

Das Polarstern-Projekt

Die Untersuchung der Intensität kosmischer Teilchen in
Abhängigkeit vom Breitengrad

Carolin Schwerdt

Technisches Seminar

7.2.2012



CosmicLab



Intension und Motivation



Die Erforschung kosmischer Teilchen

- > Aktuelles Thema
- > Kontakt zur Grundlagenforschung
- > Förderung der Wissenschaftsverständlichkeit
- > Erwerb von Fachwissen und Kompetenzen (Erkenntnisgewinnung, Reflexion, Kommunikation)
- > Nachwuchsgewinnung und –förderung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder



Das Polarstern-Projekt



Wie alles begann...

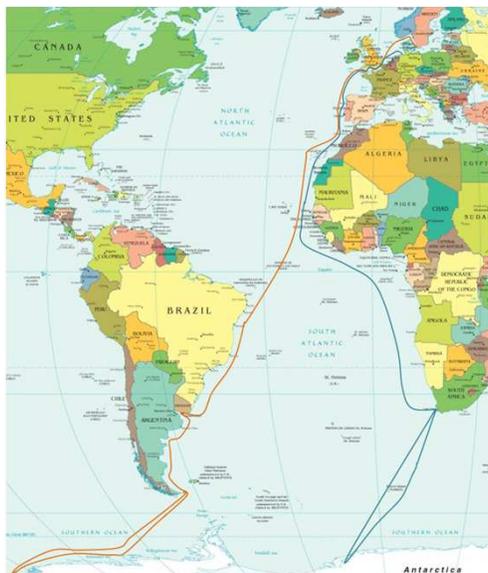


Das Polarstern-Projekt

Schiff	Richtung	Zeitraum	Mitfahrer
Oden	Südpol	November 2009 - März 2010	schwedische Begleitung
Polarstern	Südpol	Oktober 2010 - Mai 2011	Mike Hinfahrt bis Kapstadt Bob Pieteron (Fermilab) Rückfahrt ab Kapstadt
Polarstern	Nordpol	Mai 2011 - September 2011	Ohne Begleitung
Polarstern	Südpol	Oktober 2011 – Mai 2012	Achim Stössl Hinfahrt bis Kapstadt



Das Polarstern-Projekt



- > Oden (rote Linie):
Helsingborg
→ McMurdo
→ Helsingborg
- > Polarstern (blaue Linie):
Bremerhaven
→ Capetown
→ Neumayerstation
→ Capetown
→ Bremerhaven



Das Experiment



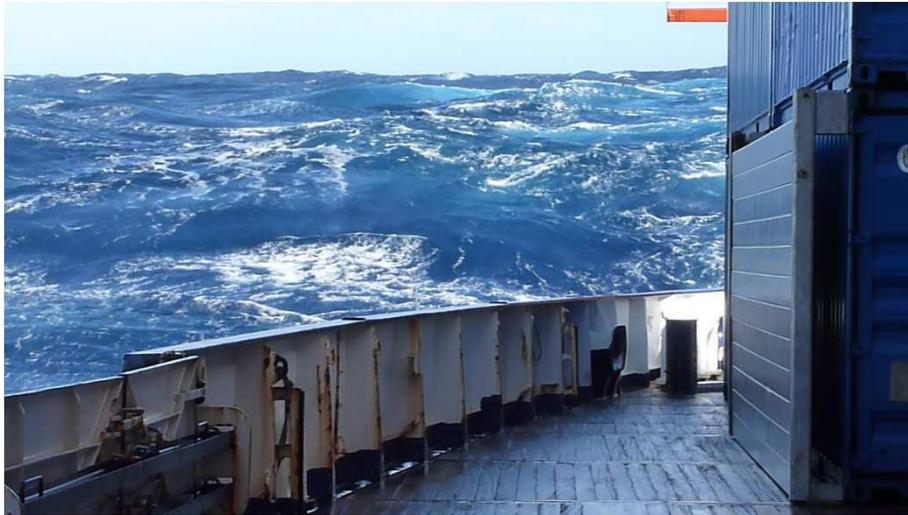
Die Messung kosmischer Teilchen mit dem Szintillationszähler-Experiment

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 7



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 8





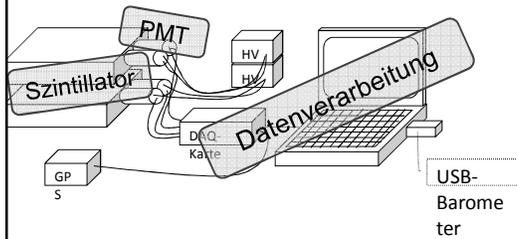
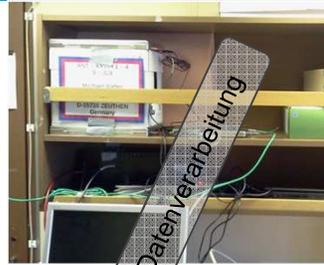
Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 9



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 10



Das Experiment



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 11



Das Unsichtbare zählen

Das Szintillationszähler-Experiment



Der Detektor

- > beim Durchgang eines kosmischen Teilchens wird Detektormaterial angeregt und Szintillationslicht emittiert

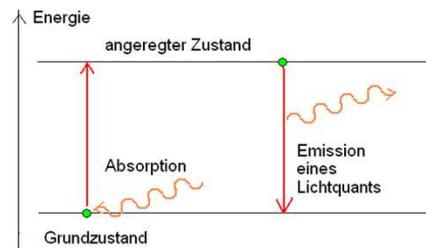
Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 12



Szintillator

Szintillationslicht:

- > geladene Teilchen regt Atome im Szintillatormaterial an
- > bei Abregung wird Licht emittiert



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 13



Das Unsichtbare zählen

Das Szintillationszähler-Experiment



Der Detektor

- > beim Durchgang eines kosmischen Teilchens wird Detektormaterial angeregt und Szintillationslicht emittiert
- > PMT registriert Licht (PMT über Fasern mit Szintillator verbunden)

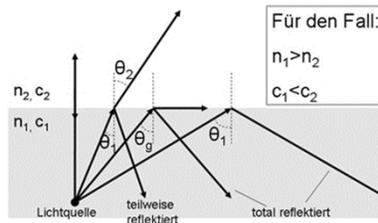
Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 14



