtungen, Praxis und Theorie. Das vorgeschlagene Thema fügt sich in das Lernprogramm eines zweiten oder dritten Schuljahres der italienischen Scuola Media (2. und 3. Jahr Hauptschule) ein.

Ausführung der Arbeitsorganisation

Das Projekt wurde in 5 Phasen aufgeteilt:

I. PHASE Allgemeine Einführung

Der Lehrer führt in den Kurs ein, indem er den Schülern Fragen stellt. Wie misst man die Zeit, das Jahr, die Jahreszeiten? Verwendet man eine internationale Konvention? Welche Rolle spielt die Überlieferung? Was sind die wissenschaftlichen Grundlagen? Geht die Sonne immer genau im Osten auf? Um diese Fragen zu beantworten werden die Schüler in den Recherchen in verschiedenen Veröffentlichungen angeleitet. Jedes Kind berichtet der Klasse über seinen studierten Teil. Es werden schrittweise die Fortschritte des Menschen in der Geschichte bezüglich der Zeitmessung rekonstruiert, und durch Bezugnahme auf Ptolemäus und Kopernikus verbindet man das Ganze zu den Erdbewegungen um die Sonne.

II. PHASE Experiment zur Schattenvermessung am Tag des Herbstäquinoktiums.

Es ist für die Kinder interessant zu beobachten, wie die Position und die Länge des Schattens eines Pflocks während eines Tages variieren. Man gibt den Kindern einen Laborstab, um ihn auf einem sonnenbeschienenen Platz bei der Schule zu positionieren. Die Kinder zeichnen den ganzen Tag alle 30 Minuten den Scheitelpunkt des vom Pflock auf den Platz projizierten Schattens auf. Bei der Verbindung aller aufgezeichneten Punkte erscheint zum großen Erstaunen eine Gerade. Die Ausführung der Messung und die Wiedergabe der Maßzeichnung auf Millimeterpapier war eine nützliche und konkrete Übung zur Berechnung und Aufgabe. Das Experiment müsste nach drei Monaten wiederholt werden, damit die Kinder feststellen können, dass man jetzt keine Gerade mehr erhält, sondern eine Hyperbel.

III. PHASE: (fakultativ): Besuch bei den gnomonischen Geräten. Das Labor befindet sich im Rathaus von Aiello del Friuli, „dem Dorf der Sonnenuhren“.

Die Kinder können mit diesen Instrumenten zur Simulation

corso di altri giorni dell'anno, sia su un piano orizzontale che su una parete verticale. Scoprono così, attraverso le diverse curve, come si registra l'arrivo delle stagioni e lo scorrere delle ore nella giornata. Le tante Meridiane di Aiello, con le relative spiegazioni, forniscono ai ragazzi un riscontro di quanto appreso sui testi, soprattutto per quel che riguarda gli antichi sistemi di misurazione del tempo.

IV. FASE: progettazione e realizzazione di uno strumento gnomonico manuale.

Con materiali di facile reperibilità è possibile costruire uno strumento per simulare il funzionamento di una meridiana in un sistema di riferimento tolemaico. Il progetto può essere realizzato presso il laboratorio di applicazioni tecniche, o presso un artigiano. Questa macchina solare manuale simula l'andamento del Sole nei giorni di equinozio e solstizio. Di seguito si riporta la spiegazione per realizzarla.

V. FASE: esperimento per la rilevazione dell'ombra nel giorno del solstizio d'inverno (22 dicembre).

Questa fase è utile ai ragazzi per verificare quanto osservato con il simulatore. Nel giorno del solstizio d'inverno il simulatore manuale mostrava un'iperbole aperta verso l'alto rispetto allo gnomone. Con le stesse modalità con cui hanno eseguito l'esperimento a settembre i ragazzi a turno seguono e segnano l'andamento dell'ombra di un ritto posto nel cortile. Ottengono esattamente la curva che ci si aspettava. L'applicazione del metodo scientifico si è così completata.

