

SCIENCA REVUO de Internacia Scienca Asocio Esperantista BEOGRAD, Jugoslavio	El Vol. 22 n-ro 5-6/91-92 25.12.1971.
--	---

EVOLUO DE ASTRONOMIAJ OBJEKTIVOJ KAJ TELESKOPSPEGULOJ

(Y. Väisälä kaj L. Oterma, Turku, Finnlando) *)

La verkintoj komence priskribas mallonge la konkuron, kiu dum jarcentoj regis inter astronomiaj lens- kaj spegulobjektivoj. Poste ili raportas pri kelkaj optikaj laboroj kaj studoj, realigitaj kaj planataj en la Universitato de Turku. La artikolo finiĝas kun pritraktado de la plej nova evoluo de spegulmaterialoj kaj optikaj vitrotipoj.

Astronomiaj lornoj aŭ spegulteleskopoj?

Oni ne povas diri kiu inventis la lornon, sed estas evidente ke ĝi fariĝis grava astronomia ilo, post kiam Galileo Galilei, eksciinte en la 1609. pri nederlanda lornokonstruado, pretigis al si lornon kaj direktis ĝin al la ĉielo. Tiu tipo, nederlanda lorno aŭ lorno de Galileo, havas simplan konveksan lenson kiel objektivon kaj konkavan lenson kiel okularion. Per siaj lornoj Galileo malkovris i.a. 4 satelitojn de Jupitero. Grava malavantaĝo de la lorno de Galileo estas tre limigita vidkampo. Kepler enkondukis konveksan lenson kiel okularion kaj tiel povis konsiderinde pligrandigi la vidkampon. Tiu lorno de Kepler aŭ astronomia lorno estigas renversigitajn bildojn, sed ĉe la rigardado de steloj tio ne ĝenas. Poste Kepler aligis al la okulario duan lenson, kiu renversis la renversitan bildon kaj tiel fariĝis "terestra" lorno kun rektaj bildoj.

*) Astronomia-optika Instituto de la Universitato de Turku

La plej grava malavantaĝo ĉe la unuaj lornoj tamen estis la kolo-reco de la bildoj /kromata aberacio/. Ĉi tiu malavantaĝo malpliigis per plilongigo de la fokusa longo de la objektivo. Tial la astronomiaj lornoj pli kaj pli longiĝis ĝis deko da metroj. La plej longajn lornojn oni konstruis sen tubo, muntante la objektivon sur alta stativo, eble sur alta turo, dum la okulario restis tere. La uzo de tiaj "aerlornegoj" kompreneble estis tre malfacila. Oni tamen faris plurajn rimarkindajn malkovraĵojn: Huygens eltrovis la Saturnajn ringojn, Cassini la malhelan strion ĉe la ringoj ktp. - La utiligo de la lorno por mezuroj komenciĝis nur multe pli poste. Antaŭ la invento de la lorno la plej precizaj stelpozicioj estis tiuj de Tycho Brahe, kiu atingis ĉirkaŭ 1'-an precizecon. Hevelius konstruis longajn lornojn /49 m/, sed stelpoziciojn li mezuris senlorne, atingante fenomenan precizecon.

La kromatan aberacion de la objektivo oni povas tute eviti utiligante konkavan spegulon kiel objektivon. Tiel fariĝis reflektaj teleskopoj. Ĉe la Gregory-tipa teleskopo la lumradioj reflektiĝas de la konkava spegulo, trapasas ĝian fokuson kaj trafas malgrandan konkavan spegulon, kiu reflektas ilin, tra centra truo de la primara spegulo, en la okularion. Tia teleskopo donas rektajn bildojn. Ĉe la Cassegrain-tipa teleskopo la sekundara spegulo estas konkava. La teleskopo tiel fariĝas iom malpli longa, kaj la bildoj estas renversitaj. Newton uzis en sia teleskopo 45°-klinan ovalan planspegulon kiu reflektis la lumradiojn, tra la flankata truo de la teleskoptubo, en la okularion. Newton-tipan teleskopon la plej ofte uzas la amatora astronomoj.

La reflektaj teleskopoj atingis grandan signifon en astronomiaj esploroj, post kiam germandevena muzikinstruisto W. Herschel, transloĝiginte en Anglujon, komencis, pro sia ŝatokupo, konstrui grandajn metalajn spegulojn. Post la eltrovo de Urano, 1781., li fariĝis privata astronomo de la reĝo. La diametro de lia plej granda spegulo estis 1,2 m. Ĉe tiu ĉi teleskopo la primara spegulo estis iom kline en la tubo, kaj oni rigardis bildon tra okulario muntita al la rando de la

tubfino. Herschel observis per siaj teleskopoj multajn stelamasojn kaj nebulozojn, kaj la nombro de observeblaj fiksj steloj multobliĝis.