Lichtleiter



- > nutzt den Effekt der Totalreflexion



- > eine **Totalreflexion** tritt ein, wenn Licht von einem **optisch dichteren Medium** (n_1) unter einem Winkel größer oder gleich dem Grenzwinkel der Totalreflexion auf die Grenzfläche zu einem **optisch dünneren Medium** (n_2) fällt

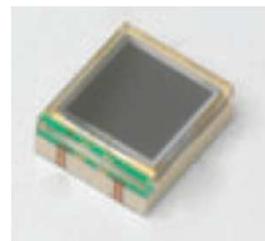
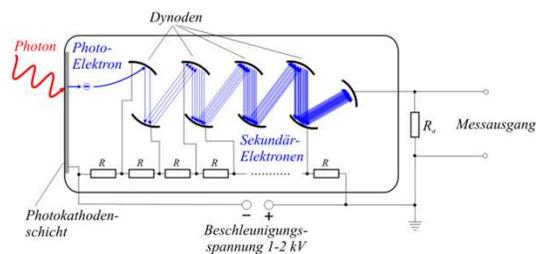
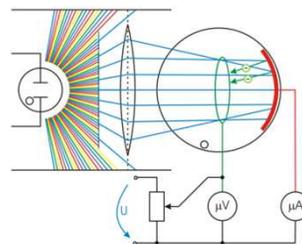
- > Grenzwinkel der Totalreflexion: $\sin \theta_g = \frac{n_2}{n_1}$

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 15



Der Photomultiplier

- > Photoeffekt wird genutzt (Einstein lieferte Erklärung)
- > Photon erzeugt an Photokathode ein Elektron, dieses wird im PMT vervielfacht und es entsteht eine messbare Spannung



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 16



Das Unsichtbare zählen

Das Szintillationszähler-Experiment



Der Detektor

- > beim Durchgang eines kosmischen Teilchens wird Detektormaterial angeregt und Szintillationslicht emittiert
- > PMT registriert Licht (PMT über Fasern mit Szintillator verbunden)
- > PMT wandelt Info des schwachen Lichtsignals in ein elektronisches Signal um
- > aus einem optischen Signal wird ein elektronisches Signal

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 17



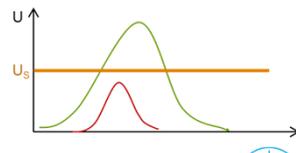
Das Unsichtbare zählen

Das Szintillationszähler-Experiment



Die DAQ-Karte

- > DAQ-Karte verarbeitet elektronisches Signal & verknüpft es mit Zeitdaten + GPS-Koordinaten
- > jedes geladene Teilchen kann Szintillator anregen:
 - Threshold einstellbar: damit lassen sich Ereignisse zu geringer Intensität rausfiltern (Rauschen)



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 18



Das Unsichtbare zählen

Das Szintillationszähler-Experiment



Die DAQ-Karte

Triggerbedingung:
innerhalb von 200ns muss Signal
in beiden Platten registriert werden



- mit einer Triggerbedingung können die kosmische Teilchen bestimmt werden, die aus einer Richtung den Erdboden erreichen
- 80% der geladenen Teilchen auf Meeresebene sind Myonen

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 19



Das Unsichtbare zählen

Das Szintillationszähler-Experiment



- > kosmisches Teilchen regt Detektormaterial an
- > aus einem optischen Signal wird ein elektronisches Signal
- > DAQ-Karte verarbeitet elektronisches Signal & verknüpft es mit Zeitdaten + GPS-Koordinaten
- > Threshold + Koinzidenz einstellbar
- > Datenbearbeitung wird mit Computer möglich
- > Ratenmessungen (Teilchen pro Zeiteinheit) werden so möglich

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 20



Grundlagen zu den kosmischen Teilchen



Wo kommen sie her?

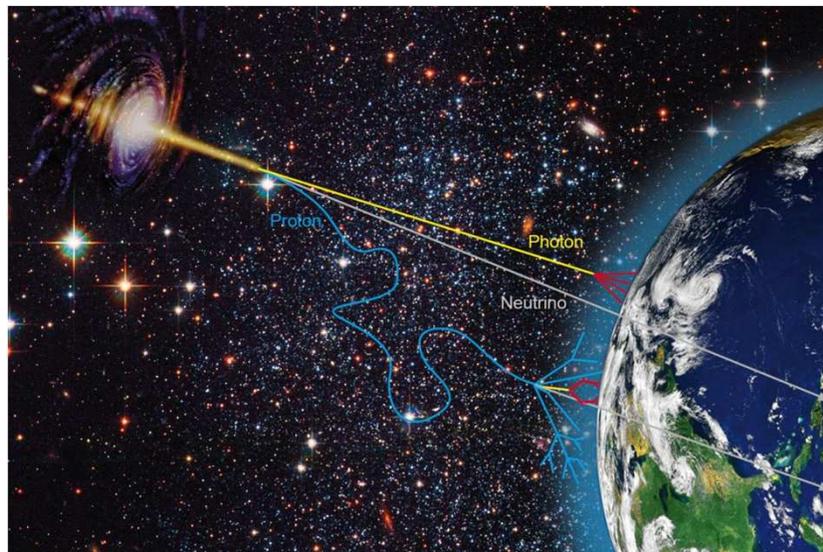
Haben sie Einfluss auf unser Leben?

Wie kann man sie messen?

