

# H.E.S.S.-I Upgrade 2016: 4 neue Kameras!

und eine Menge Spaß

kleinen  
Moment  
...

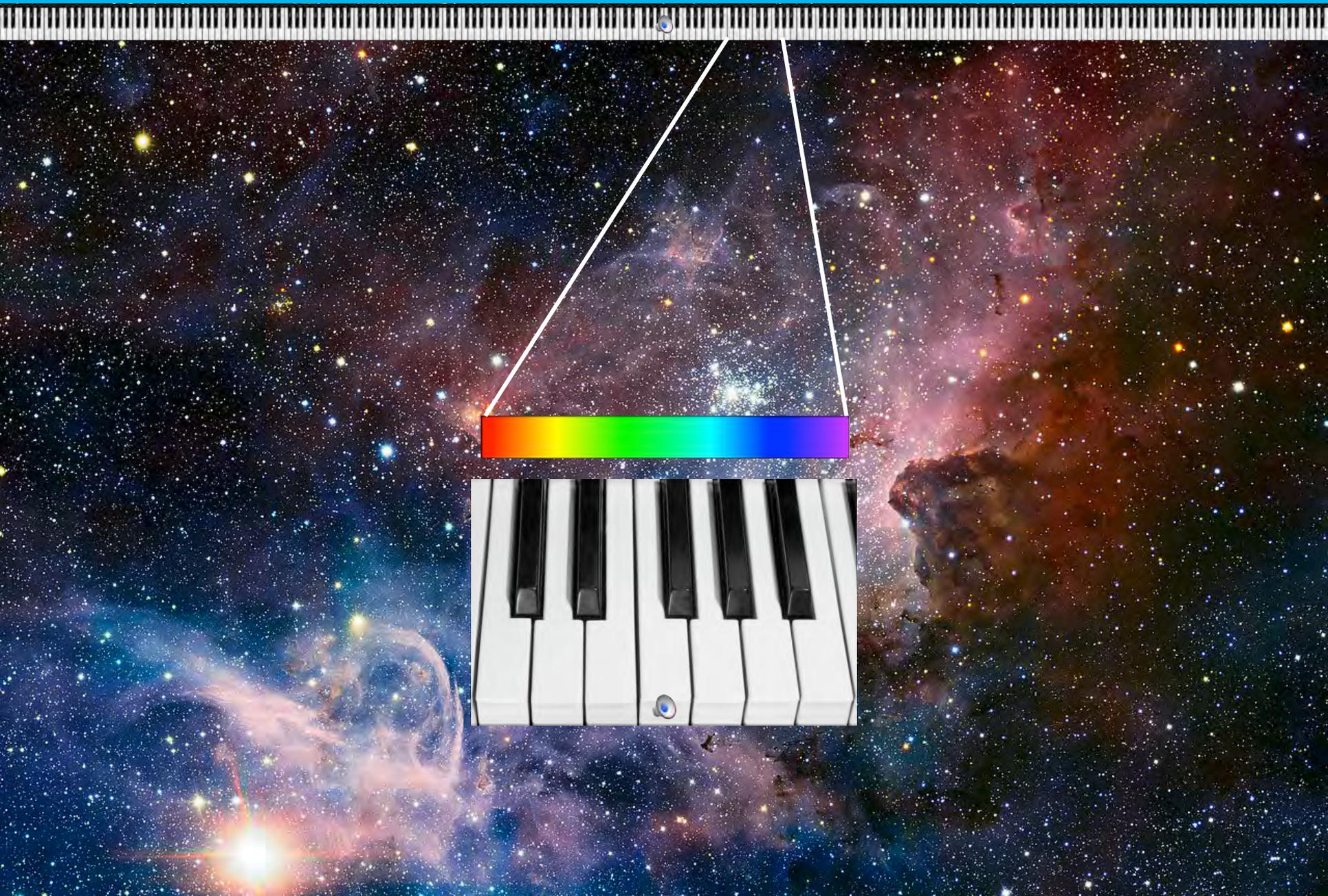
Hallooo!

Schon  
lange!