Esenca plibonigo de la lenslornoj eblis, kiam oni komencis fari objektivajn el du diversaj vitrotipoj: el kraŭno kaj flinto. La inventon de la akromata objektivo oni kutime atribuas al la anglo Dollond, kiu en la 1758. patentigis ĝin. La dimensioj de la objektivaj tamen restis malgrandaj, ĉar oni ne kapablis pretigi grandajn vitrodiskojn sufiĉe homogenajn. Tiel la reflektaj teleskopoj daŭre superregis ĝis la fino de la 18.-a jarcento.

Dank'al la germano Fraunhofer /1787.-1826./ la lenslornego superis la spegulan teleskopon dum la unuaj jardekoj de la lasta jarcento. Li laboris kun la optika firma Utzschneider en Munkeno. Aplikante la liniojn, kiujn li malkovris en la suna spektro, la t.n. liniojn de Fraunhofer, li bazigis la objektivfaradon sur ekzaktajn metodojn. Samtempe laboris en tiu fabriko svisa fajnmekanikisto Guinand, kiu elpensis rimedon agiti la fluidan vitromiksaĵon ĉe la muldado por fabriki homogenajn vitrodiskojn. La firma Utzschneider & Fraunhofer tiel sukcesis pretigi relative grandajn objektivajn /20-38 cm/, kiuj en la precizeco egalas al la nuntempaj objektivaj. Iom post iom aliaj sekvis la munkenan ekzemplon. La plej granda objektivo pretiĝis por la observatorio Yerkes en la 1893. Ĝia diametro estas 102 cm kaj fokusa longo preskaŭ 20m. — Pri la supre cititaj kaj aliaj astronomiaj observadiloj de pasintaj jarcentoj oni povas detale legi ekzemple en [1].

Ni citu ĉi tie ke al la observatorio de Turku oni akiris antaŭ 150 jaroj la plej bonajn tiutempajn instrumentojn, per kiuj Argelander observis la mondfaman stelkatalogon /DLX stellarum fixarum positiones mediae ineunte anno 1830. Ex. obs. Aboae/, kiun oni utiligis ĝis nunaj tempoj ĉe la kunmetado de la fundamenta stelkatalogo. Ĉi tiuj instrumentoj ankoraŭ estas en la observatorio de Helsinko, kaj iliaj objektivaj estas unuarangaj laŭ la mezuroj de Y. Väisälä [2].

Nova evoluperiodo por la speguloj

Nova evoluperiodo komenciĝis por speguloj ekde la mezo de la pasinta jarcento, kiam Liebig sukcesis plaki arĝenton sur vitron. En la 1857. Foucault montris, ke en la astronomio oni povas utiligi vitrajn spegulojn plakitajn per maldika arĝenta tavolo. Dank'al la angla doktoro Common la vitraj teleskopspeguloj fariĝis grandaj [1]. Li komencis pretigi al si spegulon je 1,5 m de diametro, sen fari iun ajn eksperimenton en pli malgranda skalo. Iu tiea optikisto diris, ke la laboro daŭros 5 jarojn, kaj li pravis. Al la konstruado de grandaj teleskopoj decise instigis la 92cm-a Crossley-reflektoro, farita de Common, kiun oni sukcese uzis en la usona Lick-Observatorio. En la komenco de ĉi tiu jarcento pretiĝis sur Monto Wilson 1,5-metra teleskopo kaj iom poste 2,5-metra, kiu restis la plej granda en la mondo ĝis pretigo de la 5-metra teleskopo sur Monto Palomar en la 1947.

Por eviti malfacilaĵojn, kiuj aperas ĉe la muldado de grandaj vitrodiskoj, oni elpensis variajn rimedojn estigi grandan spegulon el pluraj partoj. La tipo proponita kaj provizore eksperimentita de ni prezentas tiun avantaĝon, ke fazaj diferencoj ne estiĝas inter la lumradioj reflektitaj de unuopaj speguloj [3,4].