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 21



Astronomische Boten

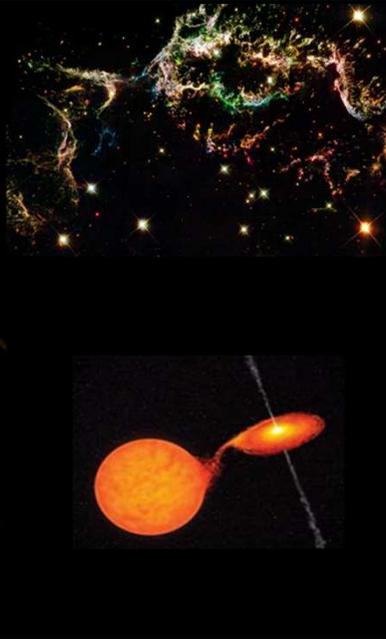


Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 22

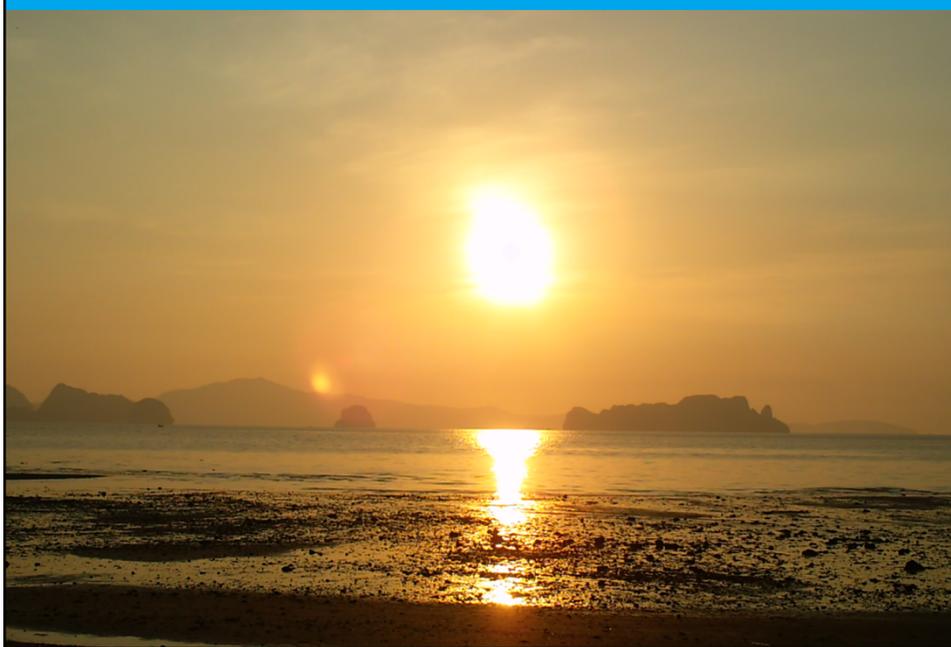


Astronomische Boten und ihre Quellen

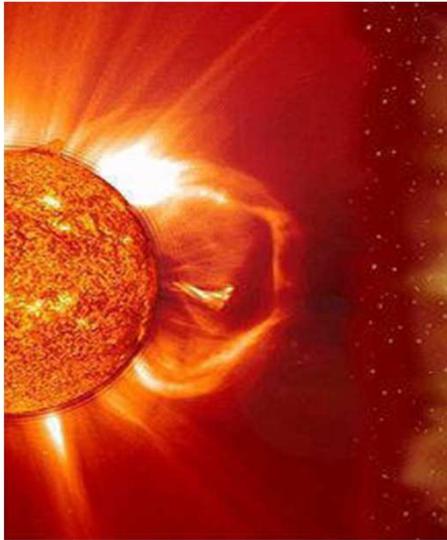
- > Sternexplosionen & Überreste davon
- > Doppelsternsysteme
- > Pulsare
- > Aktive Galaktische Kerne (AGN)
- > Sonne



Astronomische Boten und ihre Quellen



Der Sonnenwind

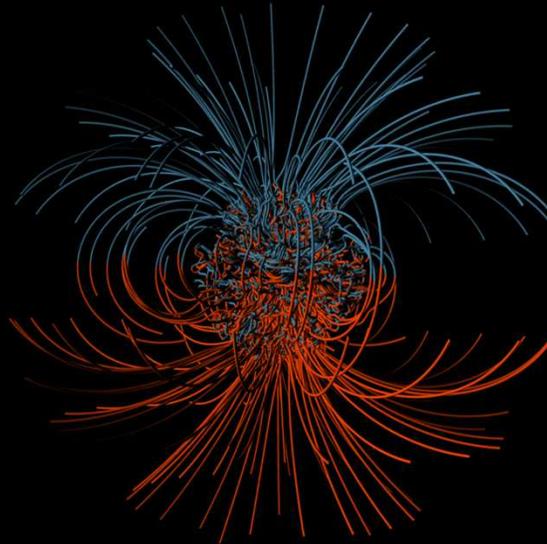


- > ca. eine Million Tonnen Materie verlassen pro Sekunde die Sonne
- > stetigen Strom an geladenen Teilchen expandiert in alle Richtungen und durchflutet das Sonnensystem

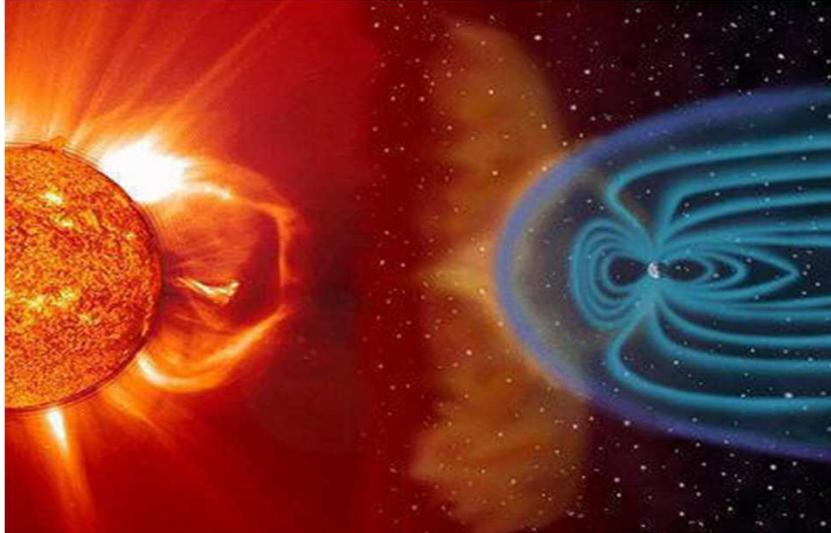
Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 25



Das Erdmagnetfeld



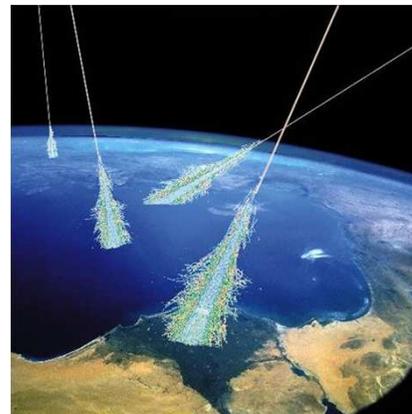
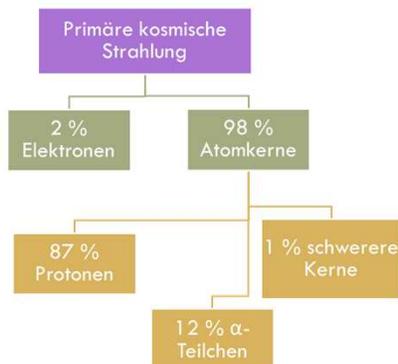
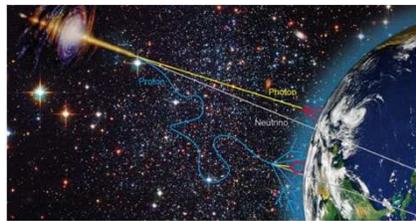
Einfluss Sonnenwindes auf Erdmagnetfeld



