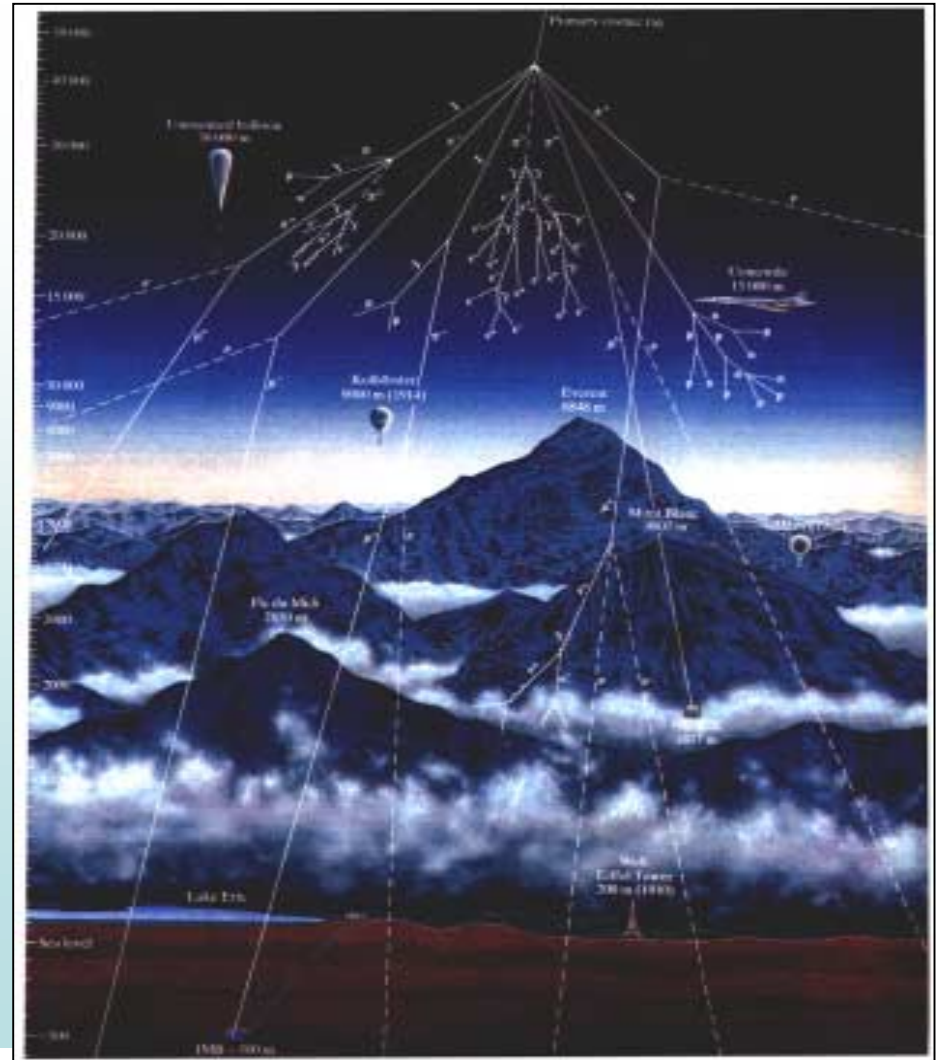


„The Pierre Auger Observatory“

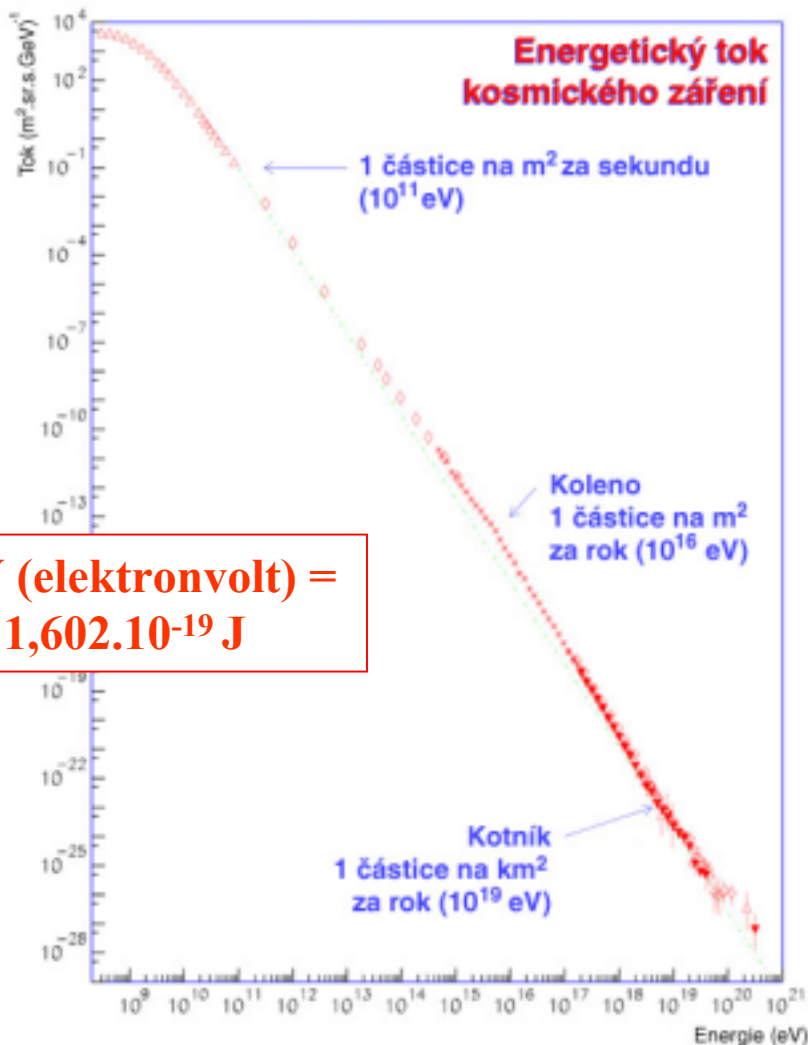
provincie **Mendoza, Argentina**

Co je kosmické záření?

- Kosmické záření je tvořeno částicemi, které přicházejí z vesmíru a neustále bombardují Zemi ze všech směrů.
- Většinu kosmického záření tvoří **protony**, dále obsahuje též atomová jádra a elektrony.



Jaké jsou jeho energie? Rekordní!



1 eV (elektronvolt) =
 $1,602 \cdot 10^{-19}$ J

- Některé částice kosmického záření mají vyšší energie než jakákoli jiná částice pozorovaná v přírodě.
- Částice kosmického záření s rekordně vysokými energiemi se pohybují rychlostí velmi blízkou rychlosti světla a dosahují energií až **stomiliónkrát** vyšší než částice urychlené v největších pozemských laboratořích.

Rekord:
Detektor Fly's Eye, Utah, USA, 15. října 1991
 $3 \cdot 10^{20}$ eV $\approx$ 50 J
(jako tenisový míček letící 80 km/h)

Historie výzkumu kosmického záření



Victor Hess (1883 – 1964)

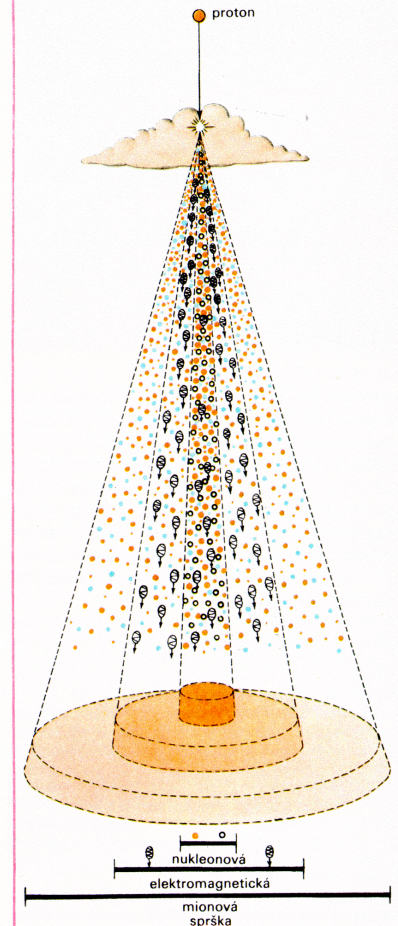
- rakouský fyzik
- balónové lety 1910 – 1912
- výška až 6000 m
- starty z Ústí nad Labem
- **Nobelova cena – 1936**



