

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 34 (1976)
Heft: 154

Artikel: Identifizierung des im 4. vorchristlichen Jahrhundert von Jupiter bedeckten Sterns in den Zwillingen
Autor: Locher, K.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899518>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

34. Jahrgang, Seiten 53–80, Nr. 154, Juni 1976

34^e année, pages 53–80, No. 154, Juin 1976

Identifizierung des im 4. vorchristlichen Jahrhundert von Jupiter bedeckten Sterns in den Zwillingen

von K. LOCHER

Nahezu alle überlieferten Beobachtungen aussergewöhnlicher Himmelserscheinungen des Altertums sind in neuerer Zeit mehrfach rechnerisch überprüft und zur Datierung von damit verknüpften historischen Geschehnissen herangezogen worden. Meines Wissens fehlt aber bisher eine solche Bearbeitung der Sternbedeckung durch Jupiter in den Zwillingen, welche irgendwann zu Lebzeiten des ARISTOTELES nach dessen eigenem Zeugnis¹⁾ stattgefunden haben muss. Jedenfalls scheinen alle Chronisten des ARISTOTELES dieses Indiz zu ignorieren, wogegen z. B. die ebenfalls von ARISTOTELES beobachtete Marsbedeckung durch den Mond vom 10. Mai –356 (gregorianisch) von allen als unumstösslicher Angelpunkt in der sonst so ungewissen Chronik geschätzt wird^{2–5)}. Sie wurde zuletzt von SCHOCH⁶⁾ bearbeitet.

Ich glaube nun, dass das Thema bislang nicht angefasst worden ist, weil es vordergründig als aussichtslos mehrdeutig erscheint. Ohne viel anfängliche Hoffnung wurde mir aber dann schon nach 2 Stunden elementarer Rechenarbeit klar, dass aus verschiedenen Gründen alle Zwillingsterne ausser *Flamsteed 1 Geminorum* fast mit Sicherheit ausscheiden. Als mögliches Datum des Ereignisses ergibt sich dann der Winter –360/–359 oder 1 bis 3 siderische Umläufe später. Weil nun dank einigen glücklichen Umständen diese Ausscheidung und Grobdatierung mit elementarsten

Mitteln stichhaltig ausgeführt werden konnte, erachte ich es für geeignet, meine Argumentation in dieser Zeitschrift darzulegen, nicht zuletzt weil ich der Argumentation an sich schon ein Interesse zubillige.

Nach Erörterung einiger nichtastronomischer Anhaltspunkte am Schluss dieser Abhandlung, die für das früheste der erwähnten möglichen Daten sprechen, werde ich mich mit einigen allgemeinen Folgerungen aus der gelungenen Identifizierung des Sterns begnügen. Ein versierter Himmelsmechaniker mag dann die Sache aufgreifen und mit Berücksichtigung aller verfügbaren Parameter im Computer ermitteln, ob eine eindeutige Datierung möglich ist.

Zunächst soll jedem Leser völlig klar werden, dass die Berechnung einer Sternbedeckung durch einen Planeten nicht im Geringsten etwas mit der jeweiligen Lage der Erdrotationsachse zu tun hat. Infolgedessen sind alle Begriffe, die sich direkt oder indirekt auf diese Achsenlage beziehen, aus der Betrachtung strikt fernzuhalten und aus der Vorstellung des Lesers auszuräumen. Es sind dies vor allem Rektaszension, Deklination, Himmelspol, Äquator, Kolor, Frühlingspunkt, Präzession, Nutation, tropisches Jahr, Ekliptikschiefe. Nachdem auf diese Weise klarer Kopf gewonnen worden ist, stelle man sich Sternkarte oder Sternglobus vor: Darin ist nur noch eine einzige definierte Linie zu finden, nämlich die Ekliptik, und kein einziger definierter Winkel (und nur ein einziger definierter Punkt, der Ekliptikpol, den wir hier aber nicht benötigen). Insbesondere gibt es auf der Ekliptik keinen definierten Punkt. Nach dieser rigorosen Voraussetzung würde es sich logisch erübrigen, irgendwo im folgenden Text das Wort *siderisch* zu setzen; ich tue es aber dennoch bei jeder Gelegenheit, um den Leser an die Voraussetzung zu erinnern.