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 27



Kosmische Strahlung



primäre und sekundäre kosmische Strahlung

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 28



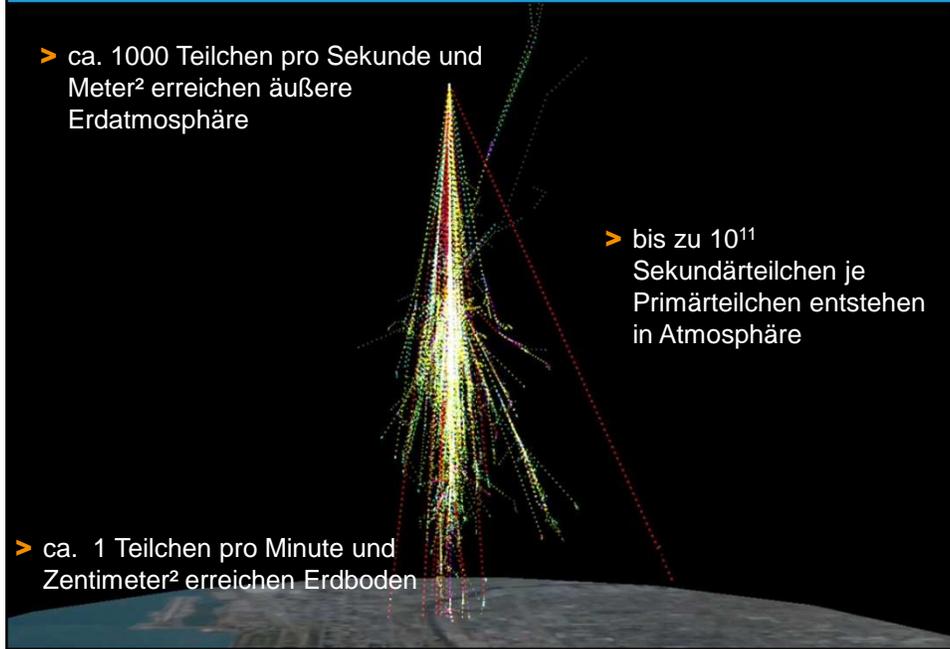
Bombardement aus dem All

• Proton

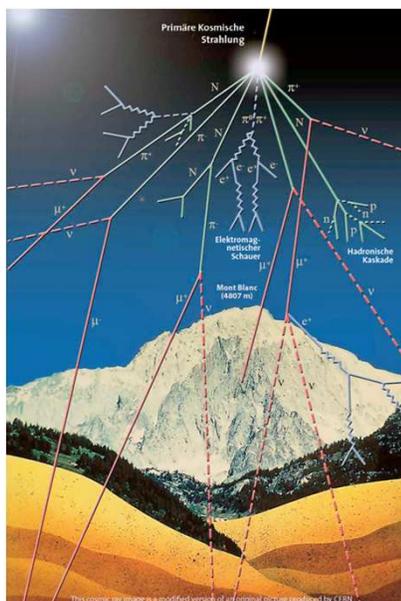
> ca. 1000 Teilchen pro Sekunde und Meter² erreichen äußere Erdatmosphäre

> bis zu 10^{11} Sekundärteilchen je Primärteilchen entstehen in Atmosphäre

> ca. 1 Teilchen pro Minute und Zentimeter² erreichen Erdboden



Sekundäre kosmische Strahlung



> bei der **Kollision** von Proton mit den Atomkern der Luft entstehen Pionen, Kaonen und Nukleonen

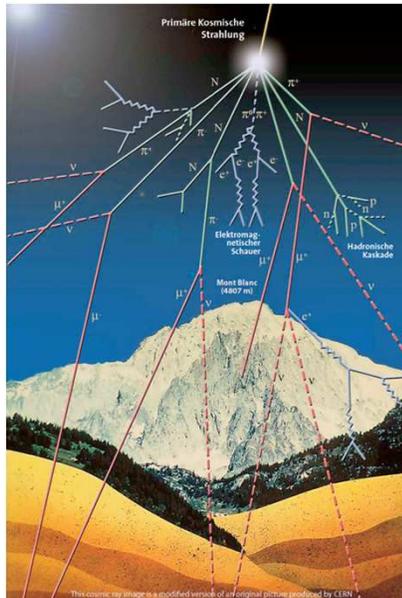
> aus **Zerfall** von Pionen und Kaonen entstehen Photonen, Myonen und Neutrinos

> 80% der geladenen Teilchen auf Meereshöhe sind Myonen

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 30



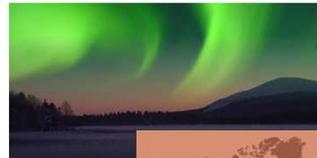
Sekundäre kosmische Strahlung



Auswirkungen auf unser Leben

Kosmische Teilchen...

> erzeugen Polarlichter.



> haben eine ionisierende Wirkung.



> können elektronische Systeme beeinflussen und zerstören.
(25.01.2012)



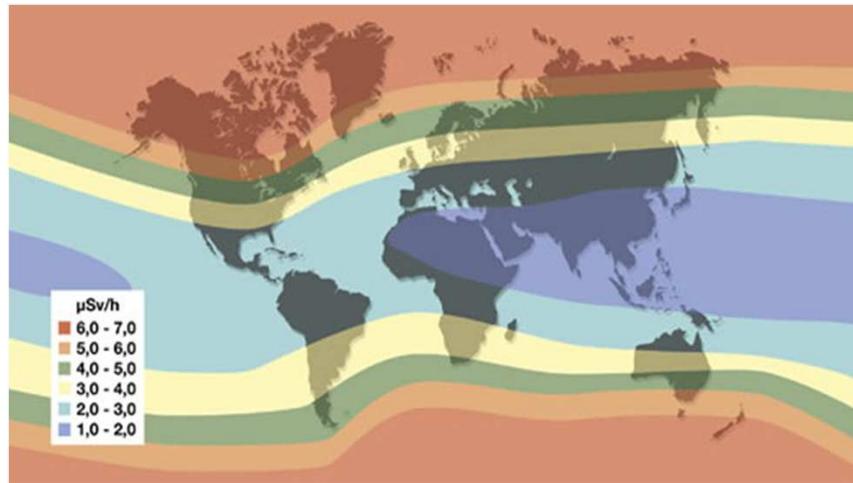
> verraten uns etwas über unser Universum.



