

Jantar Mantar - Astronomie in Indien

Markus Furger

SAG Fachgruppe Astronomiegeschichte

जंतर मंतर - भारत में खगोल विज्ञान

मार्कुस फूर्गेर

खगोल विज्ञान के इतिहास का एसएजी खंड

Inhalt

- Indien - ein Kosmos für sich
- Maharadscha Jai Singh II und die Jantar Mantars
 - Geräte und wie sie funktionieren
 - Samrath Yantra
 - Rama Yantra
 - Jaiprakash Yantra
 - Misra Yantra
 - Die grosse Frage: Warum geozentrisch?
 - Tradition des Ulugh Beg
 - Rolle der Portugiesen und der Inquisition
 - Bewertung Jay Singh's II.



Indien - ein Kosmos für sich





प्रत्यक्षंतिमपवृणु

शहरों का शहर : दिल्ली
DELHI : A CITY OF CITIES

जन्तर मन्तर

महाराजा सवाई जयसिंह द्वितीय (सन् 1699-1743) ने इसका निर्माण करवाया ।

JANTAR MANTAR

BUILT BY MAHARAJA SAWAI JAI SINGH II (A.D.1699-1743)

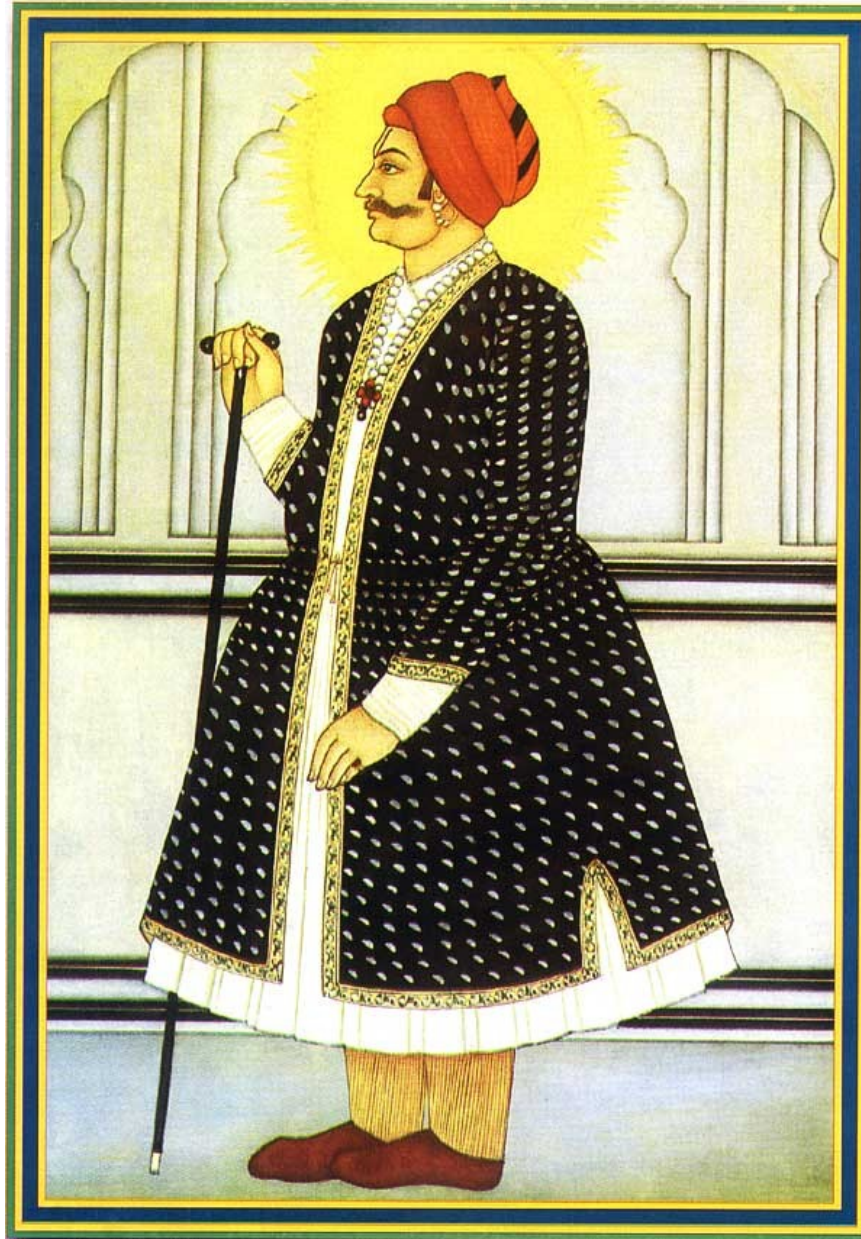
भारतीय पुरातत्व सर्वेक्षण

ARCHAEOLOGICAL SURVEY OF INDIA

Sawai Jai Singh II

1688–1743

- Kennt alle indischen und arabischen Schriften, sowie Almagest, Euklid, Tafeln des Ulugh Begh
- Bibliothek mit über 200 astronomischen Büchern aus der ganzen Welt
- Vertraut mit de La Hire, Flamsteed (Übersetzungen, Abschriften)
- Jesuitenmissionen am Hof, neben Hindus und Muslimen
- Modernes Wissen ist vorhanden, ist aber unvollständig und wird nicht angewandt:
 - Kopernikanisches System
 - Kepler/Newton
 - Teleskop



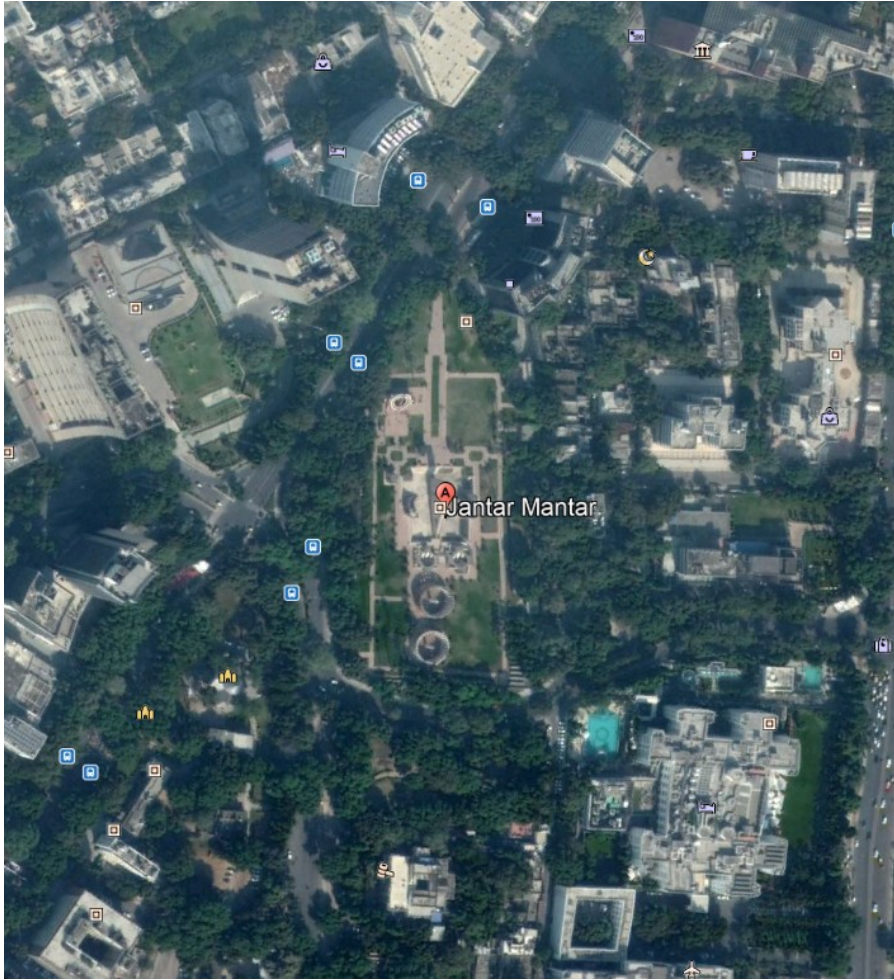
Sharma (2016)