Pierre Auger (1899 – 1993)

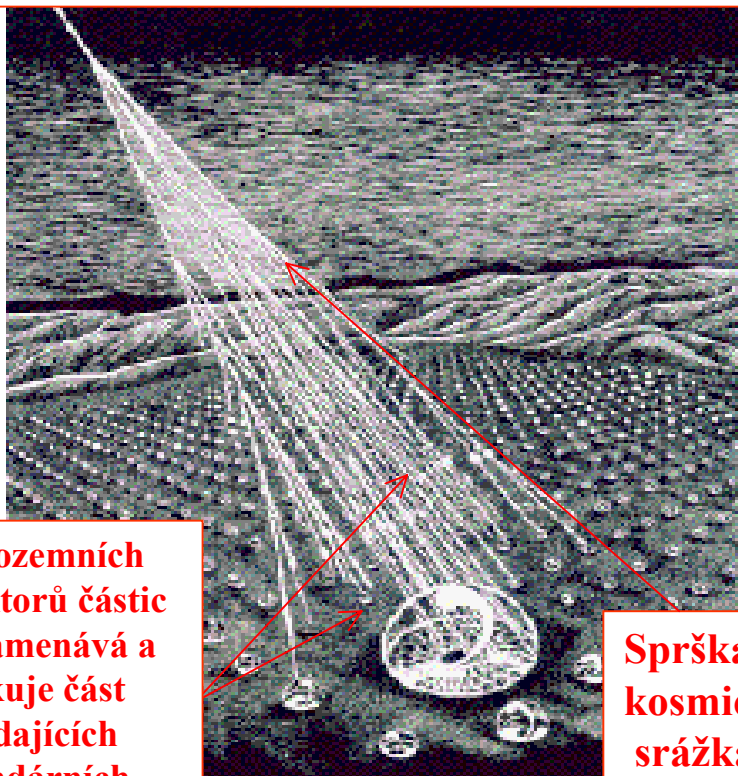
- francouzský fyzik
- výzkumy ve 20. a 30. letech
- objevitel **atmosférických spršek** kosmického záření

Sprška kosmického záření



Jak se kosmické záření detektuje?

Částice primárního kosmického záření (obvykle proton či lehké jádro) dopadá na atmosféru Země z vesmíru



Síť pozemních detektorů částic zaznamenává a vzorkuje část dopadajících sekundárních částic

Sprška sekundárního kosmického záření vzniká srážkami s molekulami atmosféry

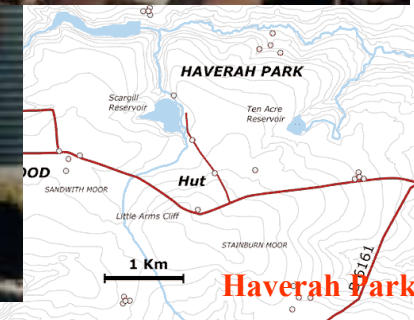
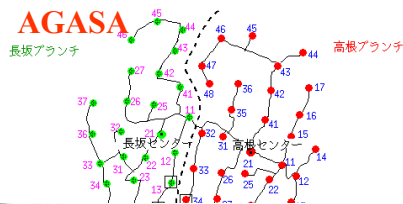
- Počet sekundárních částic je úměrný **energii** primární částice kosmického záření
- Relativní čas detekce jednotlivých sekundárních částic vypovídá **o směru dopadu** primární částice
- Typy detektorů: **pozemní** a **fluorescenční**

Detektory kosmického záření s extrémně vysokými energiemi

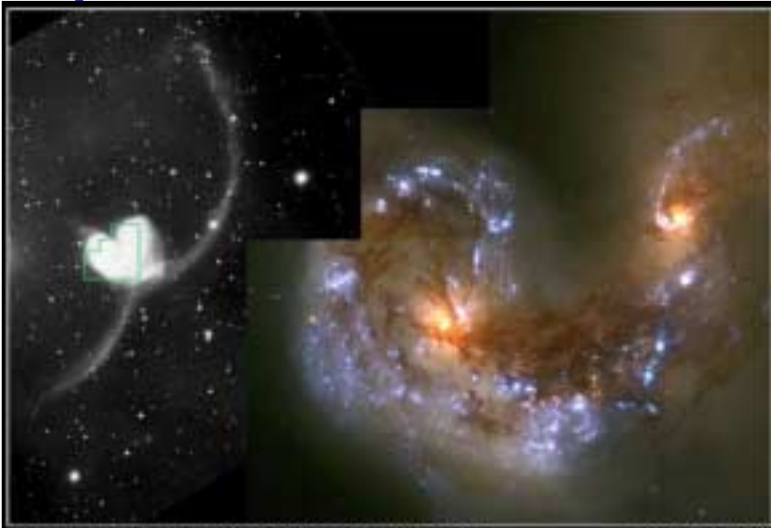
Za více než 40 let měření bylo pomocí 7 různých detektorů detekováno zhruba 200 částic s energiemi nad $4 \cdot 10^{19}$ eV a pouhých 20 částic s energiemi nad 10^{20} eV.



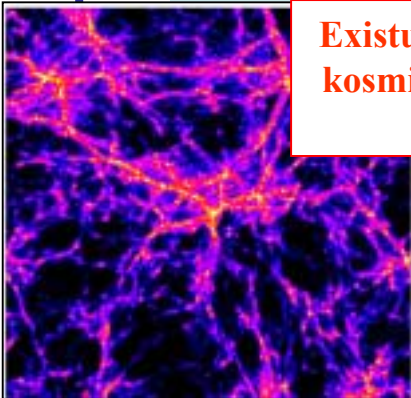
- Volcano Ranch, USA (1959 – 1963)
- SUGAR, Austrálie (1968 – 1979)
- Haverah Park, UK (1968 – 1987)
- Jakutsk, Rusko (1970 – dosud)
- Fly's Eye, USA (1981 – 1992)
- AGASA, Japonsko (1990 – dosud)
- HiRes, USA (1998 – dosud)



Původ kosmického záření



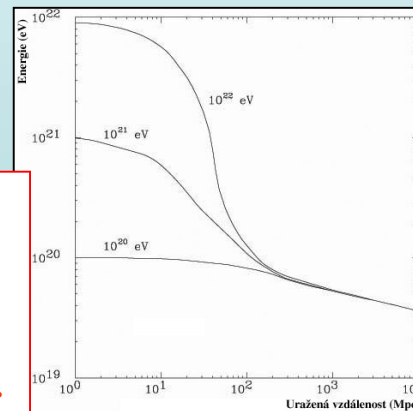
Srážka galaxií: možné místo vzniku částic kosmického záření



Existuje souvislost rozložení zdrojů kosmického záření s velkoškálovou strukturou vesmíru?

Problémem při hledání možných zdrojů je existence meze GZK: Částice ztrácejí energii srážkami s reliktním zářením při své cestě vesmírem.

- Záření s nižšími energiemi ($10^{11} - 10^{18}$ eV) vzniká převážně **v supernovách**, tj. během katastrofického zániku hmotných hvězd.
- Místa vzniku kosmického záření s nejvyššími energiemi **jsou zatím neznámá** (nejspíš ale mimo Galaxii).
- Řešení – nová fyzika, nové objekty? (Nutně potřebujeme detektovat více částic s energiemi nad 10^{20} eV...)