Ĉe la observado de malmulte lumantaj steloj la teleskopoj, pro sia granda aperturo, superregis la lornegojn. Sed por eviti la sferan aberacion la tiamaj teleskopoj havis parabolajn spegulojn, kies vidkampo estas tre limigita. Tial, se oni volis fotografi la plej eble grandan kampon, 3-kaj plurlensaj objektivoj dominis ĝis ĉ. la 1930. Tiam estondevena Bernhard Schmidt pretigis kaj publikigis aplanatan teleskopon provizitan per korektiga plato [5]. La spegulo estas sferforma, kaj eĉ kun granda relativa aperturo la bildoj estas netaj en granda kampo, sed la bildoj fariĝas sur konvekso surfaco, kies kurbeca radio preskaŭ egalas la fokuslongon. Utiligante, anstataŭografiaj platoj, en sferformon prematan filmon li sukcesis fotografi tiun grandan kurban kampon. Oni poste elpensis multajn modifojn de tiu teleskopo, kaj ĝi atingis vastegan uzon en la astronomio. La plej granda Schmidt-tipa teleskopo estis dum multaj jaroj tiu de Monto Palomar, kies aperturo estas 120 cm. Sed antaŭ 10 jaroj oni konstruis al la observejo Karl-Schwarzschild, Tautenburg, Germanujo, pli grandan /diametro de la korektiga plato 134 cm/ teleskopon por universalaj celoj.

Ideoj kaj eksperimentoj en Tuorla

Ni citu ankaŭ ke Y. Väisälä jam en aprilo de la 1924. prezentis, en siaj optikaj prelegoj en la Universitato de Turku, la principojn de Schmidt-tipa teleskopo kaj de aliaj teleskopoj kun korektiga plato, sed pro diversaj kaŭzoj li ne tuj publikigis siajn elpensojn [6]. — Li ankaŭ tro alte taksis la tiamajn 3- kaj 4-lensajn anastigmatajn objektivojn, kiujn oni jam fabrikis ĝis la diametro de 40 cm.

Per kelkaj ŝanĝetoj la citita aplanata teleskopo kun korektiga plato povas fariĝi tia, ke kutimaj planaj fotografiaj platoj uzeblas. Tian teleskopon konstruis Y. Väisälä en la 1934., unue malgrandan, 172/344 mm, kaj tuj poste pli grandan kun 500 mm de aperturo kaj 1031 mm de fokuslongo, por planaj fotografiaj platoj de $12 \times 12 \text{ cm}^2$. La korektiga plato estas iom pli proksime al la spegulo ol en Schmidt-teleskopo, kaj ĝuste antaŭ la fotografia plato estas konvene kalkulita bikonvekso kamplenso, kiu planigas la bildkampon. Tiel rezultas praktike perfekta anastigmata teleskopo [7]. Post kiam la citita teleskopo ricevis siajn proprajn muntaĵon kaj observejon, ni utiligis ĝin sukcese por fotografado de planedetoj. Dum ĉ. 15 jaroj ni eltrovis pli ol 800 novajn planedetojn kaj 6 kometojn kiel kromrezultatton [8].

La planan bildkampon oni povas pligrandigi farante ankaŭ la spegulon iom nesfera. Tian teleskopon ni faris en la 1939.- 388/688 mm. Ankoraŭ pli efektivan sistemon oni povas estigi deformante eĉ la kamplenson. Teleskopojn enhavantajn korektigan platon L. Oterma detale studis [6].

La observatorio de Tuorla, proksime al Turku, havas en eksperimenta stadio duoblan teleskopon. Per anastigmata fotografia teleskopo — 700/700/1719 mm — ni jam prenis kelkajn fotografiojn. En alian tubon ni konstruos aplanatan sistemon — 600/600/3438 mm [9].

Kelkaj teleskopkonstrukcioj, planitaj jam antaŭ jardekoj, ankoraŭ restas nerealigitaj. Ekzemple estas eble anstataŭi la korektigan platon per kombinaĵo de du el sama vitro konvene kalkulitaj lensoj, kies fokuslongo estas senfina sed kies sfera aberacio kompensas tiun de la konkava sfera spegulo. Kiel ekzercan laboron studentino Aino Kouri kalkulis en la 1938. tian sistemon, sed la studo estas detale publikigita [6].