Maharadscha Sawai Jai Singh II. und die Jantar Mantars

- Jai Singh war nicht zufrieden mit der Kalendergenauigkeit und wollte präzisere astronomische Tafeln
- Bau von 5 Jantar Mantars
 - Delhi 1721-27
 - Jaipur 1728-34
 - Varanasi
 - Ujjain
 - Mathura
- Inspiriert durch Ulugh Beg, König von Samarkand
- Yantra (sanskrit) = Instrument



Foto: G. Hofer



Delhi

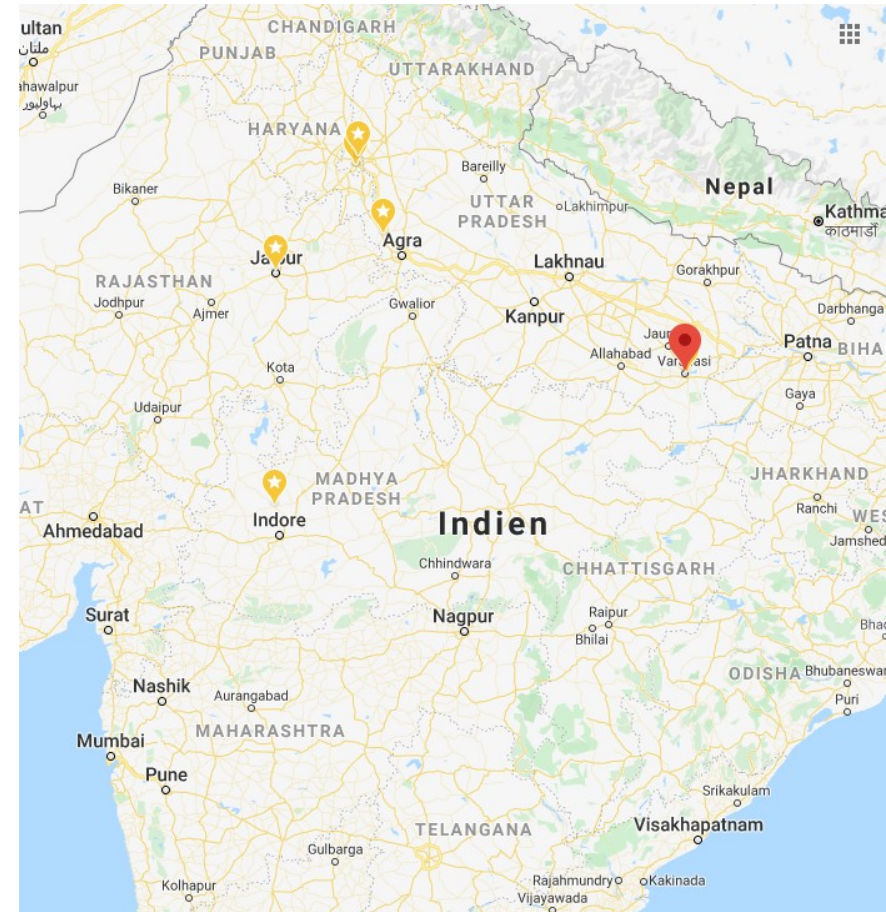
(Google Maps)

Jaipur



Baugeschichte des Jantar Mantars von Delhi

- Baubeginn ca. 1721
- Erste Beobachtungen mit Holz- und Metallinstrumenten, welche nach Fertigstellung der Stein-Instrumente aufgegeben wurden
- 1743 Tod Jai Singhs II, Arbeiten erst teilweise vollendet
- 1750 Misra Yantra (durch Madho Singh)
- 1764 Überfall auf Delhi durch die Jats führt zur Zerstörung des Jantar Mantars
- Späterer Vandalismus und Entwendung von Material bewirkt weiteren Zerfall



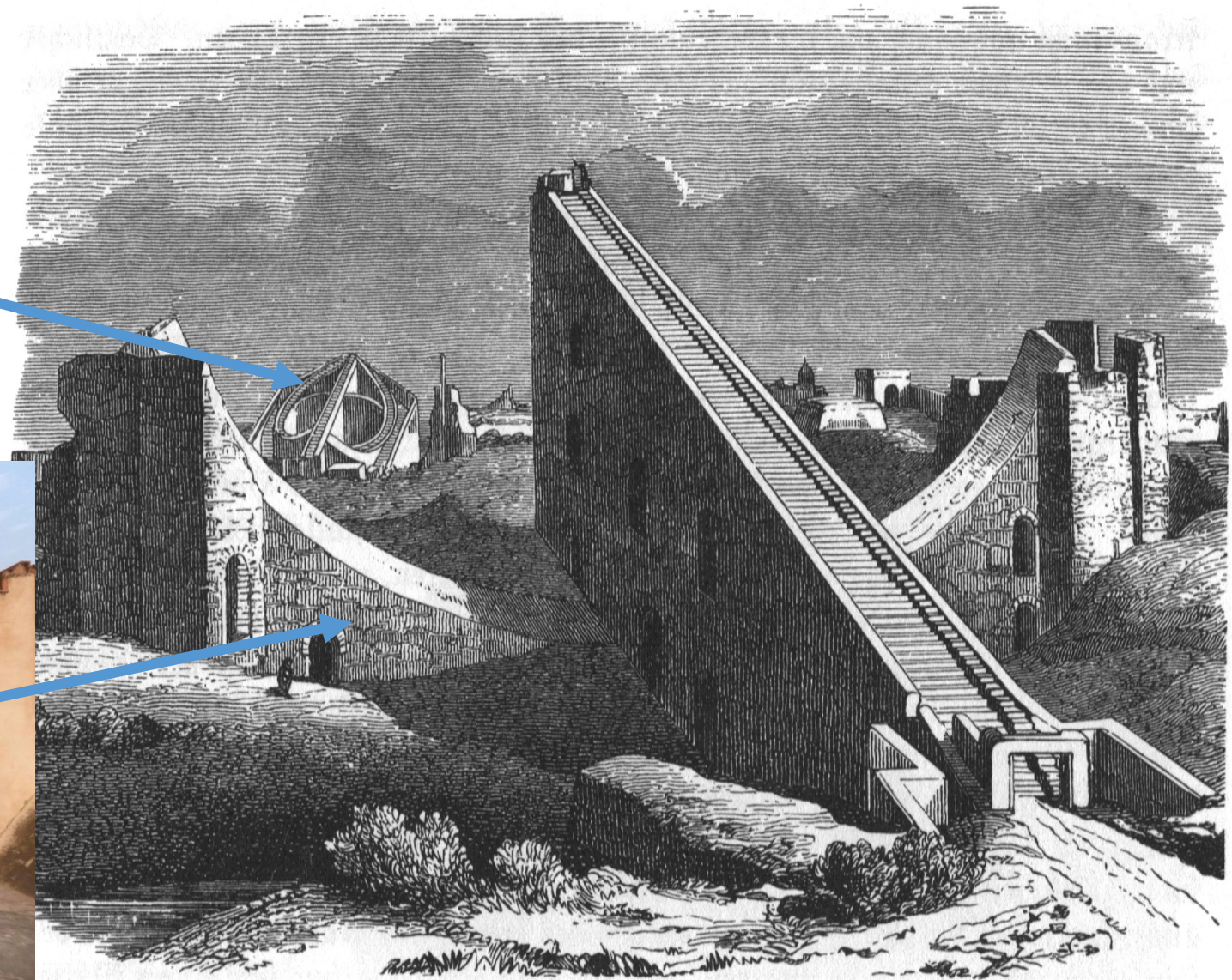
(Google Maps)