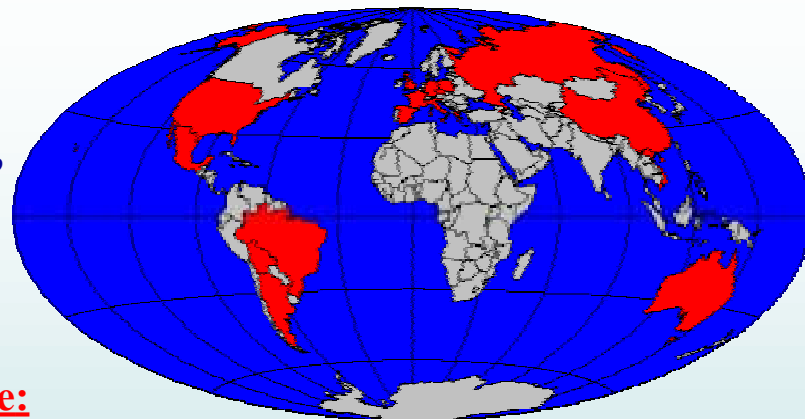
Kvasary a aktivní jádra galaxií: Další možnost pro vznik částic kosmického záření

Mezinárodní spolupráce je podstatou „The Pierre Auger Observatory“

Více než 250 vědců z více než 30 institucí a 19 zemí se účastní při realizaci experimentu.

Zúčastněné země:

Argentina, Arménie, Austrálie, Bolívie,
Brazílie, **Česká republika**, Čína, Francie,
Itálie, Mexiko, Německo, Polsko,
Rusko, Řecko, Slovinsko, Španělsko,
Velká Británie, USA a Vietnam



Spolupracující instituce v České republice:

- Fyzikální ústav Akademie věd ČR
- Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a FzÚ AV ČR
- Karlova univerzita v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta
- Astronomický ústav Akademie věd ČR

**Zúčastněné
země jsou
vyznačeny
červeně.**

Finanční zabezpečení české účasti na projektu:

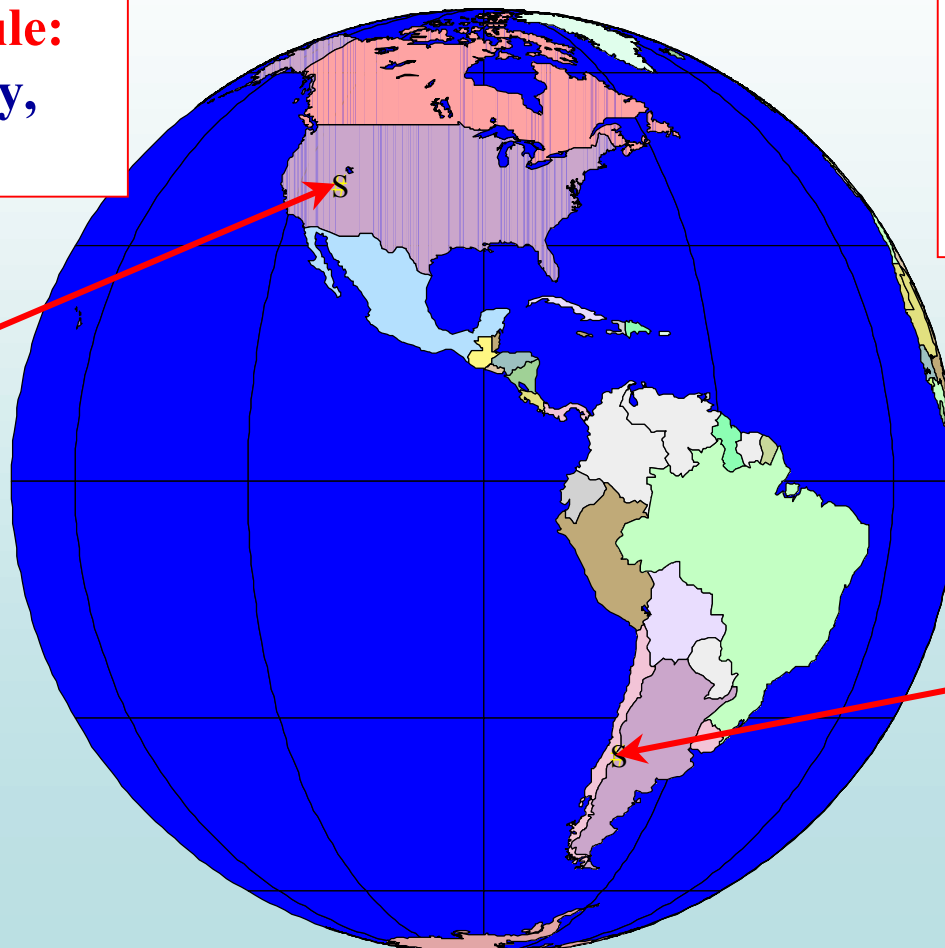
- Grant GA AV ČR č. A1010928/1999
- Podpora MŠMT pro Centrum částicové fyziky č. LN00A006
- Program INGO MŠMT ČR č. LA134



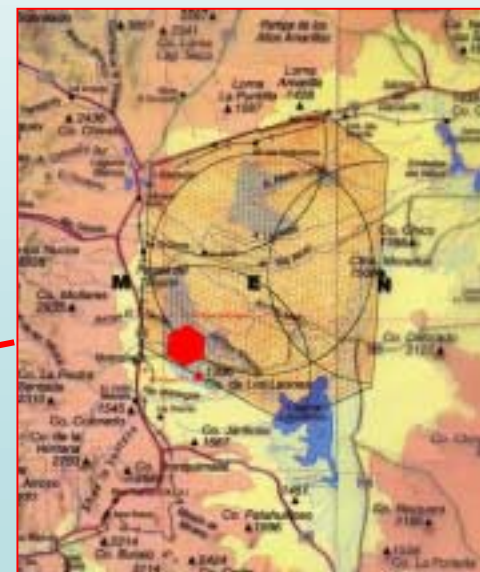
Dvě základny „The Pierre Auger Observatory“

Jako první je v letech 2001 – 2004 budována jižní základna v Argentině.

Severní polokoule:
Millard County,
Utah, USA



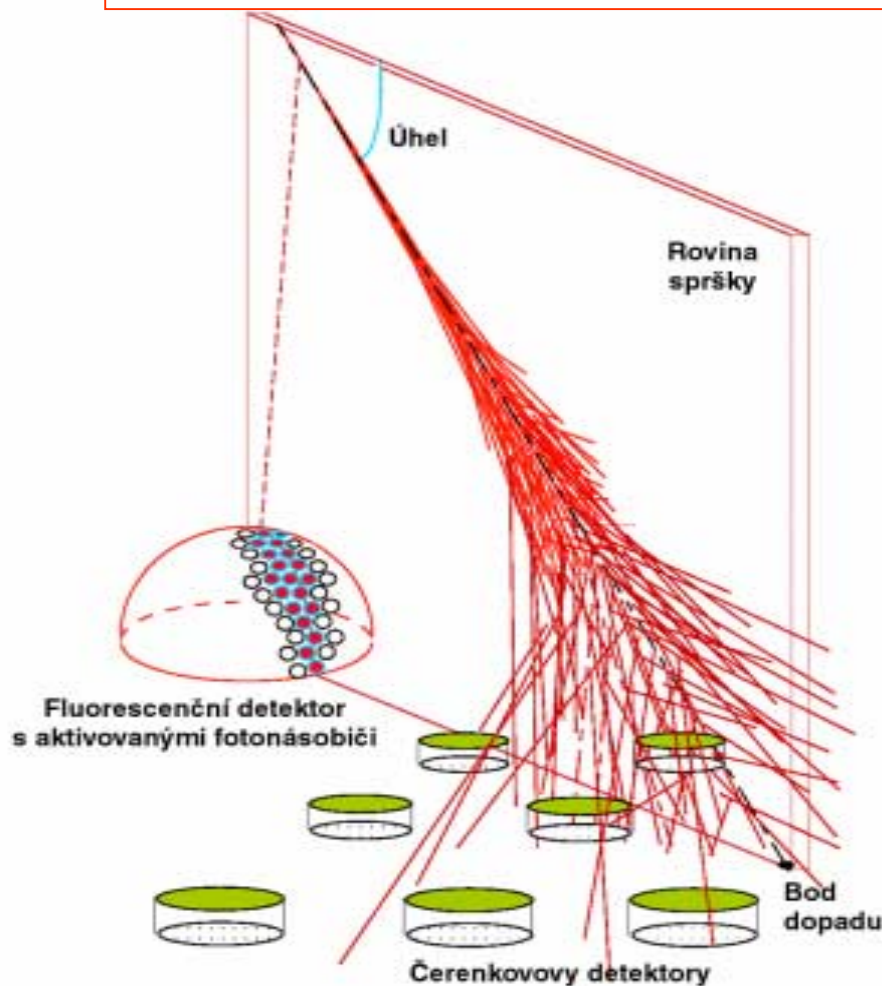
Jižní polokoule:
Malargüe,
provincie Mendoza,
Argentina



„The Pierre Auger Observatory“ = hybridní detektor kosmického záření

- Sít' pozemních Čerenkovových detektorů bude doplněna o soustavu velmi citlivých fluorescenčních teleskopů, které budou za jasných bezměsíčných nocí pozorovat slabé modrofialové (až ultrafialové) světlo, které vzniká jako vedlejší produkt při tvorbě částic spršky kosmického záření.