Materiali e strumenti

Per gli esperimenti nei giorni di solstizio ed equinozio è sufficiente un piazzale ben illuminato, senza intralci quali veicoli o alberi, ed un supporto orizzontale che fungerà da gnomone. Con i gessi o con dello scotch colorato si segna il vertice dell'ombra ad intervalli regolari, collegando poi tutti i punti a fine giornata. Si riporta poi su carta millimetrata quanto rilevato all'aperto in funzione del tempo.

Per la progettazione del prototipo.

Per la realizzazione del simulatore manuale i materiali sono di facile reperimento: tavolo di legno cm 50x50, tre piedi alti cm 50, semicerchio in alluminio ricavato da una ruota di bicicletta, massello di legno 5x5 cm per fissare l'asse di rotazione del Sole, perno con vite per legno e filetto con dado, vite per legno con funzione di gnomone, proiettore a led con funzione di Sole. Il prototipo simula l'andamento nei giorni degli equinozi e dei solstizi dell'apparente percorso solare. I ragazzi possono così osservare le differenti curve dalle ombre nel corso dell'anno.

der Sonnenbewegung in wenigen Minuten den Schattenverlauf am Tag des Äquinoktiums reproduzieren, und sie erhalten eine Gerade wie im auf dem Platz durchgeföhrten Experiment. Sie können dann, wenn sie mit dem Computerbildschirm arbeiten, den Schattenverlauf auf verschiedenen Breiten und im Verlauf anderer Jahrestage überprüfen, sowohl auf einer horizontalen Ebene als auch auf einer senkrechten Wand. So entdecken sie durch die verschiedenen Kurven, wie man die Ankunft der Jahreszeiten und den Fluss der Zeit während des Tages festhält. Die vielen Sonnenuhren von Aiello geben den Kindern mit den betreffenden Erklärungen eine Antwort auf das, was sie in den Texten erfahren haben, vor allem was die alten Systeme zur Zeitmessung angeht.

IV. PHASE Planung und Ausführung eines manuellen gnomonischen Instruments

Mit leicht zu findenden Materialien ist es möglich, ein Instrument zu konstruieren, um die Funktionsweise einer Sonnenuhr in einem ptolemäischen System zu simulieren. Das Projekt kann im Labor für technische Anwendungen oder bei einem Handwerker realisiert werden. Diese manuelle Sonnenuhr simuliert den Verlauf der Sonne in den Tagen des Äquinoktiums und des Solstitiums. Anschließend zeigt man die Erklärung zur Realisierung.

V. PHASE Experiment zur Schattenvermessung am Tag des Wintersolstitiums (22. Dezember).

Diese Phase ist für die Kinder auch nützlich, um das zu überprüfen, was sie mit dem Simulator beobachtet haben. Am Tag des Solstitiums im Winter zeigte der manuelle Simulator eine nach oben geöffnete Hyperbel bezüglich des Gnomons. In derselben Art und Weise, mit der die Kinder im September das Experiment durchgeführt haben, verfolgen und zeichnen sie abwechselungsweise den Schattenverlauf des im Hof aufgestellten Pflocks. Sie erhalten genau die Kurve, die sie erwartet haben. Die Anwendung der wissenschaftlichen Methode wird somit abgeschlossen.

Materialien und Instrumente

Für die Experimente an den Tagen des Solstitiums und Äquinoktiums genügen ein gut beleuchteter Platz ohne Hindernisse (Fahrzeuge, Bäume, usw.) und eine horizontale Unterlage, die als Gnomon dient. Mit Kreide oder farbigem Klebeband markiert man in regelmäßigen Intervallen den Scheitelpunkt des Schattens, und am Tagesende verbindet man alle Punkte.

Mit Entwurf- und Millimeterpapier zeichnet man das, was im Verlauf der Zeit festgestellt wurde.

Für die Planung des Prototyps.