Per konkava spegulo, kun diafragmo ĉe la centro de kurbeco, oni povas fotografi preskaŭ 180° longan, mallarĝan, ekz. 3° , zonon. Ĉe malgrandaj teleskopoj la relativa aperturo povas esti 1:7 ĝis 1:5, kaj korektiga plato ne estas necesa. Mallarĝa filmo estas premata kontraŭ cilindra surfaco, kies centra kurbeca linio trapasas la centron de la diafragma aperturo. Kompreneble la kampo fariĝas pli larĝa, se oni prenas filmon en sferformon, sed eĉ cilindra surfaco ebligas la plilarĝigon de la kampo, se oni utiligas konvene kalkulitan toroidan kamplenson, kies profilo similus al tiu de la anastigmata teleskopo. La sfera spegulo ne devus esti ronda, sed oni povas konvene tranĉi ĝin je kontraŭaj flankoj. Per tia teleskopo oni povas dum unu nokto fotografi grandan parton de la ĉielo, kio utilas ekz. por certaj traobservadprogramoj. — La relativa aperturo povas konsiderinde pligrandiĝi, se oni nuligas la sferan aberacion per unu aŭ pluraj meniskoj, kies centroj de kurbeco estas en la centro de la diafragmo. La uzadon de meniskoj anstataŭ la korektiga plato unue proponis Bouwers kaj iom poste, sendepende, Maksutoff.

Spegulmaterialoj

Antaŭ ol lasi la teleskopojn ni devas mencii ion pri la evoluo de spegulmaterialoj. La 2,5-metran spegulon de Monto Wilson oni muldis el ordinara spegulvitro /Saint Gobain, Francio/. Ĉar tia vitro havas grandan temperaturan koeficienton de dilato, $9 \cdot 10^{-6}$, la formo de la spegula surfaco ĝene ŝanĝiĝas kun temperaturo. La citita koeficiento de teknikaj vitroj /Pyrex, Duran ktp./ estas konsiderinde malpli granda, $3-4 \cdot 10^{-6}$. La spegulo de 5 m sur Monto Palomar estas el Pyrex-vitro. La koeficiento de la fandita kvarco, $4 \cdot 10^{-7}$, estas nur dekono de tiu de Pyrex, sed la fabrikado de grandaj kvarcdiskoj estas malfacila kaj la prezo alta. Dum la lastaj jaroj oni evoluigis ceramikajn vitrojn, kies temperatura koeficiento de dilato estas multe pli malgranda ol tiu de la fandita kvarco, kaj la fabrikado pli facila. Oni komencis utiligi ilin por teleskopspeguloj. Ni esploris du tiajn materialojn: CER-VIT de Owens-Illinois /Usono/ kaj Zerodur de Jenaer Glaswerk Schott & Gen., Mainz /Germanujo/. Ni pretigis el ambaŭ materialoj 1-metrajn interajn kalibrilojn kun sferformaj ekstremaĵoj por metronomiaj celoj. Ĉi tiujn ni komparis en nia interferenca komparilo inter si kaj kun kvarcmetroj /precizeco 0,00001 mm/ en temperaturoj de $+5^\circ$ ĝis $+35^\circ$.

Al kelkaj el ili ni determinis absolutan temperaturekvacion. La rezulto estas, ke la temperaturaj koeficientoj de dilato de ambaŭ materialoj estas malgrandaj sed negativaj. La koeficientoj de ĉiuj esploritaj metroj el Zerodur /7 entute/ ĉe $+20^{\circ}$ estas ĉ. $-85 \cdot 10^{-9}$, dum la mezuritaj CER-VIT-metroj havas duoblan koeficienton. Ni intencas daŭrigi la laboron, por vidi ĉu okazos ŝanĝoj ĉe la metroj. Tio havas gravan signifon en astronomio, kiam oni projektas grandajn spegulteleskopojn.

Laŭ eksperimentoj de la lastaj jaroj ankaŭ metalspeguloj ŝajnas havi novajn eblecojn. Ni citu ke, per iniciato de profesoro Zagar [10] pretiĝis en la Observatorio de Milano teleskopo, kies 137cm-a spegulo estas el pura aluminio, kovrita per maldika, malpli ol 0,08 mm, kompakta tavolo de alojo de nikelo. Post polurado oni plakis la spegulon per alumina tavolo, kiel kutime la vitrajn spegulojn. La avantaĝo de tia spegulo estas, ke ĝi havas bonan varmokondukton kaj rapide sekvas la variojn de temperaturo. Ĉar ankaŭ la tubo estas el preskaŭ sama materialo, la fokusa ebena restas fiksa ĉe la temperaturvarioj.