Schéma funkce hybridního detektoru



Pozemní detektory

„The Pierre Auger Observatory“

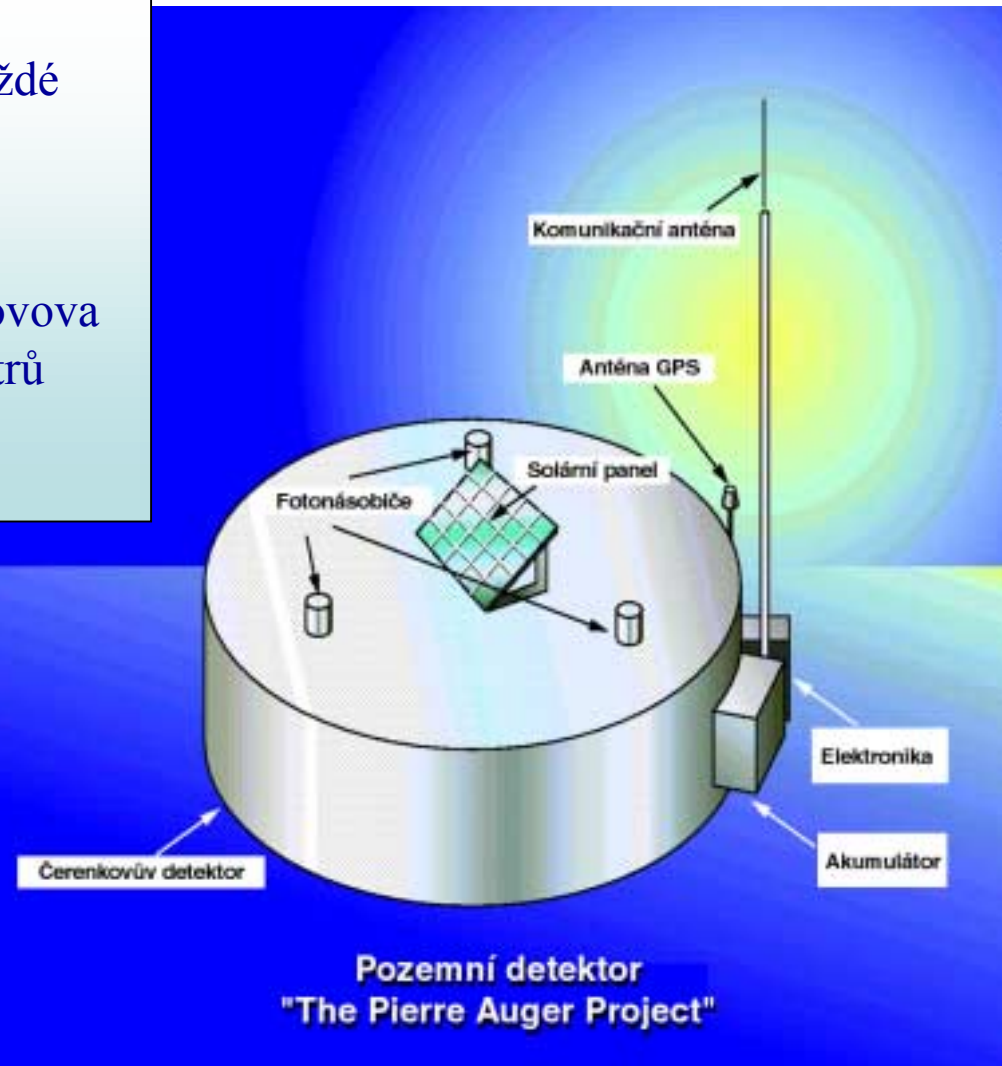
Pozemní detektory:

Pokrytá plocha: 3000 km² na každé polokouli.

Počet detektorů: 1600 na každé polokouli.

Typ detektoru: Detektor Čerenkovova záření, každý obsahuje 12 000 litrů čištěné vody a 3 fotonásobiče.

Rozteče mezi detektory: 1,5 km.





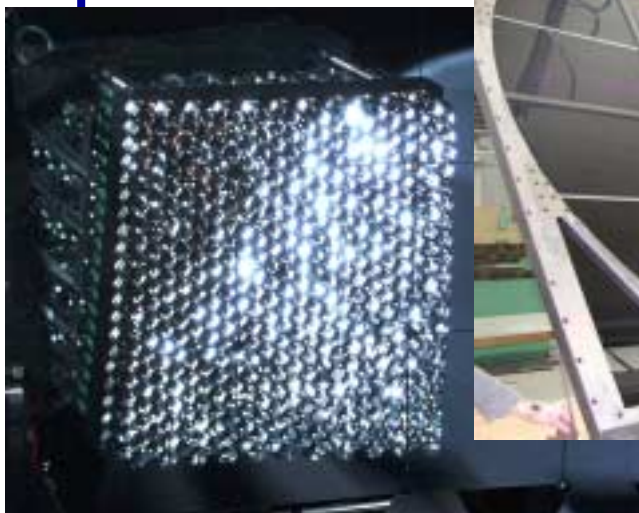
Fluorescenční detektory „The Pierre Auger Observatory“

Fluorescenční teleskopy:

Počet teleskopů: 30 teleskopů na každé polokouli.

