

Von Stonehenge und vielen anderen Steinkreisen in Großbritannien ist bekannt, dass sie rituellen Zwecken, aber auch als Marker und Observatorien für bestimmte Himmelsereignisse und Daten dienten. So sind schon die ersten Anfänge von Stonehenge aus der Zeit um 3000 v. Chr. bereits auf den Auf- und Untergang der Sonne zu den Sonnenwenden und auf bestimmte Mondstände hin ausgerichtet.

Auch der Megalith-Anlage von Callanish auf der Hebriden-Insel Lewis sagt man nach, spätestens seit der Bronzezeit ein Sonnen- und Mondobservatorium gewesen zu sein. So berichtete noch der römische Geschichtsschreiber Diodorus Siculus im 1. Jahrhundert v. Chr.: „Auf der Insel befindet sich auch ein bemerkenswerter Tempel, der von sphärischer Form ist. [...] Der Mondgott besucht die Insel alle 19 Jahre und tanzt die ganze Nacht durch von der Frühlings-Tagundnachtgleiche bis zum Aufgang der Plejaden.“ Unklar blieb aber, ob der Steinkreis von Callanish und weitere ähnlich alte Megalith-Anlagen schon bei ihrer Errichtung vor rund 5000 Jahren astronomische Bezüge aufwiesen – und welche Rolle die sie umgebende Landschaft dabei für die Erbauer spielte. Um das zu klären, haben Gail Higginbottom und Roger Clay von der University of Adelaide nun mehr als ein Dutzend Steinkreise im Westen Schottlands und auf den vorgelagerten Inseln untersucht.

Die Forscher konstruierten dafür Modelle der Anlagen und der Landschaft und verglichen diese mit astronomischen Ereignissen wie den Sonnenwenden, den Mondwenden und Ähnlichem. Das Ganze werteten sie dann statistisch aus. „Zuvor hat noch nie jemand statistisch belegen können, ob ein Steinkreis tatsächlich auf astronomische Bezüge hin erreicht wurde oder nicht – es waren alles nur Vermutungen“, sagt Higginbottom. Die Auswertungen ergaben: Schon in den ältesten Anlagen findet sich eine signifikante Häufung von astronomischen Bezügen. So sind Sichtachsen, hervorstechende Steine oder Öffnungen in den Kreisen oft nach Sonne und Mondzyklen ausgerichtet. Wie die Forscher berichten, galt dies sowohl für Callanish und andere größere Anlagen als auch für kleine, über das Land verstreute Steinkreise.

Doch das eigentlich Spannende zeigte sich, als die Wissenschaftler die Landschaft in ihre Modelle mit ein bezogen. Denn die Position der Anlagen und die Wahl des Ortes erwiesen sich als keineswegs zufällig. „So ist beispielsweise bei einer der Hälfte der Steinkreise der Nordhorizont höher und näher als der südliche“, erklärt Higginbottom. „Dadurch scheint die Sonne bei der Sommersonnwende aus dem höchsten Berggipfel im Nordosten aufzusteigen.“ Bei der anderen Hälfte der Steinkreise war es dagegen genau umgekehrt: Sie waren so gebaut, dass in ihrem Süden eine Hügel- oder Bergkette lag. „Dadurch ging die Sonne bei der Wintersonnwende im Bereich dieser Gipfel auf“, berichtet Higginbottom. „Diese Umgebung beeinflusste damit, wie und wann Sonne und Mond gesehen werden konnten.“ Durch die Einbeziehung der Landschaft zeigten beispielsweise bestimmte Berggipfel an, wann der Mond seine nördlichste Position am Horizont erreichte. Diese geschieht nur alle 18,6 Jahre und markiert einen wichtigen Zyklus der Mondbewegungen. „Diese Menschen fügten ihre großen Steine sehr präzise in die Landschaft und die ihnen bekannte Astronomie ein“, sagt Higginbottom. „Sie investierten eine enorme Arbeit und Zeit darin, dies zu erreichen. Das verrät uns die starke Verbindung ihrer Kultur mit der Umwelt.“ Durch ihre Megalithbauten verbanden die Bewohner der Britischen Inseln schon in der späten Steinzeit und frühen Bronzezeit Erde und Himmel symbolisch miteinander, wie die Forscher erklären. Diese Praxis setzte sich dann in Stonehenge und vielen späteren Steinkreisen weiter fort.

Die Himmelsscheibe von Nebra

Die Himmelsscheibe von Nebra zeigt die weltweit älteste bisher bekannte konkrete Darstellung des Kosmos. Die 3600 Jahre alte runde Bronzescheibe misst 32 cm im Durchmesser und zeigt die Sonne – je nach Deutung auch den Vollmond –, eine Mondsichel sowie insgesamt 32 goldene Sterne. Sieben davon stehen eng beieinander und werden als Sternbild der Plejaden interpretiert. Randlich finden sich auf der Himmelsscheibe zu einem späteren Zeitpunkt hinzugefügte sogenannte Horizontbögen sowie eine Schiffsdarstellung, die als Sonnenbarke als mythisches Element auf der Bronzescheibe interpretiert wird. Später wurde der Rand der Himmelsscheibe durchlocht. Einer der Horizontbögen wurde entfernt oder ging verloren.