1818

Misra Yantra



2019



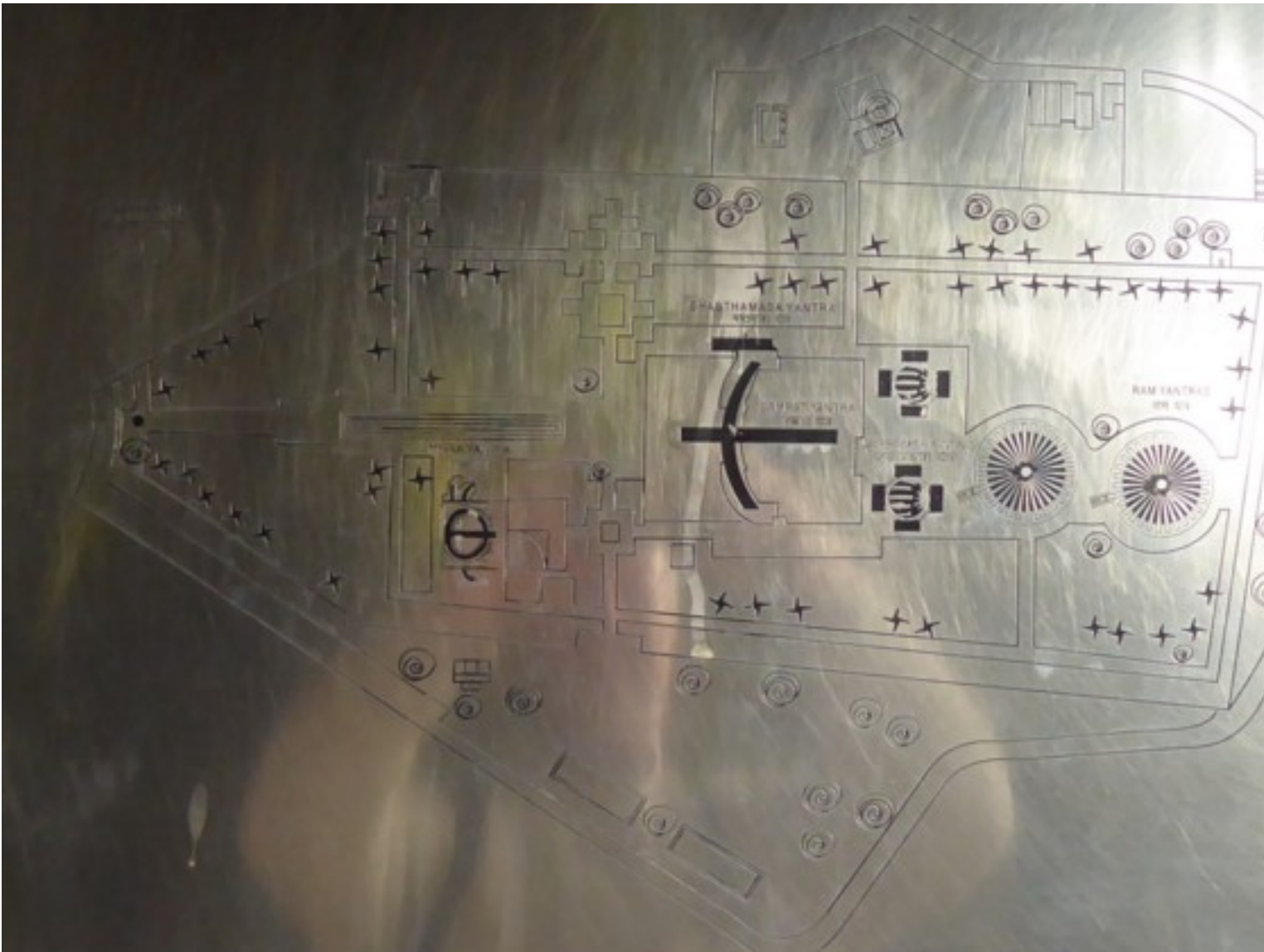
Alte indische Sternwarte bei Delhi.

Klein (1884)

Der Jantar Mantar von Delhi



- Geräte
 - Samrath Yantra
 - Shasthamasa Yantra
 - Rama Yantra
 - Jai Prakash Yantra
 - Misra Yantra



(Google Maps)