Die Materialien zur Realisierung des manuellen Simulators sind leicht zugänglich. Holzplatte mit 50x50 cm, drei 50 cm-hohe Füße, Halbkreis aus Aluminium von einem Fahrradrad, Verbindungsstück aus Holz, um die Rotationsachse der Son-

Un computer, una macchina fotografica digitale, uno scanner sono utili per documentare l'intero percorso, fare ricerche sull'argomento su Internet, preparare una presentazione in Power Point ecc. esono un supporto indispensabile nel corso di tutto il progetto.

Tempi

Per la preparazione per gli esperimenti e i commenti sono necessarie una decina di ore. E' necessaria però la collaborazione dei ragazzi per l'intera giornata per i due esperimenti di rilevazione delle ombre all'equinozio e al solstizio e alcune ore al pomeriggio per la realizzazione del simulatore manuale, a meno che non si possegga un attrezzato laboratorio di tecnica e la collaborazione di un insegnante esperto in falegnameria.

N.B.: i calcoli dell'altezza del sole per il prototipo sono stati fatti per la latitudine a cui si trova Aiello e possono essere riprodotti tali e quali per tutte le località che si trovano a circa 45° di latitudine Nord. In tutti gli altri luoghi le altezze del Sole varieranno e di conseguenza le relative curve.

*Lara Bruggianesi
Carlo Bressan*

ne zu befestigen, Drehachse mit Holzschraube und Gewinde mit Schraubenmutter, Holzbolzen mit Gnomon-Funktion, LED-Projektor mit Sonnenfunktion. Der Prototyp simuliert den Verlauf an den Tagen der Äquinoktien und der Solstitien des scheinbaren Sonnenlaufs. Die Kinder können auf diese Weise die unterschiedlichen Schattenkurven im Jahreslauf beobachten.

Ein Computer, ein Digital-Fotoapparat und ein Scanner dienen zur Dokumentation des gesamten Kurses, zur Recherche von Beweisen im Internet, zur Vorbereitung einer Power-Point-Präsentation, etc. und sind letztlich eine unverzichtbare Unterstützung im Verlauf des ganzen Projekts.

Zeiten

Die Vorbereitungszeit für die Experimente und die Erläuterungen beträgt etwa 10 Stunden. Die Zusammenarbeit der Kinder während des ganzen Tages ist für die beiden Experimente der Schattenvermessung am Äquinoktium und Solstitium und für einige Stunden am Nachmittag zur Realisierung des manuellen Simulators nötig, zumindest wenn keine technische Laborausstattung zur Verfügung steht und kein Lehrer sich mit Schreinerei auskennt.

N.B.: Die Berechnungen der Sonnenhöhe für den Prototyp wurden für die Breite, auf der sich Aiello befindet, durchgeführt und können genauso für alle Orte auf etwa 45° Nord reproduziert werden. In allen anderen Orten werden die Sonnenhöhen bzw. ihre Kurven anders aussehen.

*Lara Bruggianesi
Carlo Bressan*

A TEACHING EXPERIENCE

SUNLIGHT AND SHADOW: THEREBY HANGS A TALE

Teaching unit about the Sun and Time

The theme of this teaching unit is an analysis of the Sun's apparent motion during the year, carried out by studying the position of a shadow projected by a style and the practical production of a prototype that simulates solar motion. The unit alternates observations, practical tasks and theory. The proposed theme is incorporated into a teaching plan for the second or third forms of lower secondary schools (pupils aged 12 -13).

Organizing the work

The project is in 5 stages:

STAGE 1: General introduction

The teacher introduces the subject by asking the students questions: How do we measure time, years, seasons? Is there an international convention? What role does tradition play? What's the scientific base? Does the Sun rise exactly in the East and set in the West? To answer these questions the students do guided research in several publications. When all the students have studied their assigned parts, each one reports to the class. Step by step human progress through the history of measuring time is mapped and reference is made to Ptolemy and Copernicus to link all the Earth's motion around the Sun.