Astronomischen Untersuchungen haben unter anderem gezeigt, dass die seitlichen Horizontbögen die Auf- und Untergangspunkte der Sonne im Verlauf eines Jahres markieren und dass ihre Enden gleichzeitig auf markante Punkte weisen, die sich vom Fundort der Himmelsscheibe auf dem Mittelbergplateau aus anvisieren lassen.

Nach der Interpretation des Astronomen Ralf Hansen verschlüsselt die Himmelsscheibe darüber hinaus eine komplexe Schaltregel, die dem Abgleich der unterschiedlich langen Mond- und Sonnenjahre dienen. Die abstrakten Darstellungen auf der Scheibe sind außergewöhnlich, weil sie jahrzehntelange präzise Himmelsbeobachtungen und einen hohen Abstraktionsgrad voraussetzen.



und Landesmuseum für Vorgeschichte Halle (Saale)

Nur wenige Werke haben den Ruhm und die Bedeutung des Almagest erlangt, der berühmten Abhandlung von Claudius Ptolemäus, dem bedeutsamsten Astronomen des klassischen Altertums. Wie Euklid, gliederte auch Ptolemäus sein Hauptwerk in dreizehn Bücher, die im zweiten Jahrhundert nach Christus allesamt im mythischen Alexandria verfasst wurden. Da es keine Druckerpresse gab, wurde jedes Exemplar von Hand kopiert, immer und immer wieder, bis arabische Gelehrte es 827 übersetzten und es in späteren lateinischen Übersetzungen des zwölften Jahrhunderts seinen Weg nach Europa zurückfand. Der Almagest hat die Ehre, für viele Jahrhunderte als Leitwerk des kosmologischen Denkens gedient zu haben. Es ist, als ob wir heute aus einem uralten Traktat lernen würden, das über 1200 Jahre lang kopiert worden wäre. Allein diese Tatsache spiegelt die historische Tragweite des Werkes wider.

Alle Völker mit Geschichte hatten eine Kosmologie. Das griechische Wort „Kosmos“ bedeutet eigentlich „Ordnung“. D.h. die Kosmologie hat schon immer die Welt um uns herum aufgeräumt, sie versucht, das Universum verständlich zu machen. Der Almagest stellt das kosmologische Denken der Antike und des Mittelalters dar, bis Kopernikus und darüber hinaus — eigentlich bis zum Auftritt von Tycho Brahe und Galilei. Der Almagest stellt die Erde unbeweglich in den Mittelpunkt des Universums: von dort aus dominiert sie die Rotation der himmlischen Sphären, in denen Sterne und Planeten eingebettet sind. Hipparchus, erstellte den ersten Katalog der Sterne, der von Ptolemäus erweitert wurde und sich im Almagest befindet.

Bereits in der klassischen Antike entstand der Konflikt zwischen zwei möglichen kosmologischen Modellen, einem heliozentrischen, mit der Sonne im Zentrum des Universums, und einem geozentrischen, mit der Erde in der Mitte des Kosmos. Mehr als 400 Jahre vor Ptolemäus hatte Aristarchus bereits ein heliozentrisches Modell vorgeschlagen, bei dem Sonne und Sterne unbeweglich wären, während die Erde um die Sonne kreiste. Dieses Modell widerspricht scheinbar unseren Sinnen, da wir die Rotation der Erde nicht direkt wahrnehmen, sondern nur indirekt, durch die tägliche Verschiebung der Sterne und der Sonne am Himmel.

Ptolemäus entschied sich für das geozentrische Modell, das auch von der aristotelischen Physik mit ihren Primärelementen (Feuer, Luft, Wasser und Erde) gestützt wurde. Wasser und Erde tendieren zum Mittelpunkt der Welt, also zu unserem Planeten hin, während der Rest des Universums von einer unvergänglichen Substanz, dem Äther oder der Quintessenz, durchsetzt wäre. Ohne eine Physik, wie die Newtons, schien damit das kosmologische Modell dann mit der Welt der Erscheinungen und sogar mit der physikalischen Erklärungen des Aristoteles übereinzustimmen. Die frühe katholische Kirche begrüßte das geozentrische Modell, das mit einigen Anpassungen so gut zur Bibel passte. So kristallisierte sich die mittelalterliche kosmologische Orthodoxie heraus, die im Renaissance zur Verhaftung von Galileo Galilei, einem Heliozentriker, führen sollte.

Gewiss ist der Almagest ein Buch für Spezialisten – mehr als die Hälfte des Textes besteht aus detaillierten geometrischen Demonstrationen, die eigentlich relativ einfach sind, wenn man sie durch die Linse der modernen Trigonometrie betrachtet. Jedoch sind sie aufgrund der verwendeten Einheiten und Notation schwer nachvollziehbar. Das erste der dreizehn Bücher bildet eine Ausnahme. Dort wird das geozentrische Modell postuliert und begründet. Es besteht aus zwei primären Sphären, einerseits der Erdoberfläche, deren Ausdehnung im Vergleich zu der zweiten Sphäre, mit den eingebetteten Sternen, unbedeutend ist. Die Erde ist unbeweglich, während das Himmelsgewölbe sich alle 24 Stunden einmal um uns dreht. Dass das Himmelsgewölbe eine Kugel sein sollte, war vermeintlich naheliegend, da die Kugel die perfekte und regelmäßigste geometrische Figur ist, die

außerdem unzählige Symmetrieachsen zulässt. Im Sinne des platonischen Idealismus gab es für das Himmelsgewölbe deswegen keine andere Möglichkeit, als eine Kugel zu sein.