NORTH
उत्तर

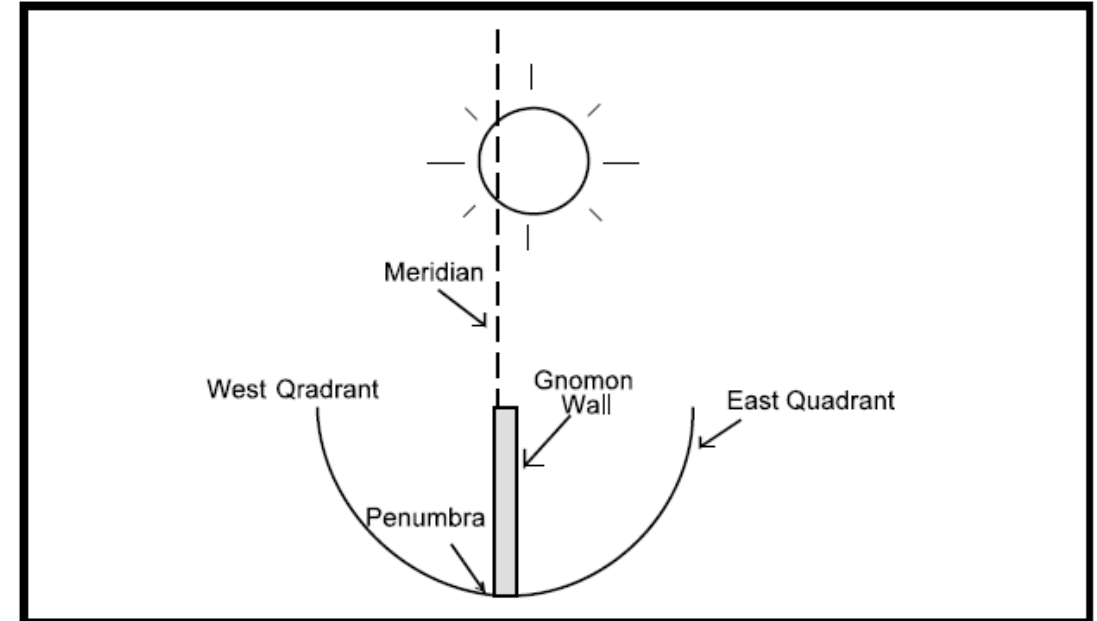
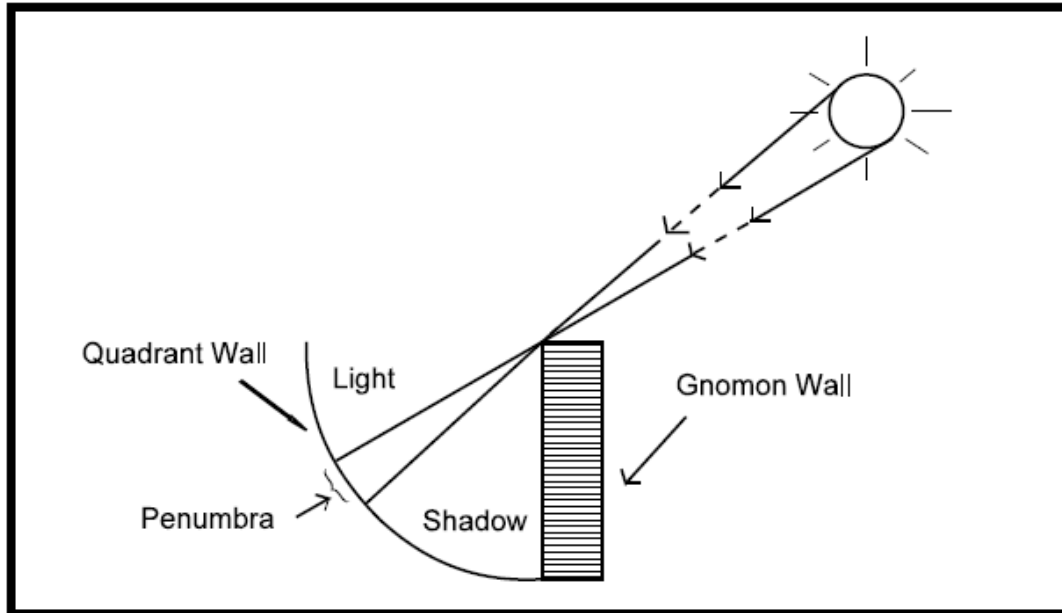
Delhi

Samrath Yantra



Penumbra

Sharma (2015)



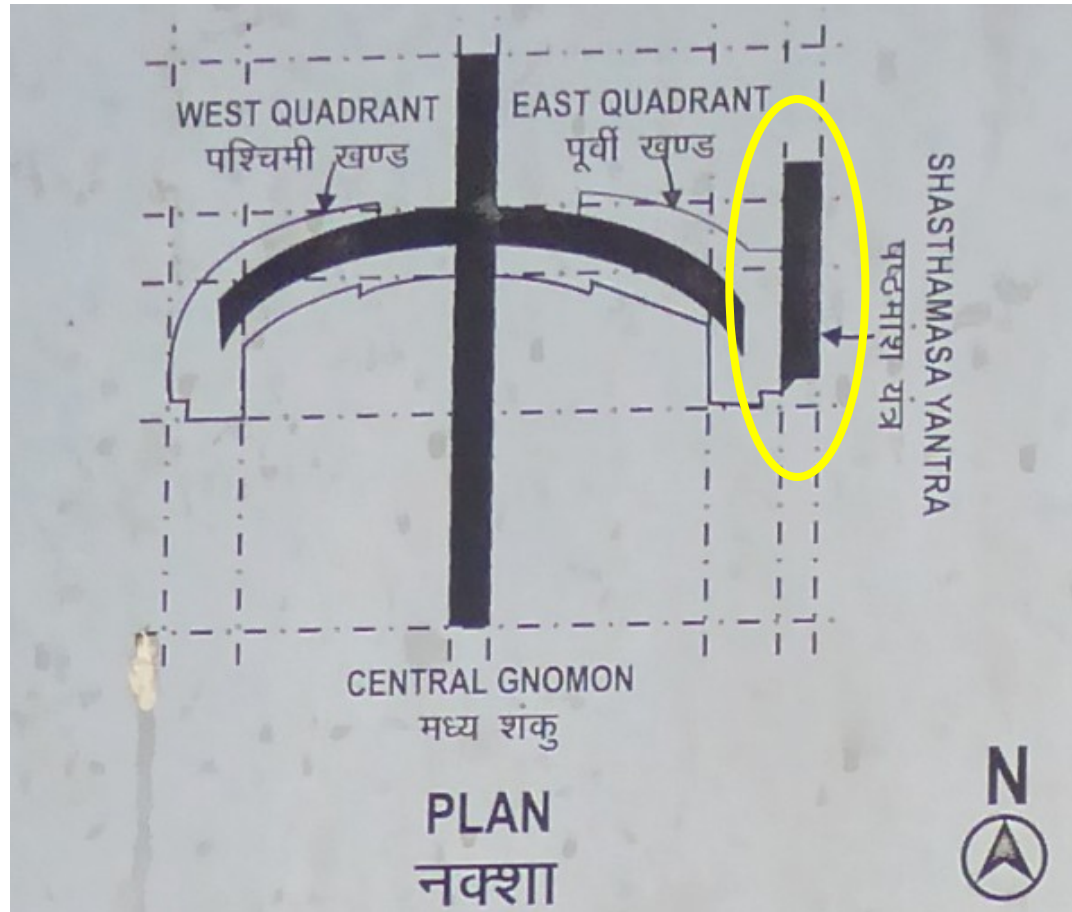
Breite der Penumbra: sichtbar ca. 3 cm (sollte 14.3 cm sein!) $\rightarrow \Delta t \approx \pm 15$ s

Abhilfe: halte einen **Draht** einige cm über der Skala parallel zur Schattenkante und lese den Schatten ab $\rightarrow \Delta t < \pm 3$ s

Erfordert klaren Himmel (Achtung: Luftverschmutzung heute)

Mittagsbeobachtung: In Jaipur braucht der Schatten 80 s vom Verschwinden auf der Westseite bis zum Erscheinen auf der Ostseite des Gnomons – Samrat zeigt nicht die wahre Ortszeit.