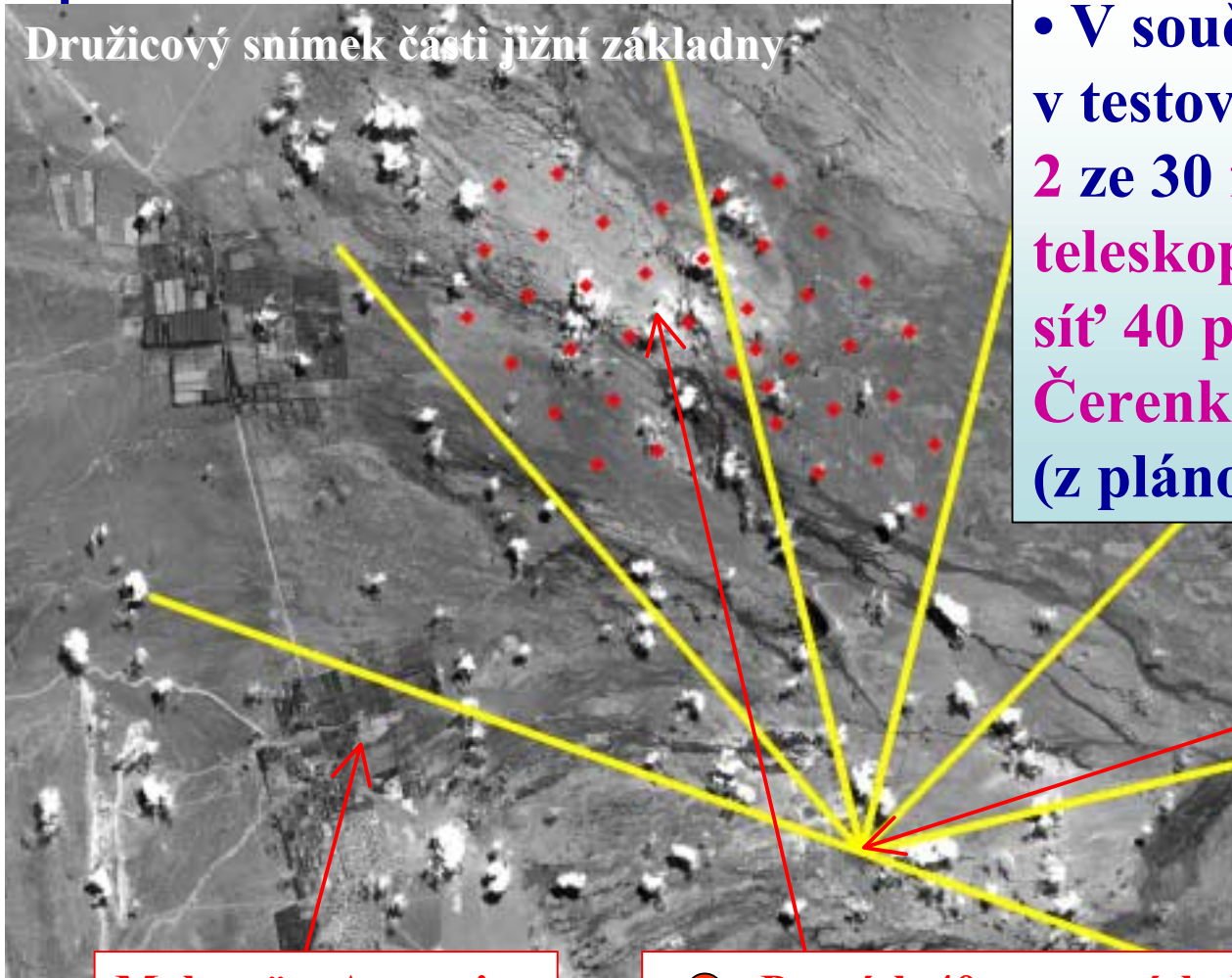
Dosah: 20 km pro spršky s energií 10^{20} eV.

Zrcadla: 3,6 m x 3,6 m se zorným polem $30^\circ \times 30^\circ$, každý teleskop je vybaven 440 fotonásobiči.



Současný stav projektu „Pierre Auger Observatory“

Družicový snímek části jižní základny



- V současné době jsou v testovacím provozu již **2 ze 30 fluorescenčních teleskopů** a experimentální síť **40 pozemních Čerenkovových detektorů** (z plánovaných 1600).

Fluorescenční teleskopy na pahorku Los Leones

(Žluté úsečky mají délku 20km a určují mez pozorovatelnosti spršek s energií 10^{20} eV.)

Malargüe, Argentina

● **Prvních 40 pozemních detektorů**

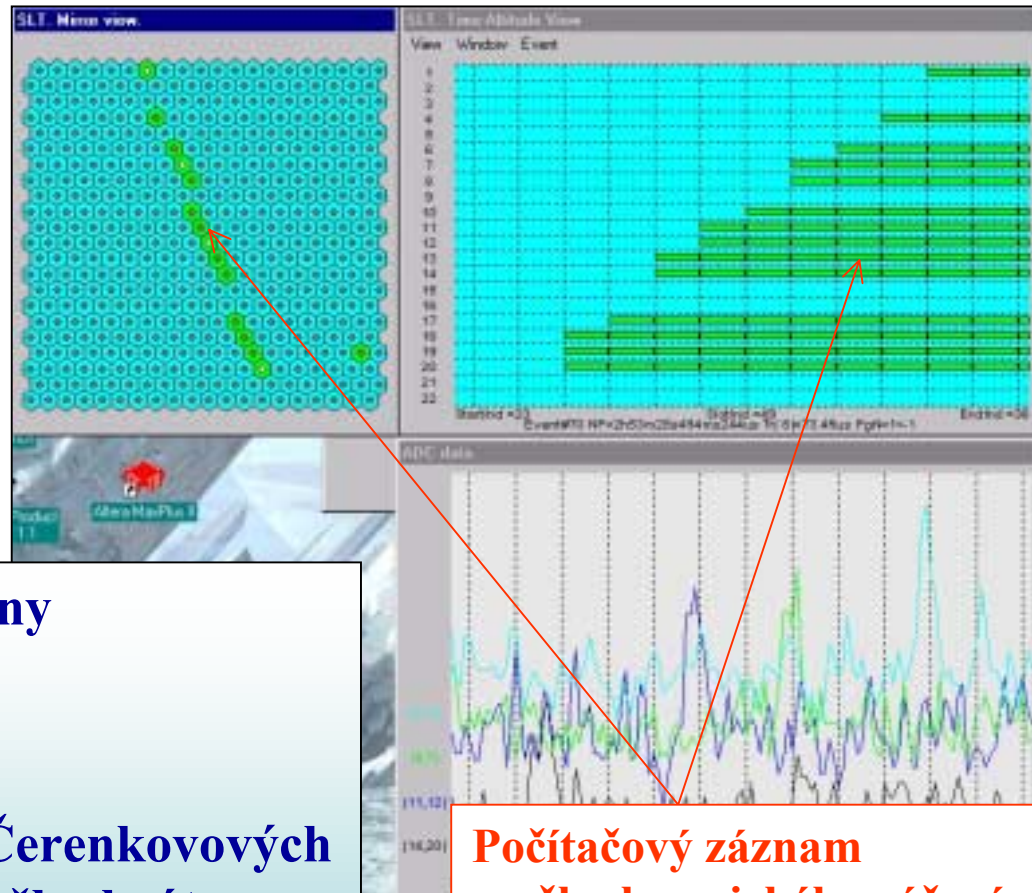
Prototyp fluorescenčního detektoru je v provozu již od května 2001!

Teleskop fluorescenčního detektoru



- První spršky byly zaznamenány fluorescenčním detektorem již **23. května 2001.**

- Sít' 40 prototypů pozemních Čerenkovových detektorů začala detektovat spršky krátce poté – **v srpnu 2001.**