Man kommt nun dank besonderer Umstände gänzlich ohne Tabellenangaben irgendwelcher säkularer Änderungen von Bahnelementen aus. Dies befreit einen in gewisser Hinsicht von der Unsicherheit, die

Titelbild

Komet WEST (1975 n)
Aufnahme von ANNA und MARKUS GRIESSER,
Winterthur.

Zeit: 5. März 1976, 05h30^m MEZ.

Kamera: Kleinbildkamera mit Objektiv 1,8/
55 mm.

Film: Kodak Ektachrome High Speed, spez.
entwickelt auf 27 DIN.

Belichtungszeit: 60 Sekunden.

Fehlergrenzen solcher Daten richtig einschätzen zu können; denn es gilt als anerkannt, dass man mit den heutigen Kenntnissen der mechanischen Konstanten des Sonnensystems Planetenörter etwa 2 Jahrtausende weit auf wenige Bogenminuten genau ermitteln kann, dass aber die Ungenauigkeiten fast explosionsartig ansteigen, wenn man über etwa 3000 Jahre hinaus rechnet. Die genaue siderische Lage der antiken Jupiterbahn ist nun glücklicherweise besser bekannt als die jedes andern Planeten, weil am 10. September -240 (gregorianisch) eine Bedeckung des Sterns *Delta Cancri* beobachtet wurde, die uns im Almagest^{7a)} überliefert worden ist. Weil diese nur etwa 130 Jahre von der fraglichen Bedeckung in den Zwillingen entfernt liegt, und vor allem weil beide siderisch benachbart liegen, ist der rechnerische Aufwand zur Abklärung der letzteren so gering.

Auch ist Jupiter der Planet, dessen siderische Bahnelemente am geringsten langfristigen Veränderungen unterworfen sind, da er von allen den grössten Bahndrehimpuls hat und damit am schwächsten auf die Störungsdrehmomente reagiert, welche durch die Gravitationskräfte benachbarter Planeten hervorgerufen werden. Dies bedeutet anschaulich, dass ein Stern geringer Eigenbewegung, der (von der Sonne aus gesehen) heute bei jedem Umlauf einmal von Jupiter bedeckt wird, auch schon vor 2 Jahrtausenden nahezu bedeckt wurde. Hinsichtlich der Lage des Jupiterperihels ist dies auch durch Beobachtung bestätigt: Von der Sonne aus gesehen liegt es heute bei *Delta Piscium*, und PTOLEMAIOS^{7b)} setzt es nur 3° weiter westlich.

Hinsichtlich der langfristigen Veränderungen der siderischen Lage der Erdbahn, also der Lage der Ekliptiklinie in den Sternkarten, liegen die Umstände nicht ganz so günstig. Man muss hier mit einer seitlichen Verlagerung um wenige Bogenminuten rechnen, über deren Betrag, Fixpunkt und Richtungssinn ich hier aber nichts voraussetzen muss. Diese Unsicherheit überträgt sich natürlich auf die antike Lage der Knotenlinie der Jupiterbahn, was im nächsten Abschnitt Anlass zu einer gewissen Kontroverse geben wird. Es sei hier aber vorweg gesagt, dass die Ungewissheit der antiken Erdbahn mein Identifizierungsergebnis nicht beeinträchtigt, wenn man 12 Bogenminuten (wohl allzu vorsichtig) als obere Grenze der Verlagerung im Abschnitt Zwillinge annimmt.

Was im Altertum als Bedeckung beobachtet wurde, konnte wohl in Wirklichkeit ein Vorübergang bis zu etwa 3' Abstand gewesen sein. Auch in noch grösserem Abstand ist ein Stern etwa 4. Grösse neben Jupiter kaum sichtbar; doch kann erwartet werden, dass in diesem Fall eine Einseitigkeit in der Allineation der scheinbaren Bahnabschnitte vorher und nachher erkannt und vermerkt worden wäre. Der Wortlaut und vor allem das Motiv des Berichts (Nichtentstehung eines Kometen beim «Zusammenstoss») bei ARISTOTELES¹⁾ deuten auf das Fehlen einer solchen Einseitigkeit. Da nun das Datum der späteren *Bedeckung Delta Cancri* bekannt ist, sind es auch die sideri-

sche Lage der Sonne und damit die Winkel des damaligen Dreiecks Sonne/Erde/Jupiter, woraus sich ergibt, dass *Delta Cancri* etwas rechts von der Mitte des unteren Astes der Z-förmigen Oppositionsschleife gelegen haben muss (Fig. 1). Zum Nachvollzug dieser