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 32



Der geomagnetische Effekt

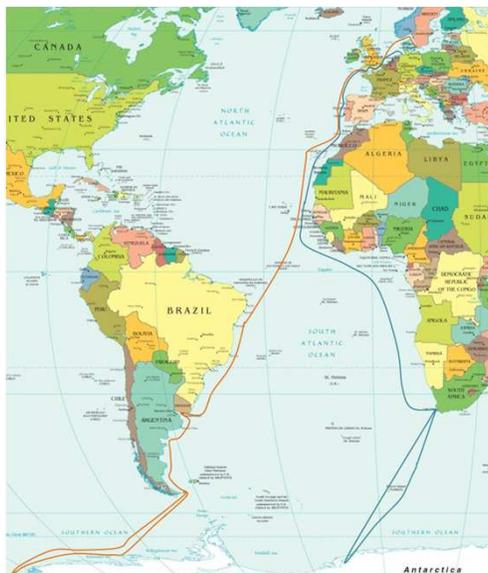


Kosmische Strahlenbelastung in 11km Höhe

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 33



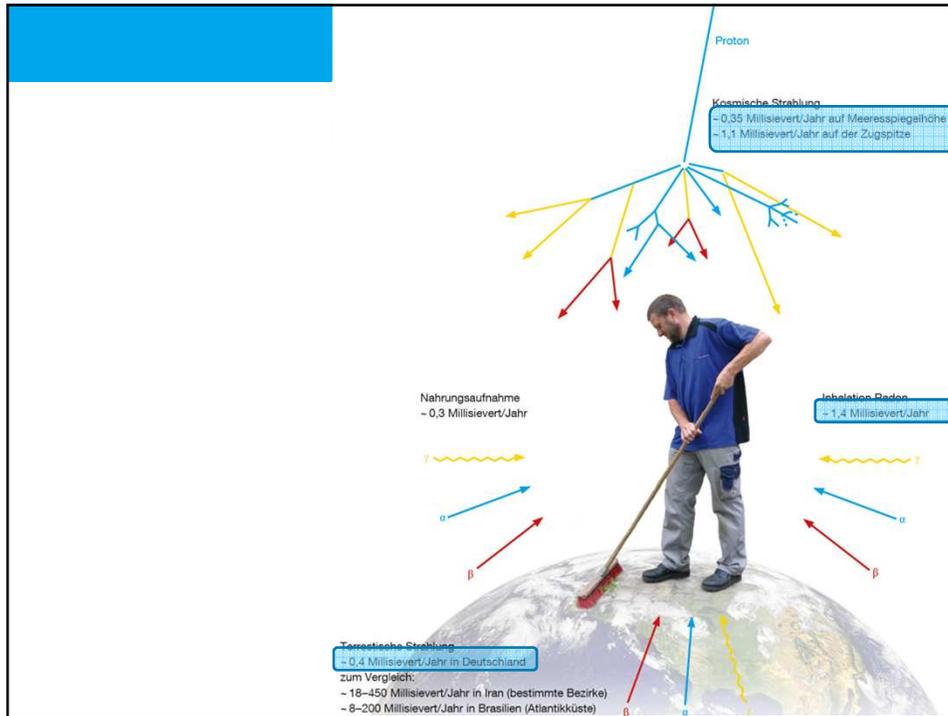
Das Polarstern-Projekt



- > Oden (rote Linie):
Helsingborg
→ McMurdo
→ Helsingborg
- > Polarstern (blaue Linie):
Bremerhaven
→ Capetown
→ Neumayerstation
→ Capetown
→ Bremerhaven

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 34



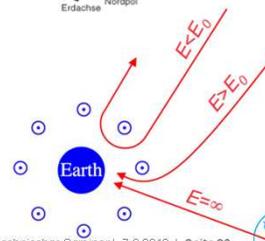
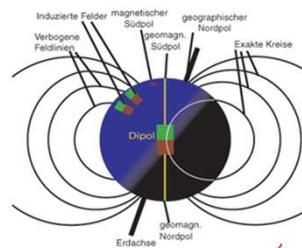
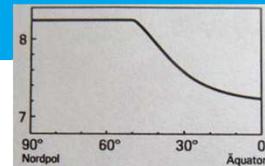


Der geomagnetische Effekt

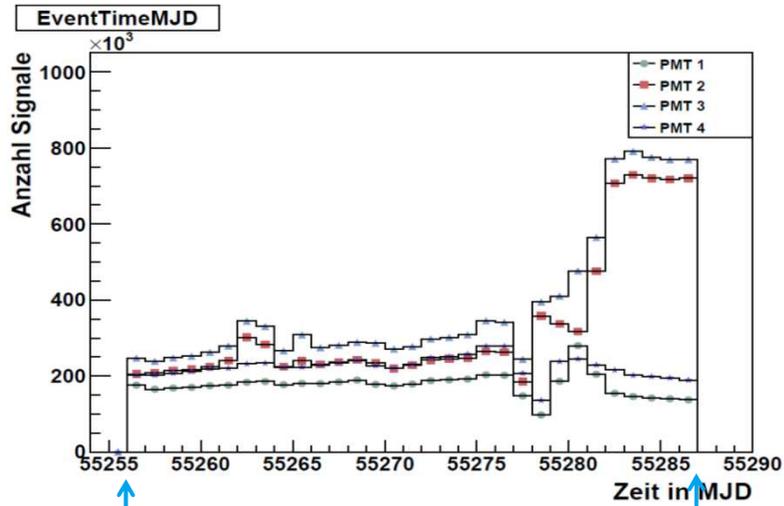
- > Abnahme der Teilchenrate vom Pol zum Äquator

Grund:

- Lorentzkraft: $\vec{F}_L = q(\vec{v} \times \vec{B})$
- horizontale Komponente des magnetischen Flusses ist am Äquator am stärksten und nimmt zum Pol ab
- Teilchen niedriger Energie werden am stärksten am Äquator abgelenkt und zum Pol geleitet