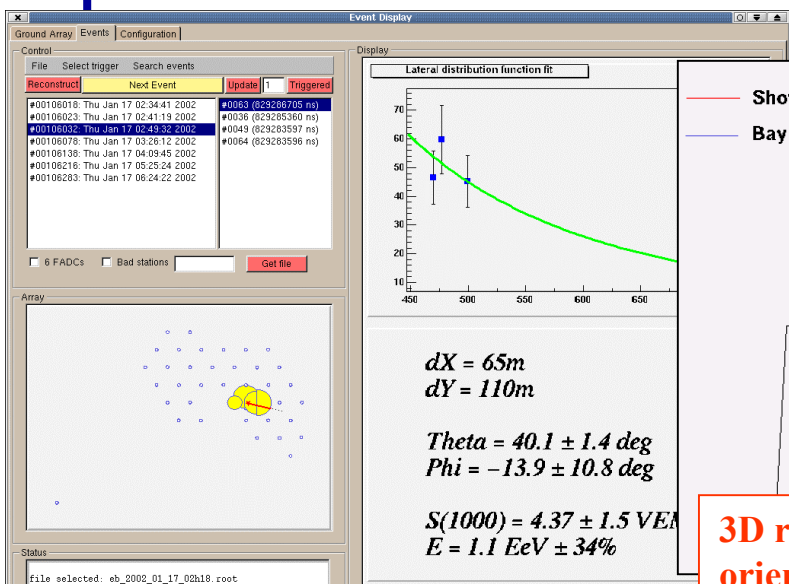


**Počítačový záznam
spršky kosmického záření
z 23. května 2001.**

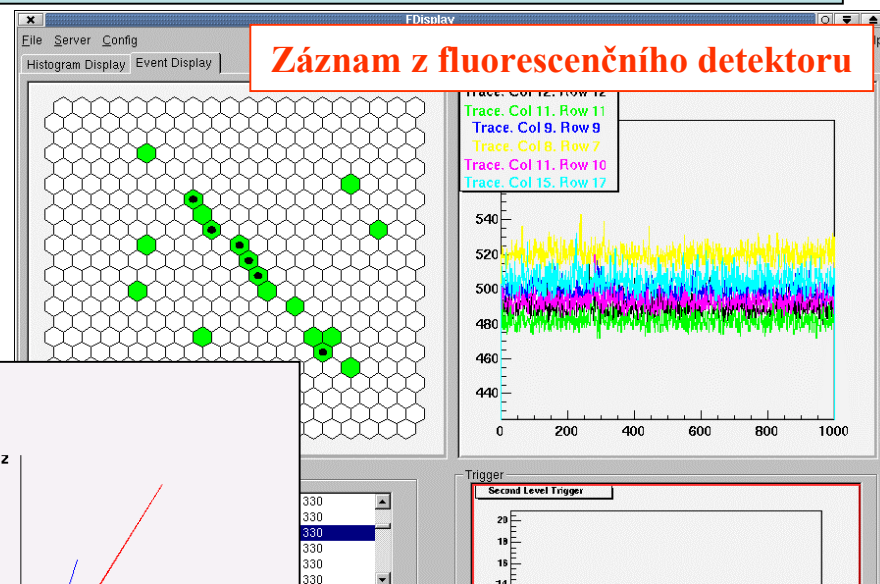
V prosinci 2001 byly detektovány první tzv. *hybridní případy*

- *Hybridní případ* = sprška zachycená jak sítí pozemních detektorů, tak zároveň i fluorescenčním detektorem.

Do března 2002 bylo detektováno již více než 60 hybridních případů, u několika spršek je navíc předběžně odhadovaná energie vyšší než 10^{19} eV.



Záznam z povrchového detektoru



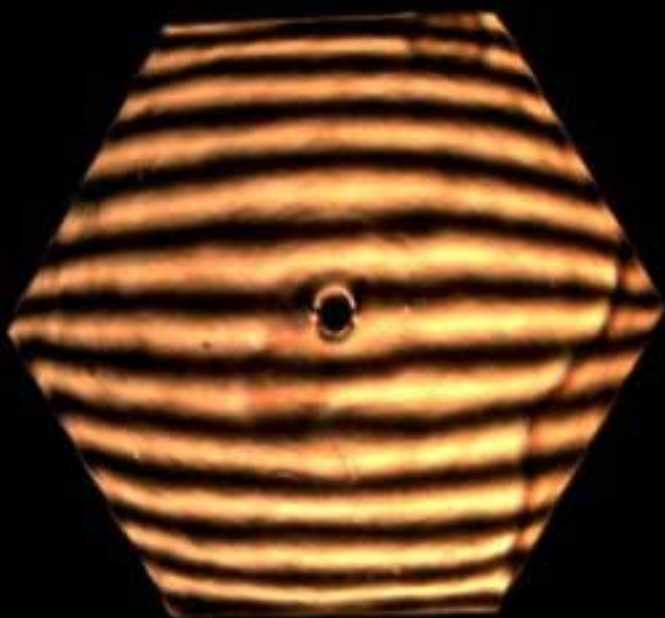
- Hybridní případy umožňují značné zpřesnění rekonstrukce parametrů spršky (energie i orientace osy spršky) a zmenšení systematických chyb měření.

(Na všech obrázcích je záznam hybridního případu z 17. ledna 2002.)

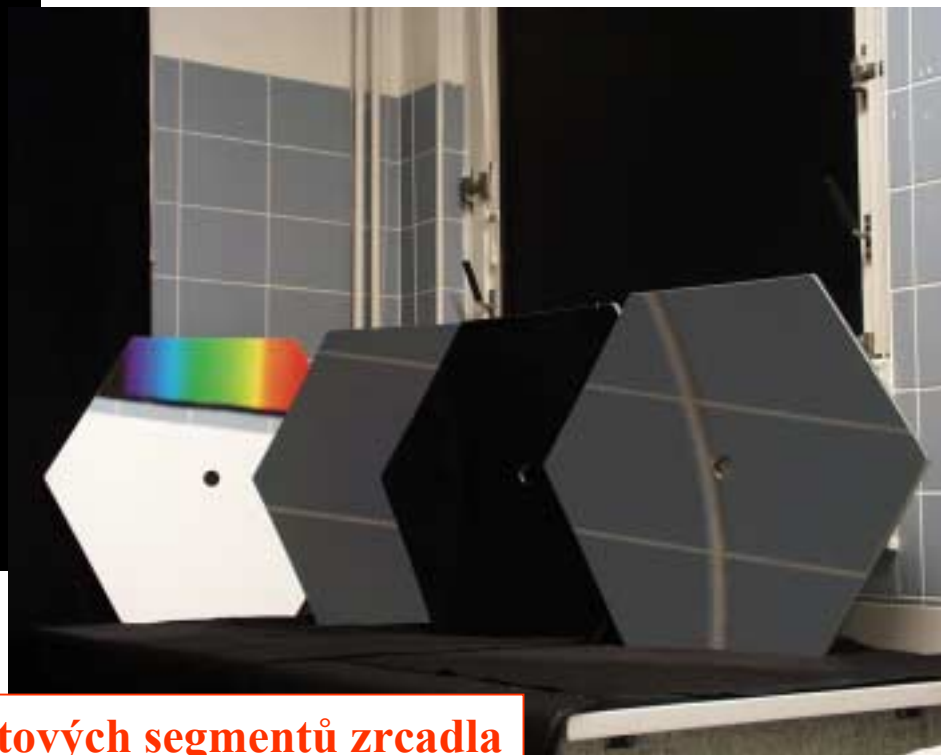
Podíl české skupiny na projektu Auger – zrcadla pro fluorescenční detektor

(podrobněji Martin Vlček)

Česká skupina projektu Auger
zajišťuje výrobu zrcadel
12 teleskopů pro jižní základnu
Augerovy observatoře.



Ronchiho test jednoho
ze segmentů zrcadla



Několik hotových segmentů zrcadla

Coihueco - první základna plně vybavená fluorescenčními teleskopy s českými zrcadly



prosinec 2001

V současné době intenzívně probíhá stavba budovy observatoře na vrchu *Coihueco*, v níž by mělo být **do konce roku 2002** umístěno **šest** českou skupinou vyrobených **zrcadel**.



únor 2002



březen 2002

Výroba zrcadel probíhá ve Společné laboratoři optiky Fyzikálního ústavu AV ČR a Univerzity Palackého v Olomouci