Ĉe la materialoj de astronomiaj objektivoj ankaŭ okazis epokfaranta evoluo. La supre citita firma Jenaer Glaswerk Schott & Gen, Mainz, evoluigis novajn vitrotipojn KzF - mallongaj flintoj. Ĉi tiuj estas flintoj, kies disperson oni sukcesis mallongigi en la violeta parto de la spektro. Kombinante ilin kun konvenaj kraŭnoj oni povas konstrui pli bone akromatajn objektivojn /apokromatajn/. Antaŭ kelkaj jaroj la firma inventis novan vitrotipon, kies disperso estas pli malgranda ol tiu de la ĝistiamaj fluorvitroj. La disperson karakterizas la nombro de Abbe ν . La malnovaj vitroj havis maksimume $\nu=70$, dum la novaj fluorvitroj atingas $\nu=84$. Sed grave estas, ke la disperso de la novaj fluorvitroj relative pligrandiĝis en la violeta parto de la spektro. Kombinante lensojn el ĉi tiu vitrotipo kaj kutiman kraŭnlenson $\nu=60$ oni povas redukti almenaŭ aldekono la restantan kromatan aberacion, "sekundaran speptron", kaj la objektivo estos praktike perfekta apokromato en la tuta videbla spektroparto. Bedaŭrinde neblas fabriki grandajn diskojn el tiuj novaj fluorvitroj /nune ĝis la diametro de 16 cm/, kaj la prezo estas "astronomia".

Novaj eblecoj

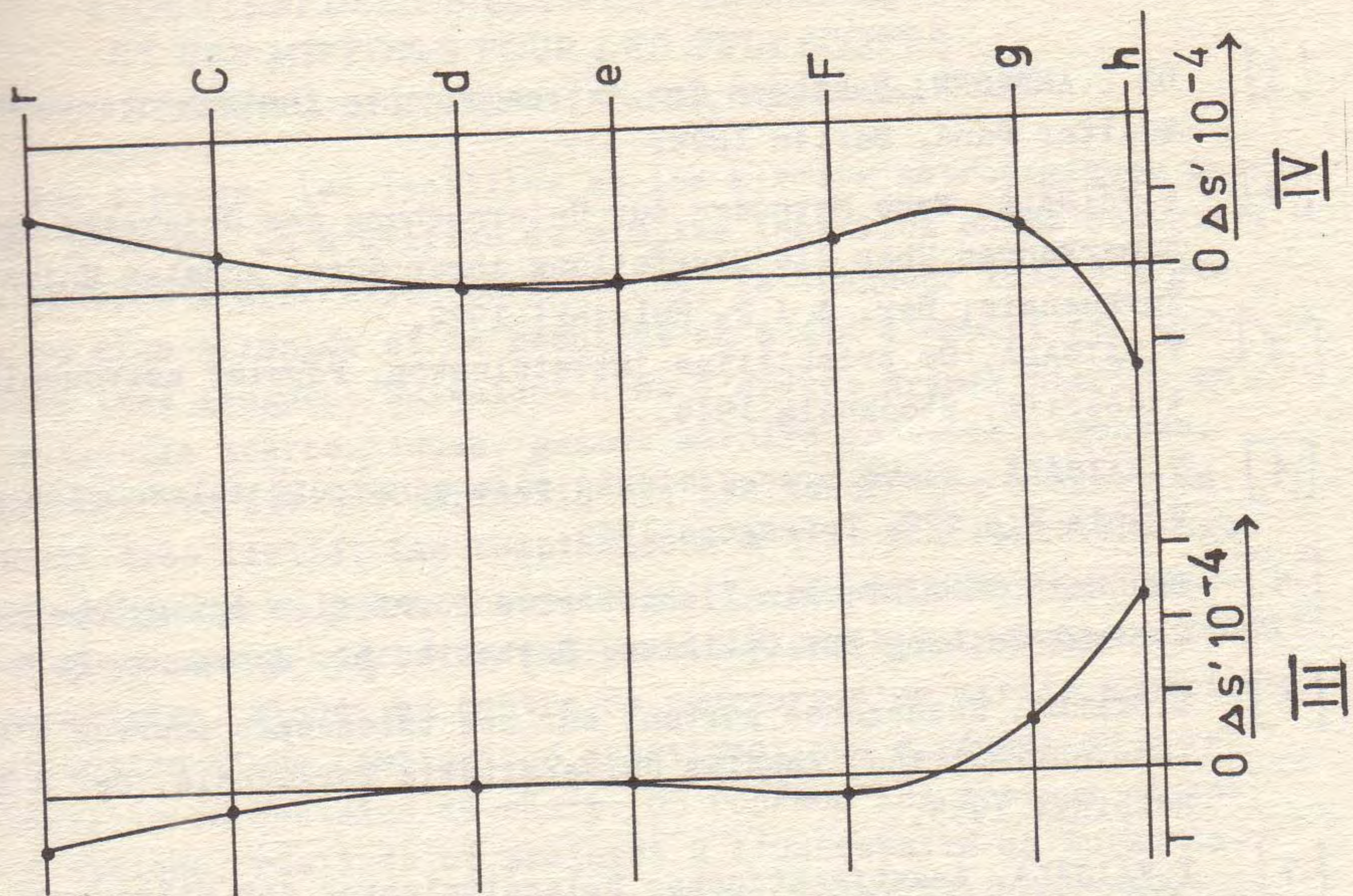
Utiligante 3 konvene kalkulitajn lensojn la optika fabriko Zeiss konstruis jam longe antaŭ la dua mondmilito relative bonajn apokromate korektitajn objektivajn, sed kelkaj surfacoj tiam fariĝis tre kurbaj, pro kio la centrado de lensoj devis esti aparte preciza. Antaŭ nelonge fabrikis Schott&Gen. novan vitrotipon TiKr /profunda kraŭno/ kun $\nu = 52-37$, ĉe kiuj la violeta spektroparto estas plilongigita, tiel ke kombine kun specialaj KzF-vitroj ili ebligas tre precizan korektadon de la kromata aberacio, sed la surfacoj iĝas relative kurbaj. Utiligante 3 lensojn estas eble eviti kurbegajn surfacojn. Ni konstruos tian 3-lensan objektivon, 200/3438 mm, el specialvitroj por precizaj mezuroj. Tri-lensan objektivon oni povas kompreneble kalkuli diversmaniere. Se oni korektas la kromatan aberacion kiel eble plej perfekte en la tuta spektro, la kurbecoj de la surfacoj iom pligrandiĝas, kaj male: se la surfacoj fariĝas malpli kurbaj, ioma sekundara spektro restas. Sed ĉiuokaze la objektivo estos praktike akromata en la videbla spektroparto por vizualaj kaj fotografiaj celoj. Por la ultravioleto eĉ ne estas necese korekti la kromatan aberacion, ĉar la absorbiĝo estas konsiderinda ĉe ĉi tiuj novaj vitroj.