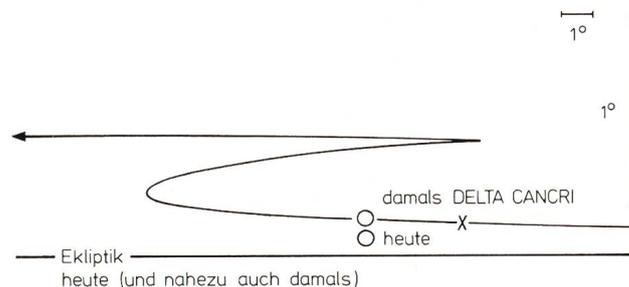


Fig. 1: Jupiter-Oppositionsschleife -240/-239. (Darstellung 6-fach überhöht). Betreffend X siehe Text.

Folgerung nehme man irgend eine gezeichnete Oppositionsschleife Jupiters auf NAEFS *Der Sternenhimmel* zur Hand, bilde von Monat zu Monat die Differenz der ebenfalls dort entnommenen heliozentrischen Längen von Erde und Jupiter und schreibe sie zur Schleife. Die Schleifen sind im Krebs und in den Zwillingen immer Z-förmig, weil in dieser Gegend der aufsteigende Knoten lag und liegt. Er liegt heute (von der Sonne aus gesehen) etwas westlich von *Flamsteed 36 Geminorum*, während seine damalige Lage wie oben angedeutet etwas kontrovers ist: Einerseits ergibt (Fig. 1) die relative damalige Lage (Eigenbewegung eingerechnet) des Sterns zur heutigen (und wahrscheinlich nahezu auch damaligen) Ekliptik die gezeichnete Situation mit dem Knoten weit rechts aussen, d. h. von der Sonne aus gesehen ziemlich westlich von *Pollux* in der Gegend, wo er auch heute liegt. Andererseits hat auch PTOLEMAIOS^{7b)} den Knoten ermittelt und ihn etwas östlich von *Pellux* (von der Sonne aus gesehen) angegeben. Wenn man dieses Resultat für zuverlässig hält, muss die damalige Ekliptik die Schleife etwa beim eingezeichneten X geschnitten haben, und die Schleife selber hätte dann eine etwas mehr zentralsymmetrische Z-Form. An diese Ungewissheit der damaligen Ekliptiklage wird weiter unten wieder erinnert werden.

Wie man etwa aus zwei 12 Jahre auseinanderliegenden Jahrgängen von NAEFS *Der Sternenhimmel* ersehen kann, liegt die Schleife jeweils nach etwa einem siderischen Umlauf etwa 4° weiter östlich. Es dauert mehr als 7 (= 83 Jahre), jedoch weniger als 8 siderische Umläufe (= 95 Jahre), bis jede Oppositionsschleife durch solche Zwölfjahrschrittchen an die Stelle ihres anfänglichen Nachbarn, d. h. der des Nachjahres vorgerückt ist. Dementsprechend lag die Schleife im Winter -323/-322 2° weiter links und im Winter -335/-334 2° weiter rechts als (Fig. 1) gezeichnet und noch 2 weitere siderische Umläufe zuvor etwa weitere 8° rechts, d. h. mit der Mitte etwa auf

der Länge von *Zeta Cancri*. In diesem und im vorangehenden Winter -360/-359/-358 war also für den damals 23-25-jährigen ARISTOTELES die erste Gelegenheit, Jupiter vor den Zwillingen zu sehen; denn 12 Jahre früher war er nachgewiesenermassen noch nicht sternkundig.

Jetzt nehme man womöglich Seite 31 von NAEFFS *Der Sternenhimmel* 1966 zur Hand, um zu sehen, dass die siderische Lage fast genau mit der von 1965/1966/1967 übereinstimmt. Dividiert man zur Kontrolle die dazwischenliegenden 2325 siderischen Jahre durch die vollzogenen 196 siderischen Umläufe, so erhält man den mit heutigen Tabellen überzeugend übereinstimmenden Wert 11,8622 siderische Jahre.