Gemessene Signale in jedem PMT: Oden



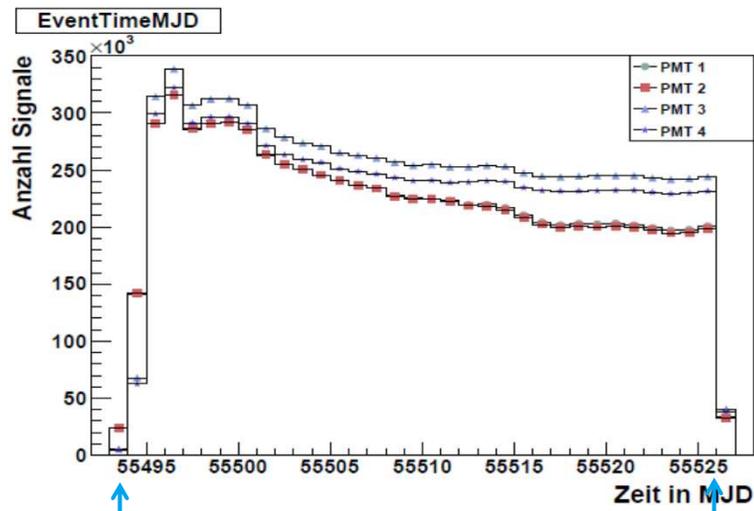
55256 = 1. März 2010, McMurdo

55285 = 31. März 2010, Äquator

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 39



Gemessene Signale in jedem PMT: Polarstern



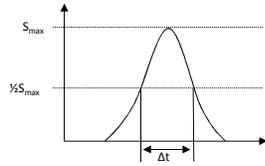
55495 = 26. Oktober 2010, Bremerhaven

55526 = 25. November 2010, Kapstadt

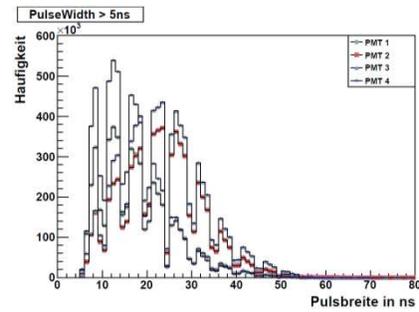
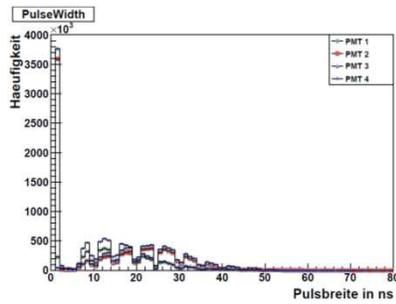
Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 40



Gemessene Signale in jedem PMT: Oden



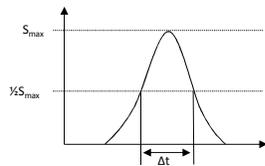
- Untersuchung der Pulsbreite eines Signals



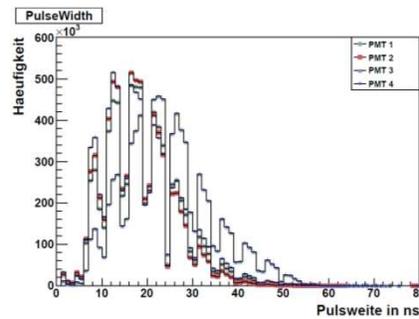
Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 41



Gemessene Signale in jedem PMT: Polarstern



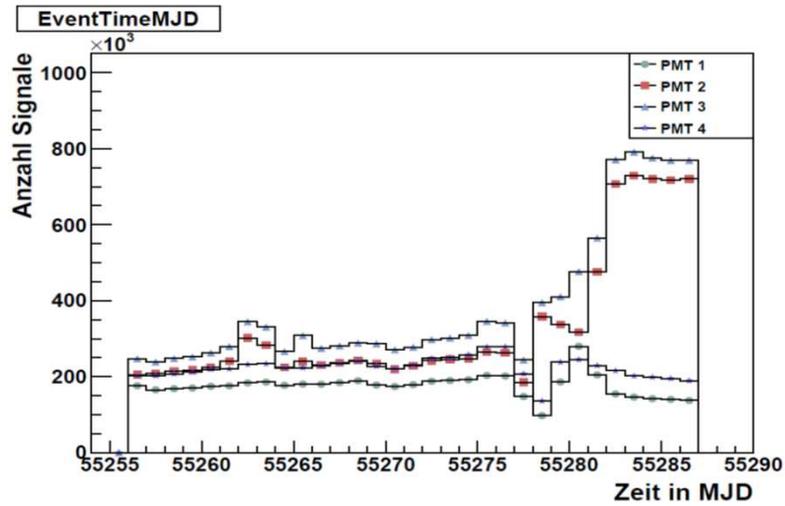
- Untersuchung der Pulsbreite eines Signals