Vakuová
napařovací
aparatura

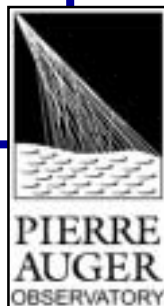


Frézování

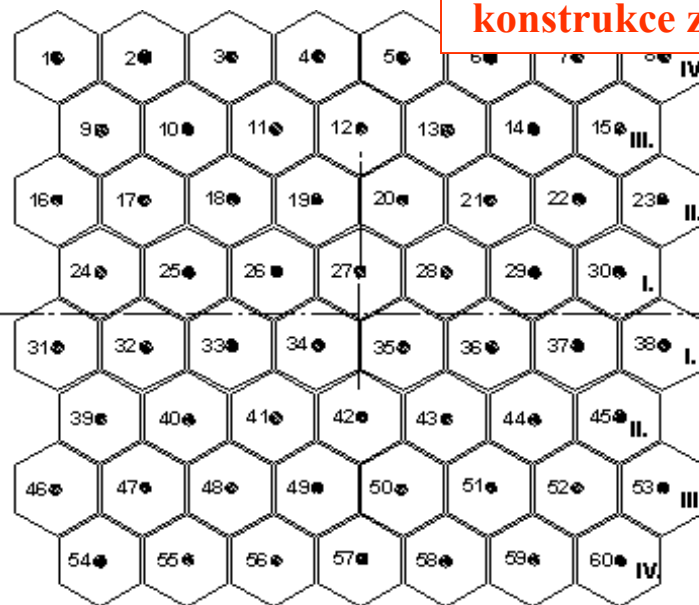


Leštění

Konstrukce zrcadla teleskopu

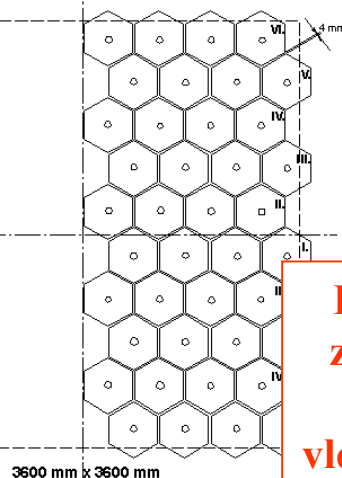


Definitivní schéma
konstrukce zrcadla



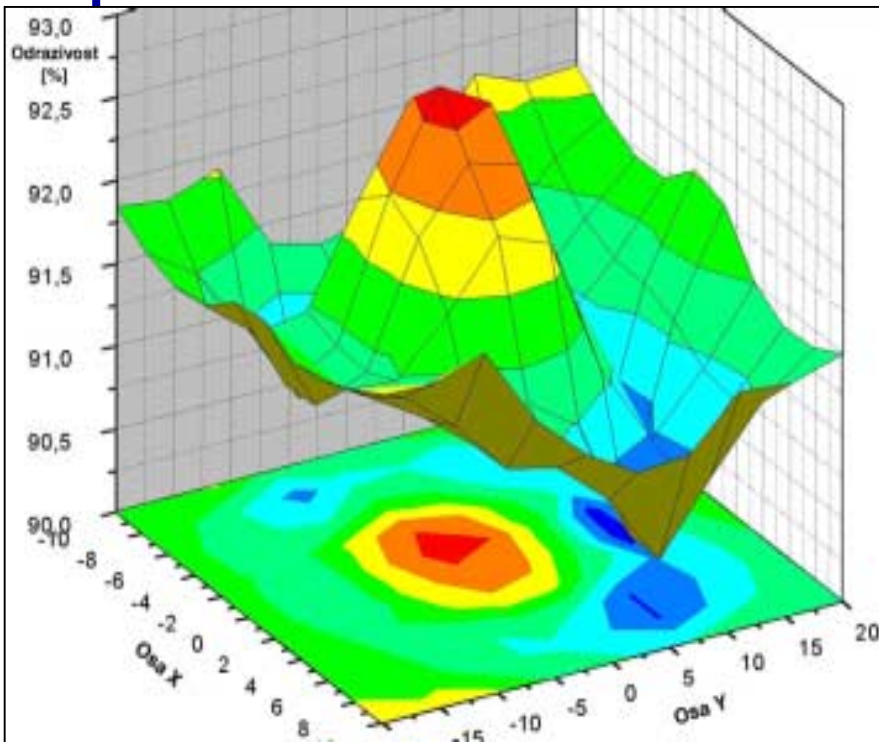
Konstrukce prototypu
zrcadla (vlevo schéma,
nahore fotografie –
vlevo německé segmenty,
vpravo české segmenty)

Oproti **prototypu** byl průměr opsané kružnice segmentu **definitivního návrhu** zvýšen na 625 mm, čímž byl průměr zvýšen o více než 25 %. Počet segmentů zrcadla tak poklesl z **85** u prototypu na konečných **60**.



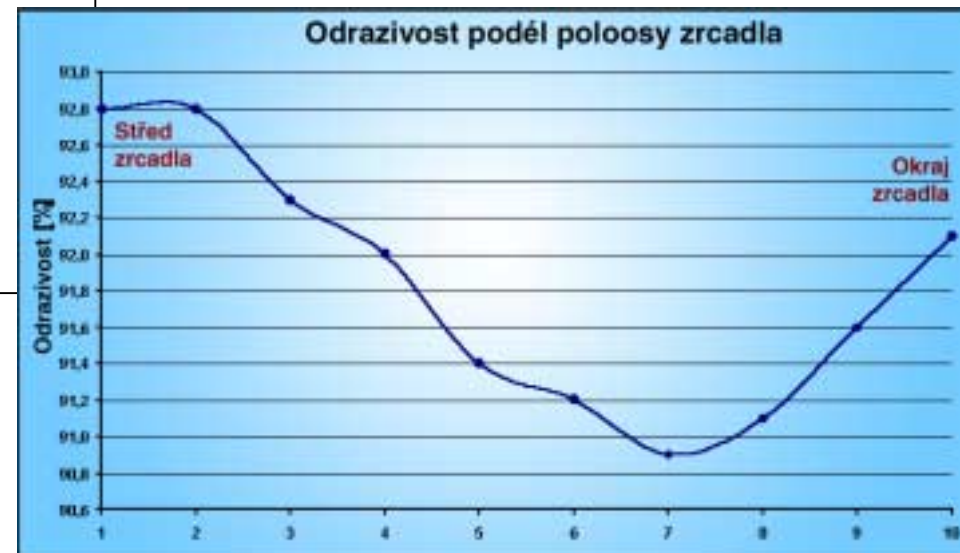
Analýza kvality zhotovovaných zrcadel:

Podařilo se zredukovat počet segmentů zrcadla pro jeden teleskop. Plocha nových segmentů je o **56 %** větší než u prototypů. I s těmito novými modifikacemi byla **zachována či dokonce zvýšena** kvalita našich zrcadel.