Der Gürtel längs der Ekliptik, in welchem Sterne von Jupiter überhaupt bedeckt werden können, ist in den Zwillingen (und im Schützen, weil in Nachbarschaft der Knoten) am breitesten. Zu dieser Maximalbreite von etwa 30' ist beidseits noch die oben erwähnte Toleranzbreite von 3' wegen der als Bedeckung aufgefassten nahen Vorübergänge zu addieren. In diesem Gürtel liegen nun, unter Berücksichtigung der Eigenbewegung und der erwähnten kontroversen Ekliptiklage, nur die Zwillingsterne *Delta* und *Flamsteed 1* mit den Helligkeiten 3.5 bzw. 4.2. Der nächstschwächere *Flamsteed 44* kommt mit 5.9 nicht mehr in Frage. Zu prüfen ist allerdings noch, ob ARISTOTELES das Sternbild in gleicher Weise abgrenzt wie wir: Hierzu kann der zwar fragmentarische, aber bei HIPPARCHOS^{8a)} wörtlich zitierte Wortlaut des EUDOXOS herangezogen werden, da ja EUDOXOS in astronomischen Angelegenheiten die unbedingte Autorität war für alle Athener des -4. Jahrhunderts und umso mehr für ARISTOTELES, der ihn als jahrelangen Lehrer in der Platonischen Akademie schätzte und ihm auch ein Charakterzeugnis ausstellte wie überhaupt niemandem anders in seinem in vielen Tausend Druckseiten erhaltenen Werk⁹⁾. EUDOXOS legt die Grenzen des Sternbildes wie wir heute.

Von den beiden in Frage kommenden Zwillingsternen scheidet nun *Delta* aus folgenden Gründen aus: Wie auf der erwähnten Seite 31 ersichtlich, fand im Frühsommer -359 Jupiters Konjunktion mit der Sonne etwa bei *Omega Geminorum* statt, und somit war Jupiter bei seiner Konjunktion mit *Delta* etwa drei Wochen darnach nur knapp in der hellen Morgendämmerung sichtbar, *Delta* selber aber nicht. Wegen des oben erwähnten Vorrückens um etwa 4° trat bei der nächste Gelegenheit im Frühsommer -347 die Konjunktion mit der Sonne fast genau bei *Delta* ein, also die Konjunktion mit *Delta* bei totaler Unbeobachtbarkeit Jupiters. Folglich verlief dann nach einem weiteren siderischen Umlauf im Frühsommer -335 Jupiters Begegnung mit *Delta* und der Sonne in umgekehrter Reihenfolge symmetrisch zu jener -359, also mit unbeobachtbarer Konjunktion mit *Delta* in der hellen Abenddämmerung.

Erst weitere 12 Jahre später bestand eine gewisse geringe Chance, eine Bedeckung von *Delta* zu sehen.

Bevor diese genauer abgewogen werden soll, sei bemerkt, dass die Philologen es für äusserst unwahrscheinlich halten, dass das den Beobachtungsbericht enthaltende Buch um diese Zeit nicht schon geschrieben war. Die Beobachtung hätte ja auch nur etwa 20 Monate vor ARISTOTELES' Flucht aus Athen und nur 30 Monate vor seinem Tod im Exil stattgefunden. Zudem war sie also astronomisch nicht leicht möglich: Jupiter stand 30 bis 35° östlich der Sonne bei mässig steiler Lage der Ekliptik zum Horizont und bei verlängerter hochsommerlicher Dämmerung (ein Effekt, der auch auf der Breite von Athen noch eine Rolle spielt; man gestatte ein augenblickliches Fallenlassen der Voraussetzung strikt siderischer Betrachtung und bedenke, dass der Sommersonnenwendpunkt unweit *Delta* in der Nähe von *Zeta Cancri* lag, weshalb der Wendekreis heute noch «des Krebses» heisst, was auf EUDOXOS^{8b)} zurückgeht). In dieser Lage Jupiters war folglich die Chance, die Konjunktion mit *Delta* als Bedeckung zu erkennen, nicht viel besser als etwa die heutige, neben Merkur in allgünstiger Lage einen Stern 3. Grösse zu sehen, was dem Schreibenden noch nie gelungen ist. Zusammenfassend ist *Delta Geminorum* also fast mit Sicherheit ausgeschlossen.