Shasthamasa Yantra (beim Ostquadranten)



- Quadrant mit Lochkamera (dunkle Kammer)
- Messung der Sonnendeklination
- Nicht öffentlich zugänglich

Shasthamasa Yantra



02.03.2022

Bologna, San Petronio, Meridian



SAG FG-AG 2022-01-24

16

Ram Yantra



- 2 komplementäre Ram Yantras
- Nur in Delhi und Jaipur
- Mauerhöhe, Säulenhöhe und innerer Radius = 7.51 m
- 30 Sektoren à 6° mit 6° Zwischenräumen = 360°
- Misst Azimuth und Höhenwinkel von Himmelskörpern
- Mittelmässige Präzision



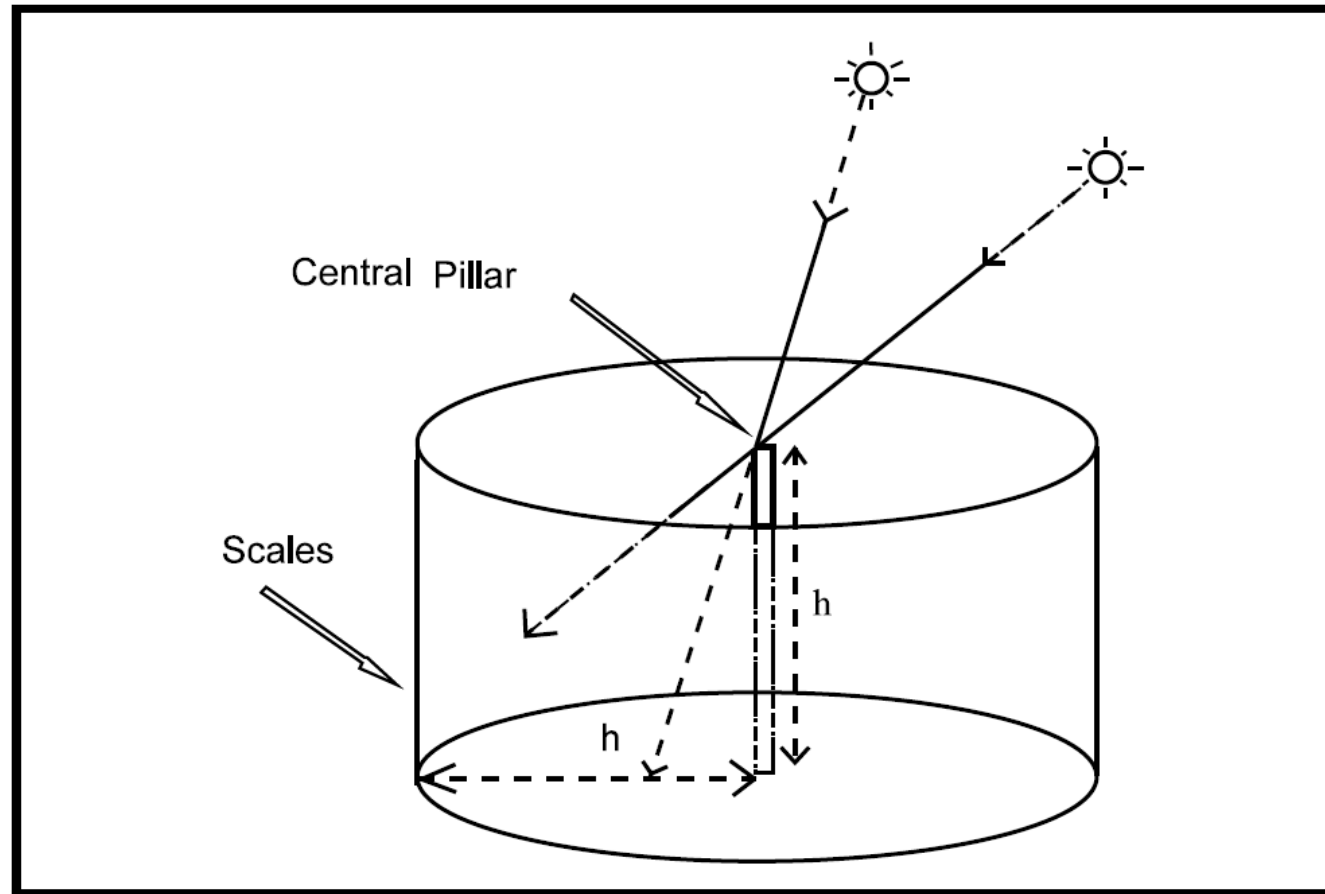
02.03.2022



SAG FG-AG 2022-01-24

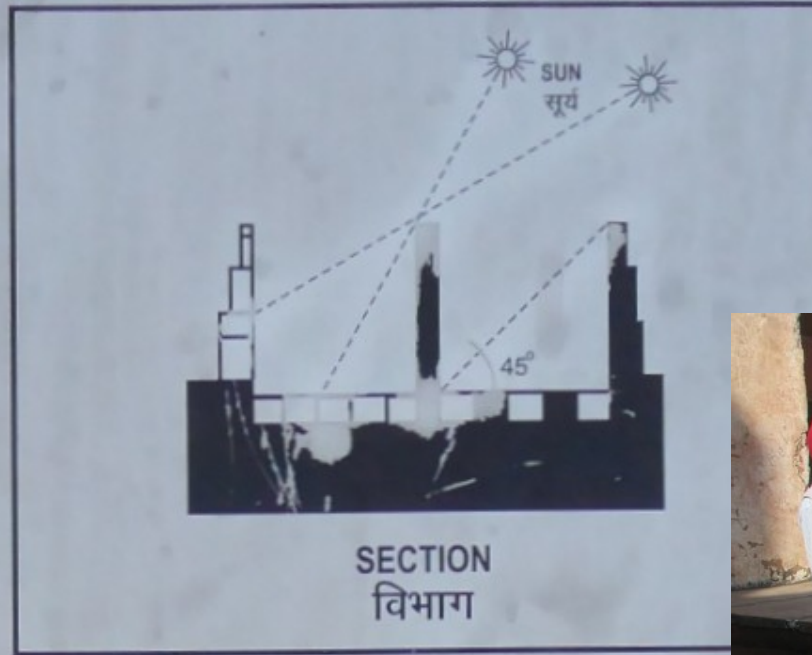
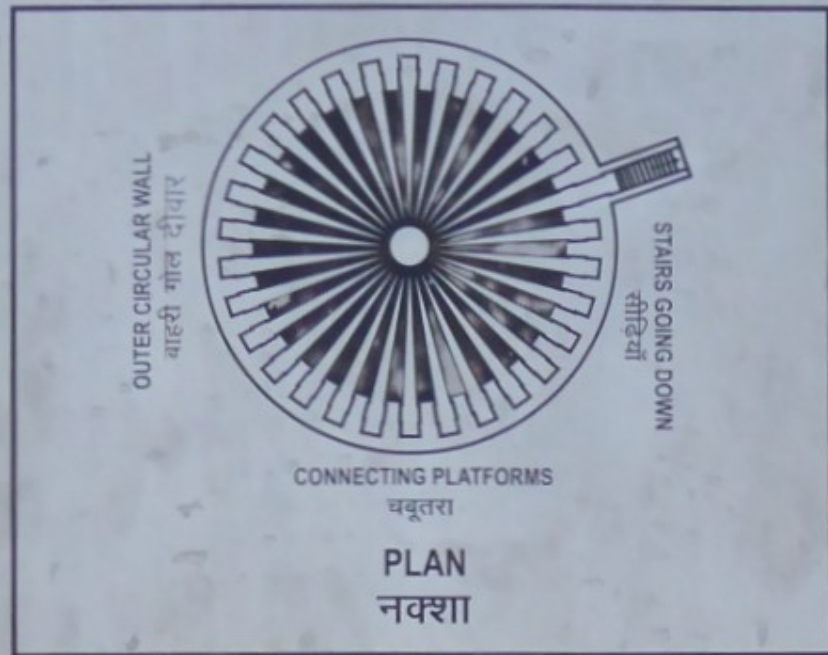
18