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 42



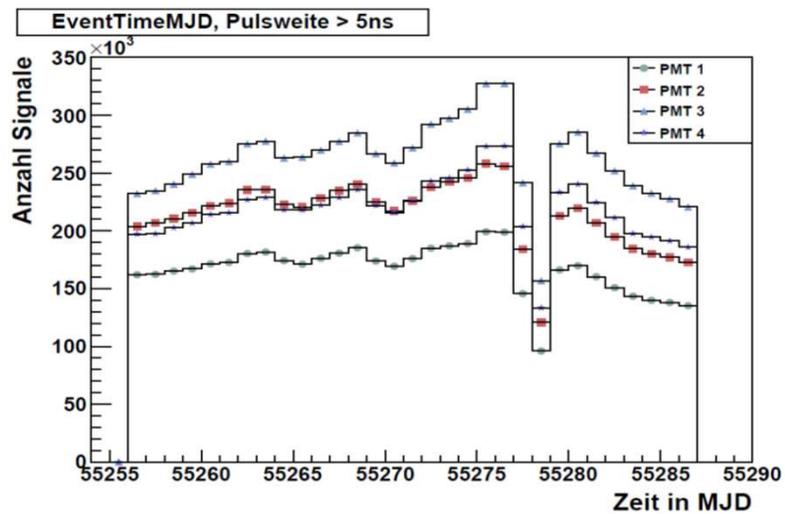
Gemessene Signale in jedem PMT: Oden



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 43



Gemessene Signale in jedem PMT: Oden



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 44



Datenanalyse

1. Untersuchung der gemessenen Signale in jedem PMT
2. Bestimmung der Myonenrate pro Stunde
→ Triggerbedingung
3. Normierung der Myonenrate
→ Myonenrate ist Abhängig vom Luftdruck
4. Bestimmung der Myonenrate pro Stunde in Abhängigkeit vom Breitengrad

```

Range(double from, double to):
low(from),
high(to)
{
~Range();
};

double low, high;
};

template<class T>
T* find_hist(const map<Range,T*>& histmap, const double val){
typename map<Range,T*>::const_iterator it = histmap.begin();
typename map<Range,T*>::const_iterator end = histmap.end();
for (; it != end; ++it){
if ((val >= it->first.low) && (val <= it->first.high)){
return it->second;
}
}
return 0;
}

bool operator<(const Range& a, const Range& b){
return a.low < b.low;
}

typedef map<Range,THID**> RangeHistMap;

void TimeDifference(const TString& filename, const double widthcut){

RangeHistMap hourly;
for (int i = 0; i <= 23; ++i){
THID** hist = new THID*[4];
hist[0] = new TH1D(TUID(),ASString(TUID()).ASString(),100,0,6);
hist[1] = new TH1D(TUID(),ASString(TUID()).ASString(),100,0,6);
hist[2] = new TH1D(TUID(),ASString(TUID()).ASString(),100,0,6);
hist[3] = new TH1D(TUID(),ASString(TUID()).ASString(),100,0,6);
hourly[Range(double(i),double(i+1))] = hist;
}

TFile (filename);
TTree *tree = (TTree*)f.Get("aTree");
const size_t nentries = tree->GetEntries();
double event_sec;
int channel;
double width;
tree->SetBranchAddresses("EventSecOfDay",&event_sec);
tree->SetBranchAddresses("ChannelID",&channel);
tree->SetBranchAddresses("PulseWidth",&width);
double previous_time[4] = [-1,-1,-1,-1];
size_t counter = 0;

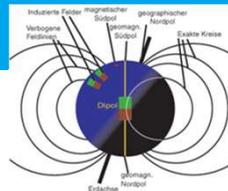
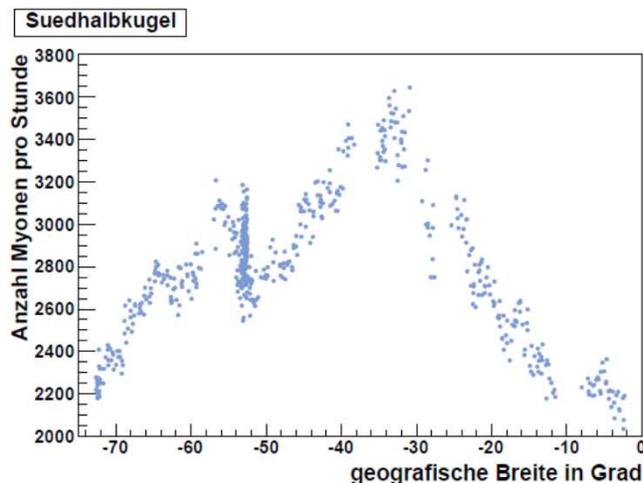
for (size_t i = 0; i < nentries; ++i){
tree->GetEntry(i);
if (width <= widthcut){
continue;
}
const double hour = event_sec/3600;
THID** hist = find_hist(hourly, hour);
if (previous_time[channel] > 0){
const double dt = event_sec - previous_time[channel]; //Time difference
if (dt>0){
hist[channel]->Fill(dt);
counter++;
}
previous_time[channel]=event_sec;
}
}
}

```

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | Seite 45



Bestimmung der Myonenrate



Oden

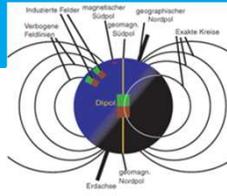
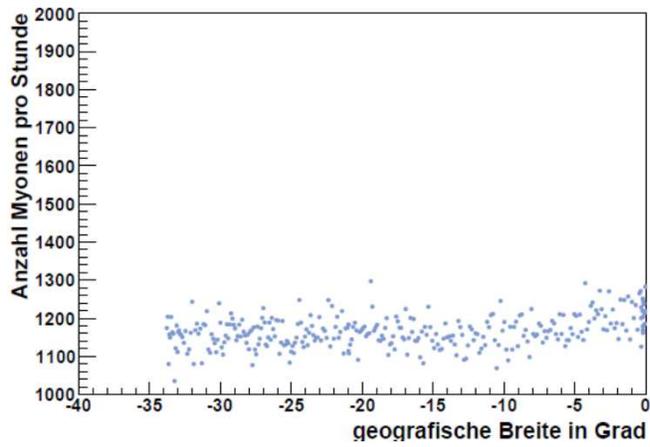


Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 46



Bestimmung der Myonenrate

Suedhalbkugel

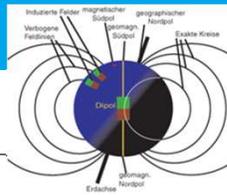
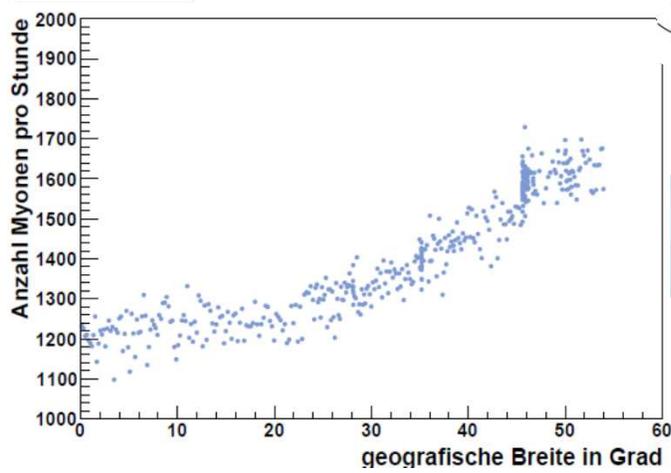