Der Rest des Almagest enthält die Beschreibung der kompletten Himmelsmaschinerie, mit Sonne, Mond und den bekannten Planeten. Zu der Sphäre der Sterne muss jedoch eine zusätzliche Sphäre hinzugefügt werden, die die Sonne auf ihrer täglichen Bahn um die Erde entlang einer schiefen Ebene, der Ekliptik, antreibt. Aber auch der Mond und die fünf klassischen Planeten der Antike benötigen eigene „Getriebe“, d.h. zusätzliche Sphären mit komplizierten Kopplungen.

Das große Problem des ptolemäischen Modells ist, dass die Planeten keine Kreise um die Sonne beschreiben, sondern Ellipsen, wie wir aus den später von Kepler postulierten Gesetzen wissen. Um die Beobachtungen zu retten, d.h. um das ptolemäische Modell mit dem übereinstimmen zu lassen, was aus Observatorien beobachtet wurde, mussten „Epizyklen“ zu den Himmelsrädern hinzugefügt werden. Das heißt, die Planeten würden sich um die Erde drehen aber dabei ein kompliziertes Ballett aufführen. Der Mars, zum Beispiel, beschreibt eine Kreisbewegung mit kleinem Radius (den Epizyklus), aber der Mittelpunkt dieses Epizyklus dreht sich um die Erde (entlang eines Kreises, der Deferent genannt wird). Es sind zwei verzahnten Kreisbewegungen, wie sie die Spirographen für Kinder erzeugen, eine Art Kreis mit Schleifen.

Was von der Erde aus, nach diesem Modell, beobachtet werden kann, ist eine Bewegung um uns herum, aber mit einer variablen Geschwindigkeit der Planeten im Laufe des Jahres und, was am überraschendsten ist, mit Intervallen, in denen sich der Mars in die entgegengesetzte Richtung zu bewegen scheint, wodurch die Kringel des großen kosmologischen Spirographen sichtbar werden. Die Komplikationen enden hier nicht, denn der Mittelpunkt des Deferentenkreises befindet sich nicht im Zentrum der Erde. Und obwohl, von der Erde aus gesehen, die Bewegung des Mars im Laufe des Jahres unregelmäßig wirkt, so wäre von einem anderen Punkt außerhalb der Erde, dem sogenannten „Äquanten“, betrachtet, die Rotation des Mittelpunktes des Epizyklus gleichmäßig. So wie es sein sollte, wenn wir uns den Kosmos als eine große himmlische Ordnung vorstellen.

Das alles klingt nicht nur kompliziert, es ist es auch. Der Almagest ist kein Kinderspiel, und deshalb sind im Laufe der Geschichte zahllose Kommentare erschienen, darunter auch zeitgenössische, die das ptolemäische Modell mit modernen algebraischen und trigonometrischen Formeln umschreiben. Darüber hinaus haben erfahrene Programmierer Simulationen für das Internet geschrieben, in denen jeder die Himmelsmaschinerie starten kann, um die Entwicklung der Planeten auf ihren jeweiligen Deferenten und Epizykeln zu beobachten. Wenn der angehende Kosmologe es wünscht, kann er den Trajektorien zusätzlichen Epizyklen hinzufügen. Heute wissen wir, dass das Beifügen von solchen Epizyklen der Modellierung einer gegebenen Kurve mit einer so genannten Fourier-Transformation entspricht. Wenn wir also modellieren wollten, dass die Planeten die Erde auf quadratischen Bahnen umkreisen, ist das auch möglich: wir müssen nur mehr und mehr Epizyklen hinzufügen. Deshalb sagt man, wenn jemand versucht, eine Theorie zu stärken, indem er jedes Mal, wenn sie in Schwierigkeiten gerät, Erklärungen oder Spezialfälle hinzufügt, dass diese Person „Epizyklen anschließt“.

Heute wissen wir, dass die Sonne nicht im Zentrum des Universums ruht, und auch die Milchstraße hat diese Ehre nicht. Wir wissen auch, dass Sterne und Planeten sich umgekehrt proportional zum Quadrat ihrer Entfernung anziehen und, dass dies ihre komplizierte Choreographie entlang elliptischer Bahnen bestimmt. Aber bis dies klar wurde, lieferte das ptolemäische Modell eine ausreichend gute Erklärung des Himmels, die mit ihren Dutzenden von Kreisen, die mit anderen Kreisen in verschiedenen Ebenen ineinandergreifen, ziemlich gut mit den Beobachtungen übereinstimmte und Ordnung in das brachte, was per Definition perfekt sein sollte: die große Maschinerie des Kosmos.