Ram Yantra



Sharma (2015)

RAM YANTRAS राम यंत्र



Rathnasree et al. (2017) 3

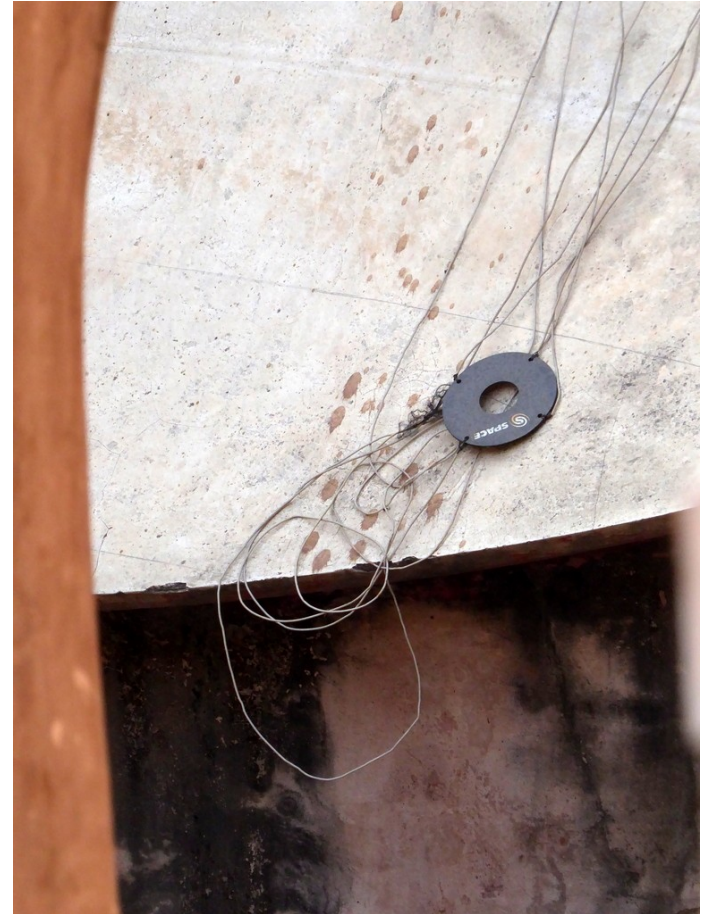
Jai Prakash Yantra

- Jai Prakash = Licht von Jai
- Nur Delhi und Jaipur
- Hemisphärische Sonnenuhr, aber komplexer. Im Boden eingelassene Halbkugeln.
- 2 komplementäre Yantras
- Zur Messung von Azimuth, Höhe, Lokalzeit, und weitere Tierkreisbeobachtungen am Tag und in der Nacht