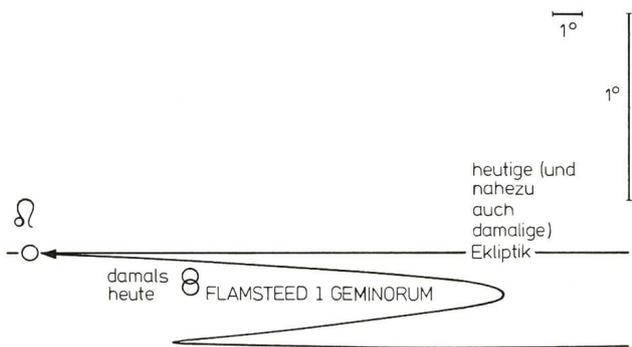


Fig. 2: Jupiter-Oppositionsschleife 1965/1966 und nahezu auch -360/-359. (Darstellung 6-fach überhöht).

Infolgedessen ist der fragliche Stern der verbleibende *Flamsteed 1 Geminorum*. Fig. 2 zeigt die Situation für das früheste in Frage kommende Jahr -359, in welchem Fall die Bedeckung im Spätwinter auf dem oberen Z-Ast der Schleife stattgefunden hätte. Auch einen siderischen Umlauf später, im Winter -348/-347 kommt, mit Einräumung der erwähnten etwas unsicheren Ekliptiklage, nur der obere Z-Ast in Frage. Erst -336/-335 wäre die Bedeckung in der Nähe des oberen Stationärpunktes gelegen gewesen und somit eventuell auf dem mittleren Ast. In dem wie oben erwähnt aus historischen Gründen unwahrscheinlichen Winter -324/-323 lag vermutlich *Flamsteed 1* etwas westlich des oberen Stationärpunktes und (wie schon in den vorherigen Fällen) zu weit nördlich des unteren Astes, so dass dieses Datum auch astronomisch ausgeschlossen sein könnte.

Für den rein astronomischen Teil der Kulturgeschichte dürfte das wesentlichste Resultat dieser Untersuchung sein, dass im -4. Jahrhundert so schwache Sterne wie 4.2 bewusst beobachtet und vermutlich auch verzeichnet wurden. In der ganzen heute erhaltenen Literatur dieses Jahrhunderts ist sonst nur ein einziger noch schwächerer Stern namentlich erwähnt, nämlich *Kappa Cephei* in den Eudoxischen Fragmenten^{8c}).

Es liegt nun sehr nahe anzunehmen, dass während der Sechzigerjahre des -4. Jahrhunderts in der Platonischen Akademie die Oppositionsschleifen der 3 äusseren Planeten sehr sorgfältig überwacht wurden, um EUDOXOS' berühmte Hippopede-Theorie¹⁰) zu vollenden oder zu überprüfen, wozu ein ziemlich dichtes Netz von Anhaltsternen längs der Ekliptik hatte verzeichnet werden müssen. Es wäre auf diese Weise wohl Wochen im voraus festgestellt worden, dass eine Bedeckung oder ein naher Vorübergang bevorstand. EUDOXOS selber kam etwa -368 nach längerer Studien- und Lehrtätigkeit in der Fremde nach Athen zurück und lehrte an der Akademie bis zu dem unbekanntem Datum, als er nach Knidos übersiedelte und dort etwa -355 starb. ARISTOTELES' Werk verrät recht deutlich den Einfluss des EUDOXOS aus dieser Zeit, und ich glaube, dass es der Beobachtungsanleitung durch EUDOXOS zuzuschreiben ist, dass ARISTOTELES in astronomischen Belangen ein viel besserer und kritischer Beobachter ist als etwa in physikalischen.

So dürfte die Beobachtung der Bedeckung *Flamsteed 1 Geminorum* durch Jupiter unter dem direkten oder indirekten Einfluss des EUDOXOS erfolgt sein,

wenn nicht sogar in dessen Beisein. ARISTOTELES berichtet ja von einer Mehrzahl von Beobachtern¹⁾. Jedenfalls wird es mich gar nicht wundern, wenn wie eingangs erwähnt eine künftige Datierung des Ereignisses das Jahr -359 bestätigt und die übrigen ausschliesst.