Por ilustrati la sekundaran spektron ni kalkulis ĝin en diversaj kazoj. La grafaĵoj prezentas la variadon $\Delta s'$ de la bildpozicio kun ondolongo, kalkulitan laŭ la katalogo de Schott&Gen. por 2-lensaj akromatoj kaj por nia 3-lensa objektivo. La vitrotipojn de du unuaj kazoj I/ BK 7 & F 2, II/ BK 7 & KzF 2, oni povas fabrikigi ĝis la diametro de 1 m minimume. La sekvantaj objektivaj III/ FK 51 & BK 6, IV/ TiF 2 & KzFSN 4 & PSK 50 entenas specialaĵojn, kio limigas iliajn dimensiojn kaj altigas la prezon dekobla / sed notu bone, ke ankaŭ la skalo de $\Delta s'$ estas dekobla!/. — Variajn aliajn bone akromatajn kombinaĵojn oni povas estigi precipe se la nombro de la lensoj pliiĝus al 3. — Ĉe malgrandaj objektivaj oni sukcesis jam antaŭe redukti la sekundaran spektron utiligante tre pezajn flintojn.

El la supredirito evidentiĝas, ke konkuro regis inter la lenslornego kaj la spegulteleskopo dum jarcentoj. Laŭvice aŭ unu aŭ alia supervenkis por kelka tempo, sed ambaŭ tipoj nun necesas por siaj apartaj celoj.