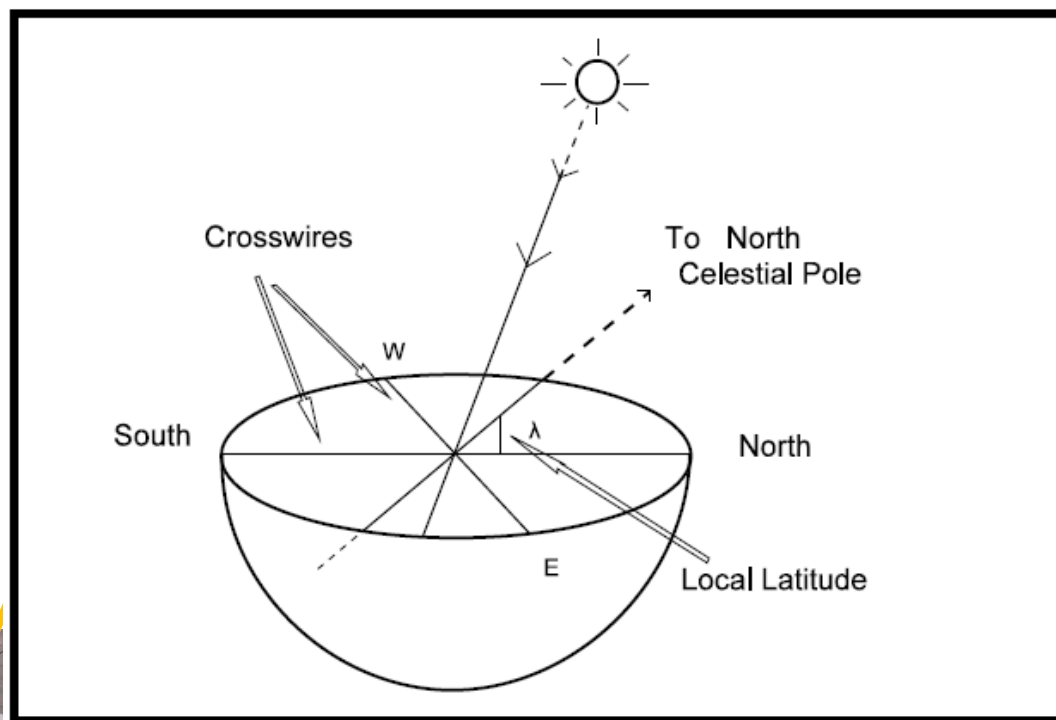
02.03.2022



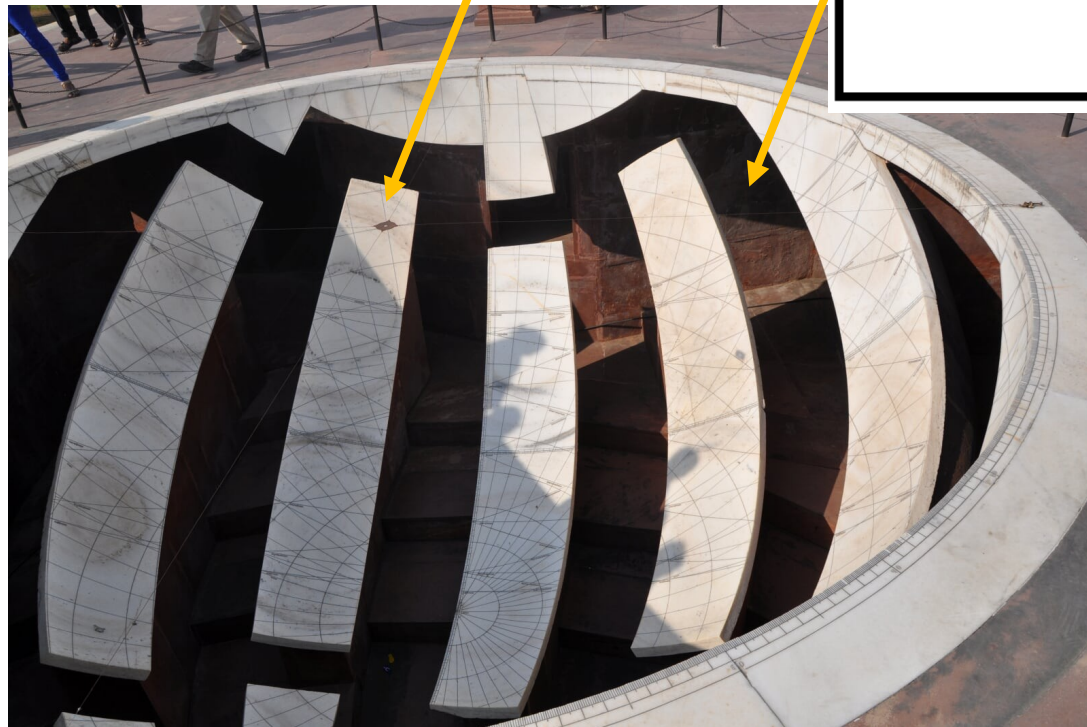
SAG FG-AG 2022-01-24

22

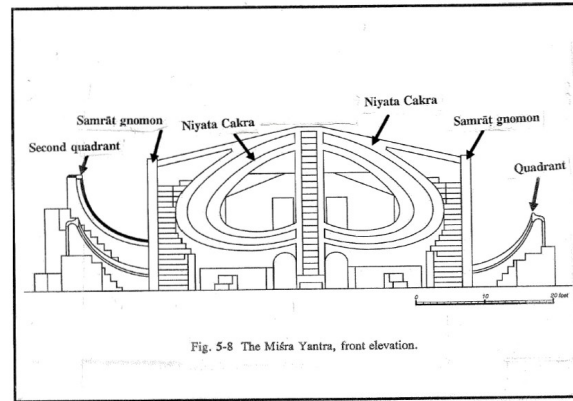
In Jaipur



Grafik: Sharma (2015)



Misra Yantra



- Kombiniert 5 verschiedene Instrumente
 - Dakshinottara Bhitti (Höhenwinkel eines Sterns)
 - Samrat (Lokalzeit)
 - Niyat Chakra (Deklination eines Objekts)
 - Karka Rasivalaya (Wendekreis-Zirkel, Längenmessung eines Objekts)
 - Westlicher Quadrant (Deklination und Länge eines Objekts, 1x in 24 h)
- Nur in Delhi
- Vermutlich gebaut durch Maharadscha Madho Singh (Jai Singhs Sohn), 1751-68

Misra Yantra

Beobachtungen der Sonnenposition

- Westseite: 52 und 84 Minuten nach Sonnenaufgang
- Ostseite: 276 und 308 Minuten nach Meridiantransit



Niyat Chakra



THE NIYAT CHAKRA OR 'FIXED ARC' OCCUPIES THE CENTRE OF THE MISRA YANTRA. IT CONSISTS OF FOUR SEMICIRCULAR SCALES ON EITHER SIDE OF A CENTRAL GNOMON. THE SCALES ARE INCLINED TO THE MERIDIAN PLANE AT DIFFERENT DEGREES.

FUNCTION:

MEASUREMENT OF THE DECLINATION OF AN OBJECT AT INTERVALS OF A FEW HOURS AS THE OBJECT MOVES EAST TO WEST IN THE SKY DURING THE PERIOD OF THE DAY. THE NIYATS ARE APPARENTLY MEANT TO DUPLICATE THE READINGS FOR THE MERIDIAN ARCS AT FOUR DIFFERENT LOCATIONS ON THE GLOBE: NOTKEY IN JAPAN, SERICHEV IN PIC ISLANDS, ZURICH IN SWITZERLAND, AND GREENWICH IN ENGLAND.

- Skalen restauriert 1951 (Marmor)
- Misst die Deklination eines Objekts, jeweils zu verschiedenen Zeiten (keine Refraktions-Korrektur!)
- Je ein Halb-Ring entspricht den geografischen Positionen von
 - Notkey, Japan (kein Observatorium!)
 - Serichev, Pic Islands
 - Zürich, Schweiz (gebaut 1759)
 - Greenwich, Grossbritannien (1675)
- Diese Funktion wird aber stark bezweifelt
- Insgesamt: Misra Yantra ist schlecht entworfen und grossenteils unbrauchbar!
- Gutes Instrument für Lehre

Zeit-Messgenauigkeiten

- Ziel: $< 1'$ (Bogenminute)
- Grenz-Genauigkeit des Auges: $\pm 1'$
- Ursachen für Ungenauigkeiten
 - Gnomon-Kanten
 - Gnomon-Ebene, Elevationswinkel
 - Lage der Quadranten-Ebene
 - Lage der Äquator-Ebene
- Es ist unklar, ob diese Ungenauigkeiten schon damals vorhanden waren.

Instrument	Theoretische Genauigkeit
Samrat Yantra	$\pm 1'$
Jai Prakash Yantra	$\pm 3'$
Sasthamsa Yantra	$< \pm 1'$
Ram Yantra	$\pm 1'$

Parameter	Erreichte Genauigkeit
Zeit	$\pm 10 \dots \pm 90 \text{ s}$
Deklination	$\pm 1' \dots \pm 15'$
Ram Yantra	$\pm 6' \dots \pm 60'$

Tycho Brahes Quadrant 1582



- Radius 194 cm
- Genauigkeit 34.6''

Bild: Wikimedia commons

Einige Resultate aus dem Delhi Jantar Mantar

	Geografische Breite von Delhi	Neigung der Erdachse	
Jantar Mantar Wert	28°39' N	23°28'	
Hipparch		23°51.19'	
Ptolemäus		23°51.15'	
Ulugh Beg		23°30.17'	
Aktueller Wert	28°37'37.40''	23°26'21''	

Sawai Jai Singh's Messungen sind präzise genug um die Tafeln von de la Hire zu korrigieren!



Die grosse Frage: Warum geozentrisch/ptolemäisch?