Polarstern



Bestimmung der Myonenrate

Nordhalbkugel



Polarstern



Datenanalyse

1. Untersuchung der gemessenen Signale in jedem PMT
2. Bestimmung der Myonenrate pro Stunde
3. Normierung der Myonenrate
4. Bestimmung der Myonenrate in Abhängigkeit vom Breitengrad
5. Vergleich Myonenrate mit Magnetfeldstärke in Abhängigkeit vom Breitengrad

```

return 0;
}

bool operator<(const Rang& a, const Rang& b)
return a.low < b.low;

typedef map<Rang, TH1D*> RangHistoMap;

void TimeDifference(const TString& filename, const double widthcut){

RangHistoMap hourly;
for (int i = 0; i <= 23; ++i){
TH1D** hist = new TH1D*[4];
hist[0] = new TH1D(TUID(), ASString(TUID()), ASString(1, 100, 0, 6));
hist[1] = new TH1D(TUID(), ASString(TUID()), ASString(1, 100, 0, 6));
hist[2] = new TH1D(TUID(), ASString(TUID()), ASString(1, 100, 0, 6));
hist[3] = new TH1D(TUID(), ASString(TUID()), ASString(1, 100, 0, 6));
hourly[Rang(double(i), double(i+1))] = hist;
}

TFile f(filename);
TTree *tree = (TTree*)f.Get("aTree");
const size_t nentries = tree->GetEntries();
double event_sec;
int channel;
double width;
tree->SetBranchAddress("EventSecOfDay", &event_sec);
tree->SetBranchAddress("ChannelID", &channel);
tree->SetBranchAddress("PulseWidth", &width);
double previous_time[4] = {-1, -1, -1, -1};
size_t counter = 0;

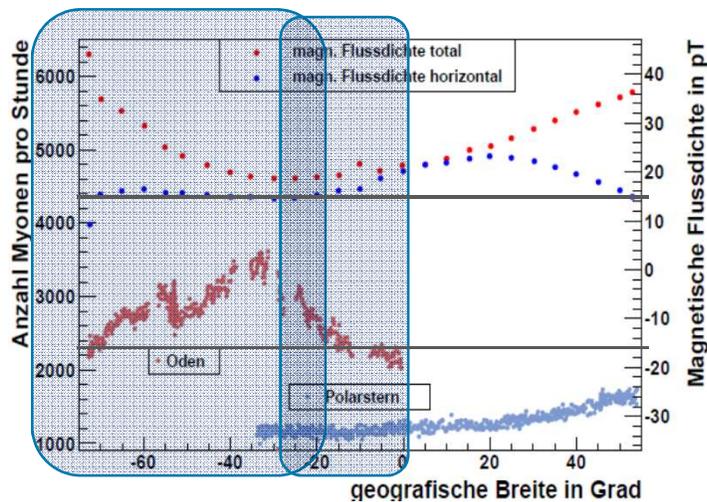
for (size_t i = 0; i < nentries; ++i){
tree->GetEntry(i);
if (width == widthcut){
continue;
}
const double hour = event_sec/3600;
TH1D** hist = find_hist(hourly, hour);
if (previous_time[channel] > 0) {
const double dt = event_sec - previous_time[channel]; //Time difference
if (dt > 0){
std::cout << "Error: " << dt << " " << channel << std::endl;
counter++;
}
hist[channel]->Fill(dt);
}
previous_time[channel] = event_sec;
}
std::cout << counter << " negative time differences" << std::endl;
RangHistoMap::iterator iter(hourly.begin());
cout << "Hour: ";
cout << "Events_ch0_Norm_ch0.Frequency_ch0, ChiSquare_ch0";
cout << "Events_ch1_Norm_ch1.Frequency_ch1, ChiSquare_ch1";
cout << "Events_ch2_Norm_ch2.Frequency_ch2, ChiSquare_ch2";
cout << "Events_ch3_Norm_ch3.Frequency_ch3, ChiSquare_ch3" << endl;
for (iter != hourly.end(); ++iter){
TH1D** hist = iter->second;
TF1* f0 = fit(hist[0]);
TF1* f1 = fit(hist[1]);
TF1* f2 = fit(hist[2]);
TF1* f3 = fit(hist[3]);
cout << "Best-fit parameters: " << f0->GetTitle() << endl;
cout << hist[0]->GetSumOfWeights() << " ";
cout << f0->GetParameter(0) << " ";
}
}

```

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar



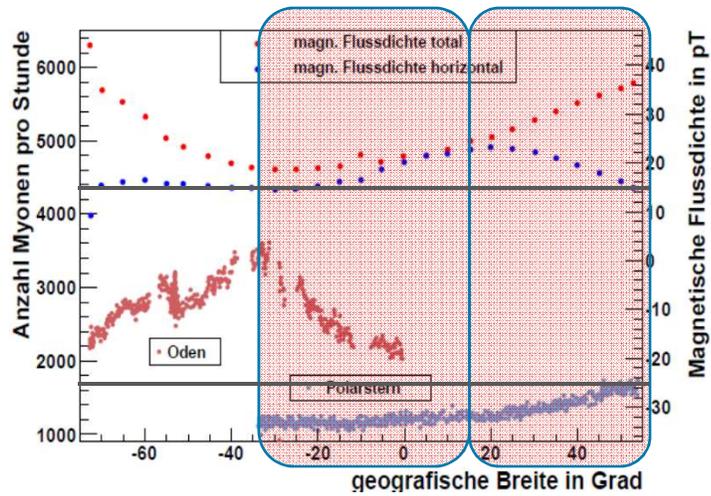
Vergleich Myonenrate mit Magnetfeldstärke



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 50



Vergleich Myonenrate mit Magnetfeldstärke



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 51



Vergleich Myonenrate mit Magnetfeldstärke

Oden:

- Daten von schlechter Qualität, können nicht interpretiert werden

Polarstern:

- Daten sind von besserer Qualität
- Für eine Interpretation auf Messwerte der Rückfahrt warten
- Vergleich Ratenmessung mit Daten vom Neutronen-Monitor

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 52



CosmicLab



Ausblick und weitere Aktivitäten

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 53



CosmicLab



Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 54



Das Cosmic-Projekt



NETZWERK
TEILCHENWELT

- > wissenschaftliche Koordination des Cosmic-Projektes liegt in Zeuthen

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 55



Das Cosmic-Projekt



NETZWERK
TEILCHENWELT

- > Zusammenschluss von 22 Instituten in Deutschland
- > Kontakt zur Teilchen- und Astroteilchenphysiker
- > Angebote für Jugendliche und Lehrkräfte
- > Verschiedene Stufen in Mitarbeit: Erleben, Vermitteln, Erforschen

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 56



Weitere Informationen...

www.teilchenwelt.de

www.forum.teilchenwelt.de

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 57



Die Messung kosmischer Teilchen

**Vielen Dank
für die Aufmerksamkeit!**

Carolin Schwerdt | Technisches Seminar | 7.2.2012 | Seite 58