Nachtrag:

Eine mir nachträglich bekannt gewordene Alternative von F. LASSERRE (Eudoxos, de Gruyter Berlin 1966) setzt den unveränderten Lebenslauf des Eudoxos etwa 10 Jahre später, was die hier im letzten Abschnitt geäusserte Mutmassung etwas einschränkt.

Literaturverzeichnis:

- 1) ARISTOTELES: Meteorologica, Kap. 1-6, Abschn. 343 b.
- 2) KEPLER: Astronomia Nova, Ausg. 1609, S. 323.
- 3) I. DÜRING: Aristoteles (Winter, Heidelberg 1966) S. 347, Fussnote 12.
- 4) W. K. C. GUTHRIE, Ausgabe Aristoteles: Peri Ouranou (Loeb, London 1939) Fussnote S. 205.
- 5) B. L. VAN DER WAERDEN: Erwachende Wissenschaft, Bd. 2, S. 128. (Birkhäuser, Basel 1968).
- 6) K. SCHUCH: Planetentafeln für Jedermann (Linsler, Berlin 1927), Kolonne XX.
- 7) O. PEDERSEN: A Survey of the Almagest (University Press, Odense 1974).
7a) S. 412.
7b) S. 252 und 358.
- 8) HIPPARCHOS: Aratou kai Eudoxou Phainomenon Exegesis.
8a) Buch 1, Kap. 2, Abschn. 10 und 18.
8b) Buch 1, Kap. 2, Abschn. 18 und Buch 2, Kap. 1, Abschn. 20.
8c) Buch 1, Kap. 2, Abschn. 11.
- 9) ARISTOTELES: Ethika Nikomacheia, Buch 10, Abschn. 172 b.
- 10) G. V. SCHIAPARELLI: Le sfere omocentriche di Eudosso (Istituto Lombardo, Milano 1877).

Adresse des Verfassers:

K. LOCHER, Rebrain 39, CH-8624 Grüt.

L'observation des galaxies avec la machine Cosmos

par P. R. WILLIAMS et N. M. PRATT, Edimbourg, Australie.

Les progrès réalisés dans les domaines de la technologie des télescopes et des produits photographiques, qui permettent de déceler des objets beaucoup moins perceptibles et beaucoup plus distants avec une meilleure résolution, ont conduit à la mise au point d'une machine qui porte le nom de COSMOS (pour les initiales des termes anglais signifiant respectivement Coordonnées, Dimensions, Magnitudes, Orientations et Formes). Cette machine détecte et mesure à grande vitesse les positions et les détails de structure de nombreuses images d'étoiles et de galaxies précédemment enregistrées sur plaques photographiques. Elle offre un lien entre les télescopes photographiques et l'astronomie qui permet d'aborder de nombreux problèmes passionnants.

Une étude de l'hémisphère céleste boréal effectuée il y a quelque vingt-cinq ans au moyen du télescope SCHMIDT grand-angulaire de 1,22 mètre d'ouverture du Mont Palomar, en Californie, s'est avérée d'une valeur inestimable pour toutes les branches de l'astronomie. Dans l'hémisphère austral, la construction de gros instruments comme le télescope anglo-australien de 3,9 mètres a conduit le Conseil britannique de la recherche scientifique à prendre, en 1970, la décision de construire un télescope SCHMIDT grand-angulaire de 1,22 mètre d'ouverture à Siding Spring, en Australie, pour étudier l'hémisphère céleste austral.

Les progrès réalisés dans les domaines de la technologie des télescopes et des produits photographiques depuis la construction de l'instrument du Mont Palomar permettent au nouveau télescope de détecter des objets beaucoup plus faibles et plus distants avec une meilleure résolution, au point que l'on peut utiliser directement les observations pour étudier la structure d'une importante partie de l'Univers, et détecter des objets célestes inhabituels, qui pourront être examinés plus en détail par de plus gros télescopes du type petit-angulaire.

Cependant, pour parvenir à ces résultats objectivement, il fallait disposer d'une machine qui détecterait