- Sawai Jai Singh II bezieht sich auf **Ulugh Beg** und die islamische Astronomie
-> Mittelalter
- Teleskop am Hof vorhanden, aber von schlechter (Bild-)Qualität (etwa vergleichbar mit Galileis ersten Teleskopen – Saturn als Oval)
- Grosse Bibliothek mit über 200 Büchern aus aller Welt und in vielen Sprachen
-> wichtige Bücher fehlen (Newtons Principia, Kepler, Galilei)



Bild: Wikimedia commons



Wissensaustausch mit Europa

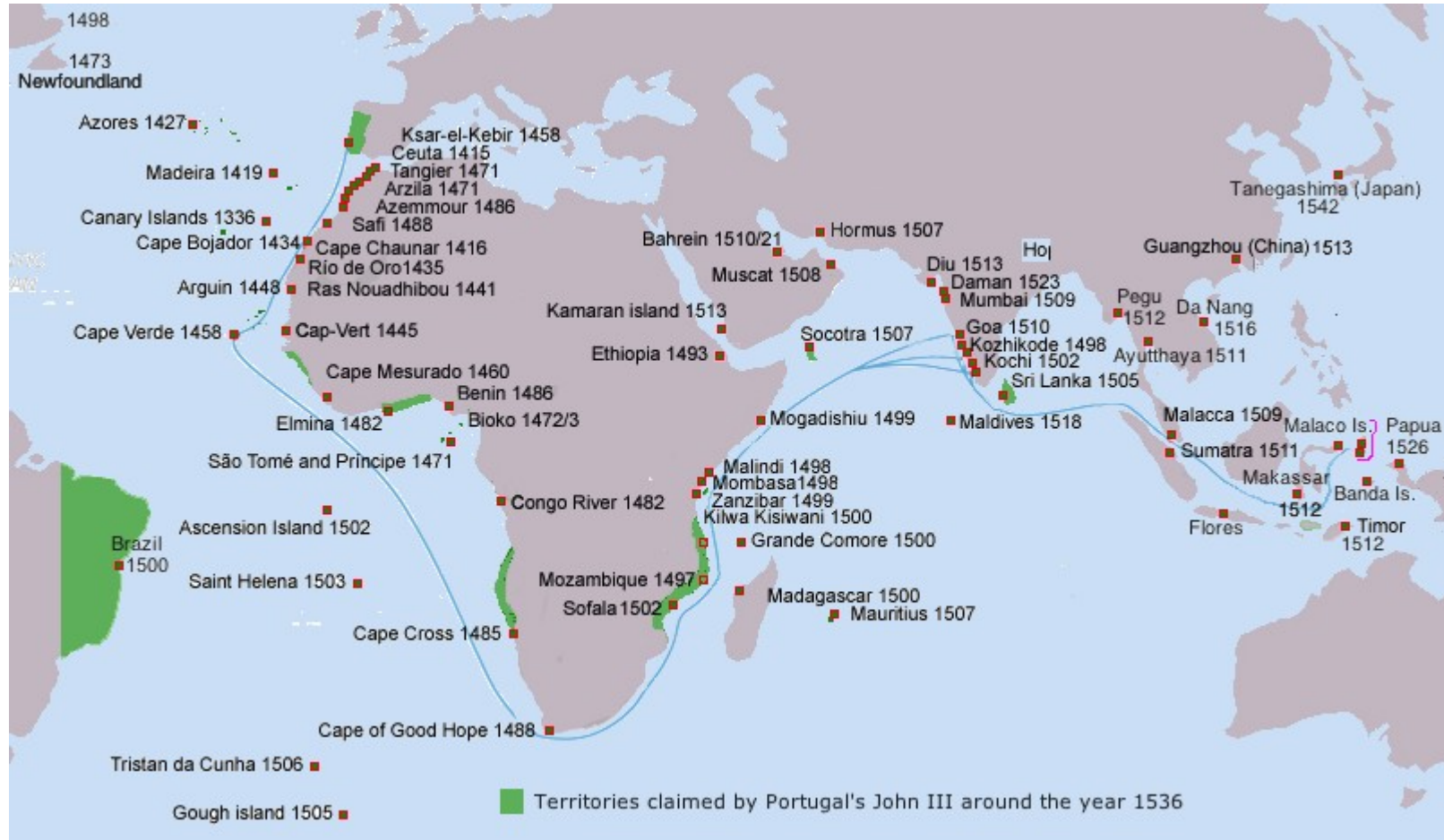


Bild: Wikimedia commons

Portugal im frühen 18. Jh.

- Handelsniederlassung in Goa (neben anderen Niederlassungen von anderen europäischen Staaten)
- Seit 1498, d.h. über 200 Jahre Präsenz in Indien
- Bis 1640 führende Macht im Indischen Ozean
- Kontrolle des Küstenhandels in Indien
- Um 1700: Portugiesisch war die dominierende internationale Sprache des Handels
- Erster Kontakt Jai Singhs in Astronomie
- 1727: Wissenschaftliche Mission nach Europa → Portugal (Lissabon)



Bild: Wikimedia commons

Die Jesuiten

- Orden, entstanden aus der Gegenreformation
- Inquisition war dominant, in Goa sogar noch restriktiver als in Europa
- Prozesse gegen Giordano Bruno (1600) und Galileo Galilei (1633)
 - Verbot der Schriften Brunos, Galileis
 - Lehrverbot Galileis
- Strenges Anhalten an kirchliche Deutungen der Bibel und alter Texte. Festhalten am ptolemäischen Weltbild
- Lehrdoktrin: Ablehnung (Verbot) der Schriften von Kepler, Newton
- Jai Singh erhält somit keinen Zugang zu den neuesten Forschungen der Europäer
- Seine wissenschaftliche Mission nach Europa brachte die neuesten Erkenntnisse und theoretischen Fortschritte der europäischen Astronomie **nicht** mit (Kopernikus, Kepler, Galilei, Newton)

Bewertung Jay Singhs II.

- Wiederbelebung der Astronomie in Indien nur vorübergehend.
- Sein Sohn setzt Tradition des Vater fort, ohne neue Beiträge zur Erkenntniserweiterung
- Jantar Mantars zerfallen, die Astronomen ziehen weg.

- Ganz in der ptolemäischen Tradition; mittelalterliche Astronomie
- Rezente europäische Fortschritte sind für Jay Singh II. nicht zugänglich
- Die von ihm initiierten Lehrbücher prägen die indische Astronomie noch für 150 Jahre

Fragen?



Literatur

Many thanks to Dr. Nandivada Rathnasree

- Störig, H.-J., 1954: Kleine Weltgeschichte der Wissenschaft. Kohlhammer, 686 pp.
- Hamel, J., 2002: Geschichte der Astronomie. Kosmos, 352 pp.
- Klein, U. U., 1884: Die Wunder der Sternenwelt. Spamer, Leipzig, 520 pp.
- Sharma, V. N., 2016: Sawai Jai Singh and his astronomy. Motilal Banarsidass, 375 pp.
- Rathnasree, N., 2017: Jantar Mantar Observatories as Teaching Laboratories for Positional Astronomy.
- Rathnasree, N., 2017: Teaching laboratories for Positional Astronomy - The Jantar Mantar Observatories of India.
- Rathnasree, N., Nemani L., Sandhu P., Agarwal P., Munjal S., 1 Rajoria M., Chikara R., Kumar N., Devgun C.B., Kesari S., Madan S., and Gupta P., 2017: Towards the restoration of the Jantar Mantar observatory instruments at Delhi Calibration and observations with the Jaiprakas and Ram Yantra. IXth International Conference of Oriental Astronomy, Pune, November 2016.