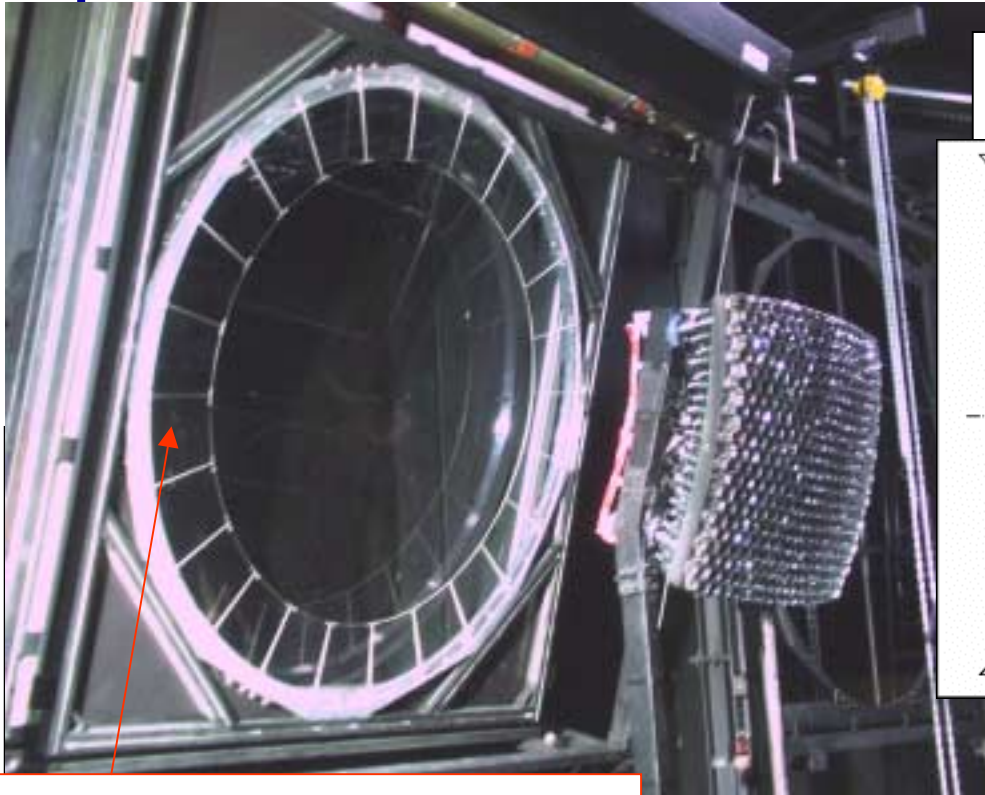


Odrazivost: přes 90 %

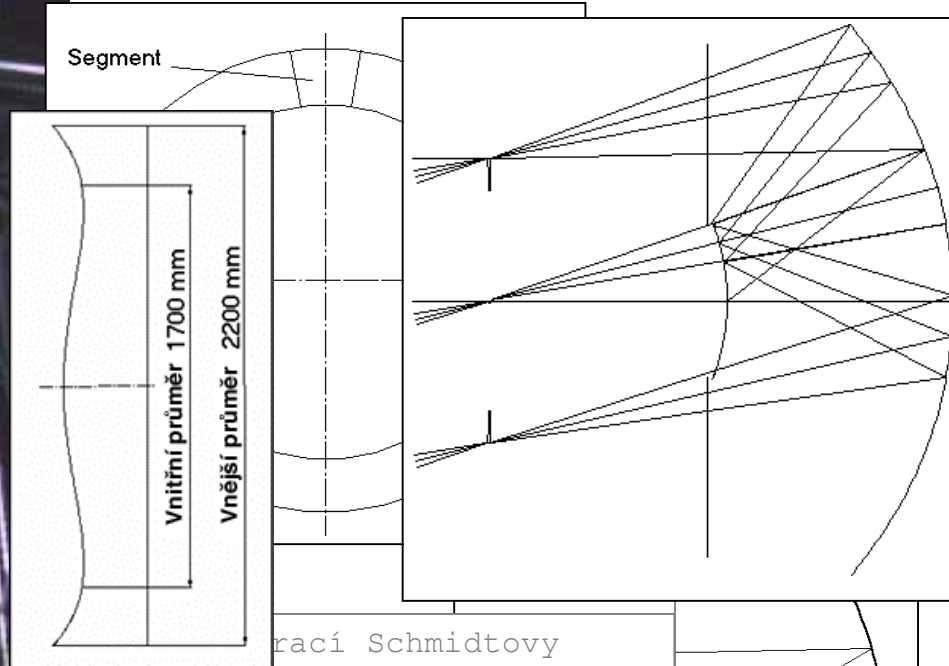
Poloměr křivosti: 3400^{+12} mm



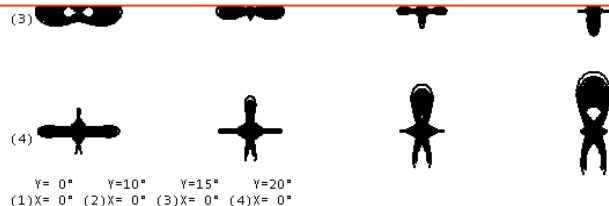
Česká skupina se podílela i na návrhu korekčního prstence teleskopu:



Korekční prstenec teleskopu



rací Schmidtovy
lavý jsme proto prakticky
varování dvou ploch korekčního
prstence. Tento prstenec bude mít vnější
průměr více než 2000 mm a je zřejmé, že
bude nutné použít asférickou plochu.
Z důvodu co největšího zjednodušení výroby
tohoto poměrně rozlehlého optického prvku
jsme se rozhodli tvarovat pouze první
plochu, kterou jsme uvažovali asférickou a
plochu druhou jsme ponechali rovinnou. . .



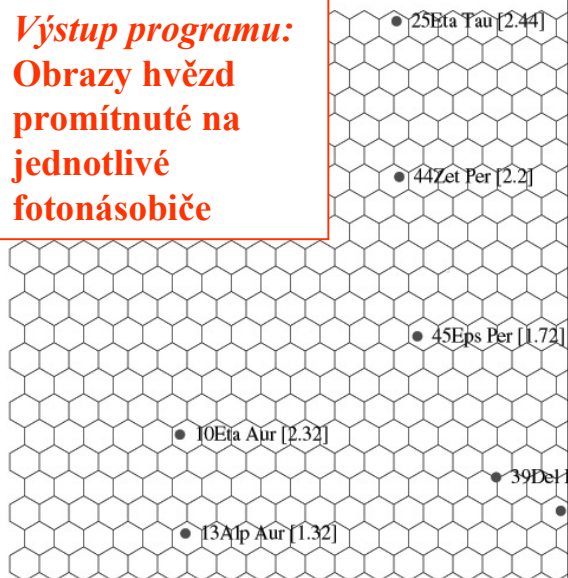


Analýza obrazů hvězd na pozad'ových datech z prototypu fluorescenčního detektoru (M. Prouza)

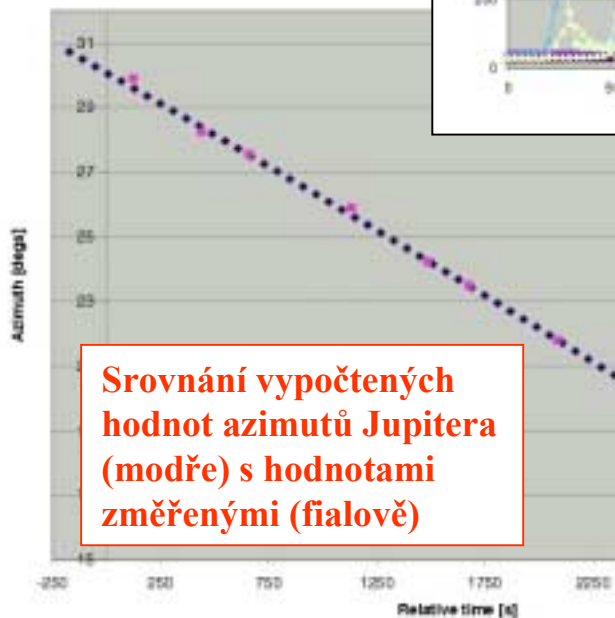
Při pozorování fluorescenčního detektoru jsou v pravidelných intervalech automaticky ukládány hodnoty světelného toku pozadí, v němž mohou být identifikovány **obrazy hvězd** zhruba do čtvrté magnitudy.

0:0:13, GPS: 695260800, site: LosLeones (1), bay: 4, U magnitude: 3.0

Výstup programu:
Obrazy hvězd
promítnuté na
jednotlivé
fotonásobiče

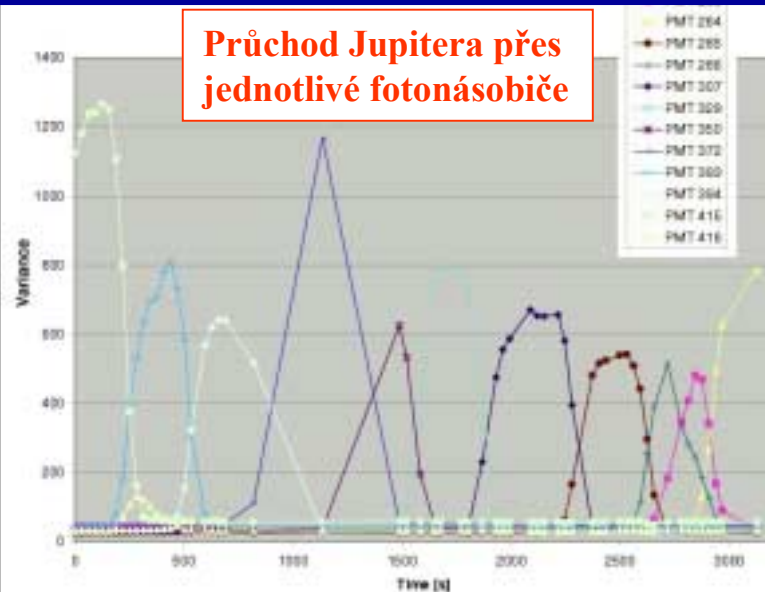


Azimuthal analysis



Srovnání vypočtených
hodnot azimutů Jupitera
(modře) s hodnotami
změřenými (fialově)

**Průchod Jupitera přes
jednotlivé fotonásobiče**



Výsledky analýzy lze využít
pro **korekce prostorové
orientace** jednotlivých
fotonásobičů i celého
teleskopu a pro nezávislé
určení absolutního zisku i
linearity jednotlivých
fotonásobičů.

„The Pierre Auger Observatory“



provincia Mendoza, Argentina