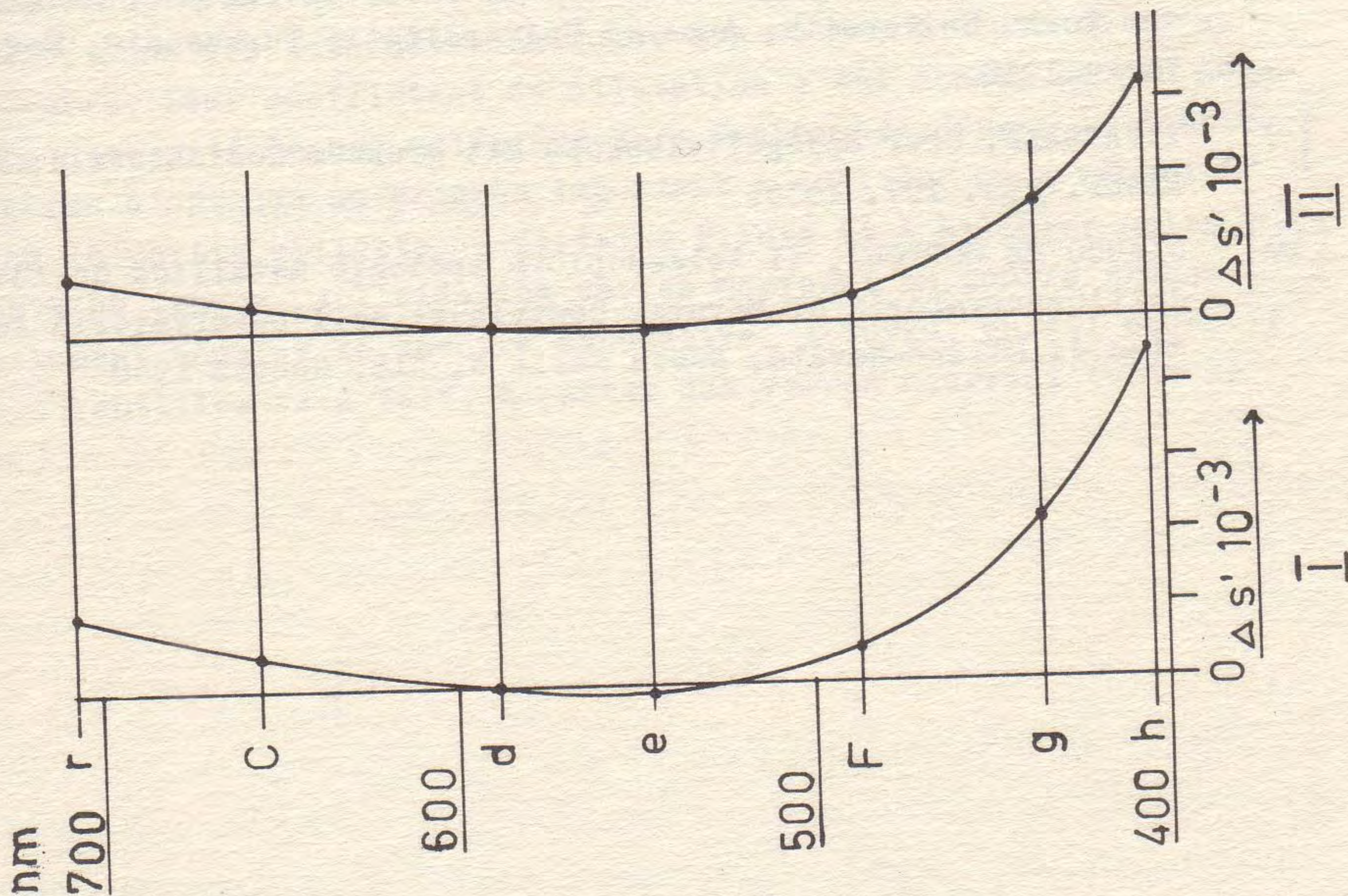
TiF2 & KzFSN4 & PSK50

FK51 & BK6



BK7 & KzF2

BK7 & F2



REFERENCOJ

- [1] DR L.AMBRONN, Handbuch der Astronomischen Instrumentenkunde, Zweiter Band. Berlin 1899.
- [2] Y.VÄISÄLÄ, Neue Methoden zur Untersuchung der Objektive nebst Bemerkungen über die Beurteilung ihrer Güte, Annales Universitatis Turkuensis, Ser. A I 2. Helsinki 1922.
- [3] Y.VÄISÄLÄ, Om prisbilliga jätteteleskop, Populär astronomisk tidskrift. Stockholm 1949.
- [4] Y.VÄISÄLÄ, Nuevo procedimiento para construir telescopios gigantes, Vrania N:o 220. Tarragona 1949.
- [5] BERNHARD SCHMIDT, Ein lichtstarkes komafreies Spiegelsystem, Central-Zeitung für Optik und Mechanik, 52. Jahrgang, Heft 2, 1931.
- [6] L.OTERMA, Recherches portant sur des télescopes pourvus d'une lame correctrice, Annales Universitatis Turkuensis, Ser A XIX. Helsinki 1955.
- [7] Y.VÄISÄLÄ, Anastigmatisches Spiegelteleskop der Sternwarte der Universität Turku, Astr. Nachr. 254, 361, 1935.
- [8] Y.VÄISÄLÄ, Minor Planet Work at the Astronomical Observatory of the Turku University, Annales Universitatis Turkuensis, Ser A X 2. Turku 1950.
- [9] Y.VÄISÄLÄ, Über Spiegelteleskope mit grossem Gesichtsfeld, Astr. Nachr. 259, 197, 1936.
- [10] GLAUCO DE MOTTONI, Il telescopio a specchio metallico de 137 cm dell'Osservatorio di Merate, Contributi dell'Osservatorio Astronomico di Milano-Merate, Nuova Serie N. 315, Genova 1968