STAGE 2: Experiment to record shadow on the day of the autumnal equinox.

It is interesting for the students to observe how the position and length of a shadow projected by a vertical pole are different on some days. The students are given a rod to place in a sunny spot in the school yard. For the whole day, at intervals of 30 minutes, the students mark the top point of the shadow projected by the rod onto the ground. Uniting the marked points produces the great surprise of a straight line. Taking the measurements and plotting them on a scale drawn on squared paper are useful practical exercises of calculation and work. The experiment should be repeated after three months to show the students that the result is no longer a straight line but a hyperbola.

STAGE 3 (optional): Visit to observe gnomonic instruments. The laboratory is located in the Town Hall of Aiello del Friuli, known as "the Sundial Town".

By using these instruments to simulate the Sun's movement the students can see in just a few minutes a reproduction of how shadow travels at the equinox, achieving a straight line as in the experiment performed in the school yard. They can also use the controls on the computer screen to check how the shadow travels during the other days of the year, on a horizontal plane and a vertical wall. In this way they discover how the different curves record the beginning of the seasons and the passing of the hours in a day. The many sundials in Aiello, explained to the students, provide a practical example of what they have read, especially regarding ancient systems used to measure time.

STAGE 4: Designing and building a manual gnomonic instrument

Readily available materials can be used to build an instrument that will simulate the operation of a sundial in a Ptolemaic system. The project could be carried out in the school's workshop, or the workshop of an artisan. This manual solar machine stimulates the Sun's path at the equinox and solstice. Instructions for making the machine are given below.

STAGE 5: Experiment to record shadow on the day of the winter solstice (22 December).

This stage is useful for the students to check what they observed with the simulator. On the winter solstice the manual simulator showed a hyperbola opening up towards the top of the gnomon. Using the same method they used to experiment in September the students take turns to follow and mark the shadow's path, shown by a rod situated in the school yard. They will see exactly the curve they expect. This completes the application of the scientific method.

Materials and instruments

All that's needed for the experiments at the solstice and equinox is a well illuminated court yard, with no obstructions such as vehicles or trees, and a horizontal support to act as gnomon. Chalks or coloured adhesive tape can be used to mark the top point of the shadow at regular intervals, uniting all the points at the end of the day. The readings taken outdoors, weather permitting, are then drawn on squared paper.

Designing the prototype

The materials for building the manual simulator are easily found: a 50x50cm wooden board, 3 50cm high feet to support the board, an aluminium semicircle made out of a bicycle wheel, one 5x5cm block of wood to secure the Sun rotation axis, screwed pin for wood and a nut and bolt, screws for the wood acting as a gnomon, and a LED projector to act as the Sun. The prototype simulates travel at equinox and solstice along the Sun's apparent path. In this way the students can observe the different curves from the shadow during the year.

A computer, a digital camera, and a scanner are useful for recording the path, making searches on the subject on the internet, preparing a Power Point presentation, etc. and are essential throughout the project.

Timing

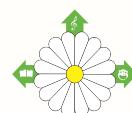
Preparation of the experiments and comments take up about ten hours. However, the students must co-operate for a whole day when carrying out the two experiments for recording shadow at the equinox and solstice, as well as some hours in the afternoon to make the manual simulator. These can be avoided if the school has a well-equipped workshop available with a teacher qualified in carpentry.

Please note: the calculations of the Sun's height for the prototype have been made for the latitude of Aiello and can be reproduced as they are, without any change, for all places at latitude of about 45° north. In all other places the Sun's height will vary and so will the relative curves.

*Lara Bruggianesi
Carlo Bressan*



REGIONE DEL VENETO



CIRCOLO CULTURA E STAMPA BELLUNESE



KÄRNTEN
ABT. 20-LANDESPLANUNG

CARINTHIA
UNIVERSITY
OF APPLIED
SCIENCES

FACHHOCHSCHULE
KÄRNTEN



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA



Comune di
Aiello del Friuli