Résumé

EVOLUTION DES OBJECTIFS ASTRONOMIQUES
ET DES MIRROIRS POUR LES TELESCOPES

/Y.Väisälä et L.Oterma, Turku, Finlando/

Pendant des siècles, les lentilles et les miroirs astronomiques ont rivalisé. D'abord, on a utilisé de simples lentilles comme objectif. Pour en réduire l'aberration chromatique, la longueur focale a été de plus en plus allongée et le résultat en a été l'emploi des lunettes-air très longues. Suivaient dans l'ordre: grands miroirs en métal, objectifs achromatiques, grands miroirs en verre argentés. Comme les miroirs étaient paraboliques, les télescopes avaient un champ-image très limité. Les combinaisons à 3 et à 4 lentilles ont permis d'atteindre un grand champ-image. La construction des télescopes à grand champ courbé devint possible par l'introduction d'une lame correctrice, placée au centre de courbure d'un miroir sphérique. La construction d'une combinaison anastigmatique a réussi au moyen d'une lentille correctrice de champ. On recense les travaux et les études d'optique, réalisés et projetés à l'Université de Turku depuis 1924. -Dans le cas des grands miroirs, la dilatation thermique provoque des difficultés. C'est pourquoi on a essayé de fabriquer des matériaux ayant un petit coefficient de dilatation. Les auteurs ont fait, dans des buts métronomiques, des mètres à bouts en céramique-verre. Leur coefficient de dilatation s'est montré un peu négatif. La stabilité de ces matériaux sera recherchée. -Dans le domaine des verres d'optique un progrès important a eu lieu. On a réussi à réduire la partie violette de certains Flints et à allonger celle de certains Crowns. A l'aide des verres nouveaux on pourra presque parfaitement annuler le spectre secondaire. A Turku, un tel objectif à trois lentilles sera fait, à partir des verres nouveaux (voir le graph.).

Resumo

EVOLUO DE ASTRONOMIAJ OBJEKTIVOJ KAJ TELESKOPSPEGULOJ

/Y.Väisälä k L.Oterma, Turku, Finnlando/

Konkuro regis inter astronomiaj lensoj kaj speguloj dum jarcentoj. Komence oni utiligis unulensajn objektivajn. Por malpliigi la kromatan aberacion oni pli kaj pli longigis la fokusan longon kaj rezultiĝis longegaj aerlornegoj. Sekvis laŭvice: grandaj metalspeguloj, akromataj objektivaj, per arĝento plakitaj grandaj vitraj speguloj. Ĉar la speguloj estis parabolaj, teleskopoj havis tre limigitan bildkampon. Grandan bildkampon ebligis 3- kaj 4-lensaj kombinaĵoj. Konstruado de spegulteleskopoj kun granda kurba kampo ebligis helpe de korektiga plato metita en la kurbecan centron de sfera spegulo. Pere de planiga kampleno eĉ konstruado de anastigmata sistemo sukcesis. Ĉi-rilataj optikaj laboroj kaj esploroj, realigataj kaj planataj en la Universitato de Turku, ekde la 1924., estas raportataj.

Ĉe grandaj speguloj la temperatura dilato kaŭzas malfacilaĵojn. Tial oni klopodis fabriki materialojn kun malgranda dilato. La verkintoj faris, por metronomiaj celoj, metrojn el novaj keramikaj vitroj. La temperatura koeficiento montriĝis eĉ iom negativa. La stabileco de tiuj materialoj estos studata. — Ĉe optikaj vitroj ankaŭ okazis grava evoluo: ĉe kelkaj flintoj oni sukcesis mallongigi la violetan spektroparton, ĉe kelkaj kraŭnoj plilongigi ĝin. Helpe de novaj vitroj oni povos preskaŭ nuligi la sekundaran spektron. Ĉi-tia trilensa objektivo el novaj vitroj pretiĝos en Turku (vidu la grafikon).