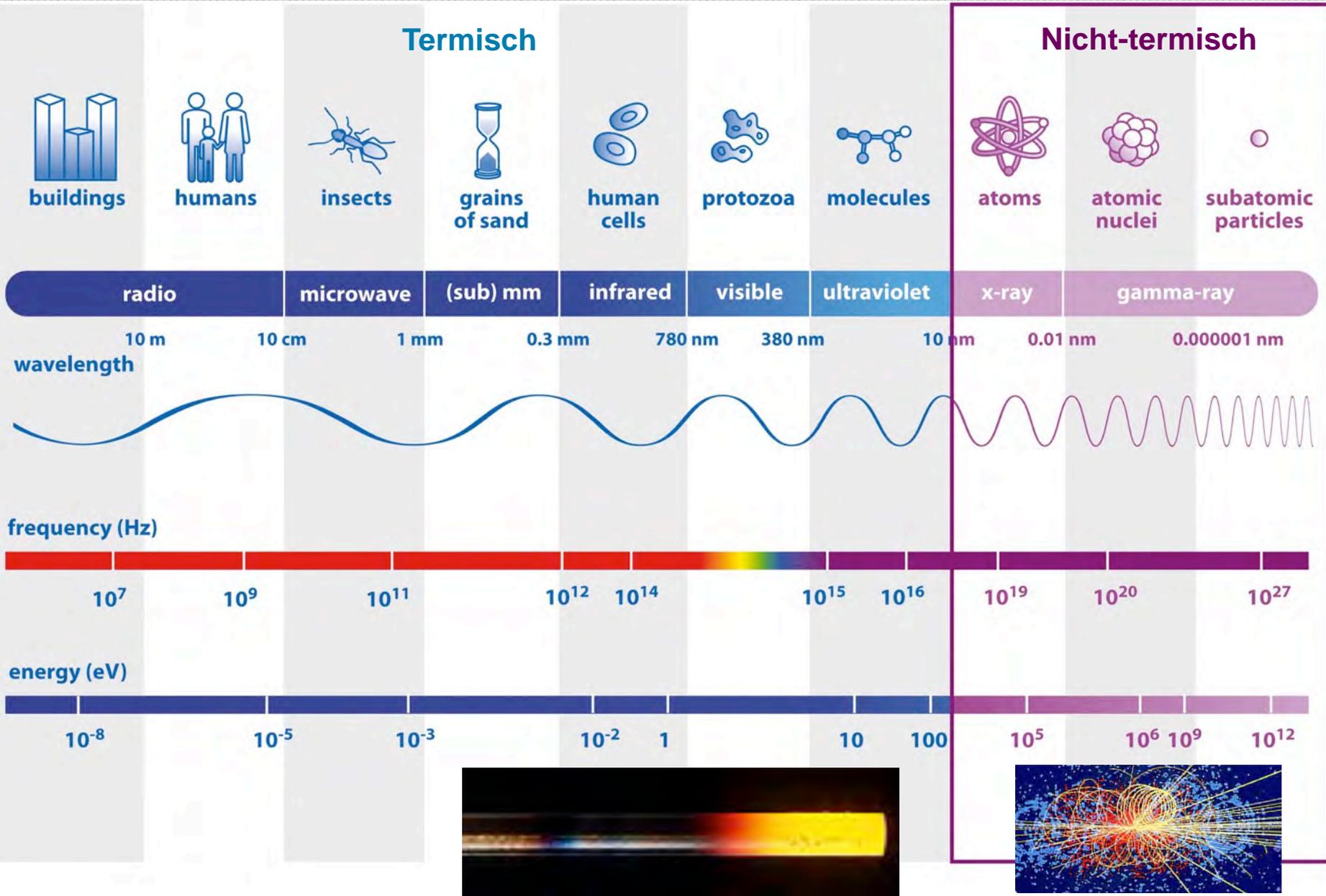
Seit ihr endlich mal da?

**Gianluca Giavitto**  
Technisches Seminar  
Zeuthen, 17.01.2017

# Das Universum im sichtbaren Licht



# Nicht-termisches Universum



# Gewaltiges Universum



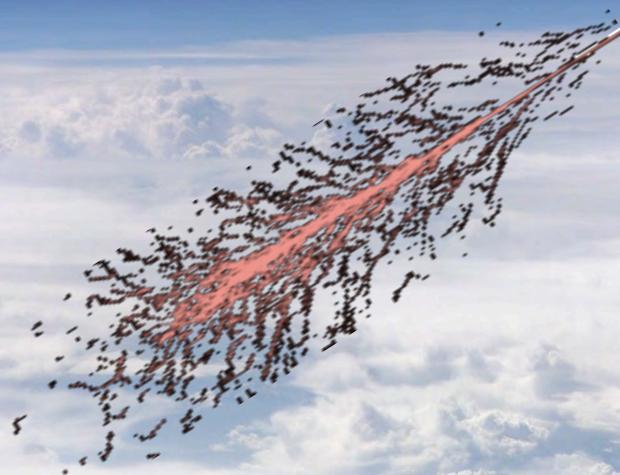


# Kosmische Teilchenbeschleuniger



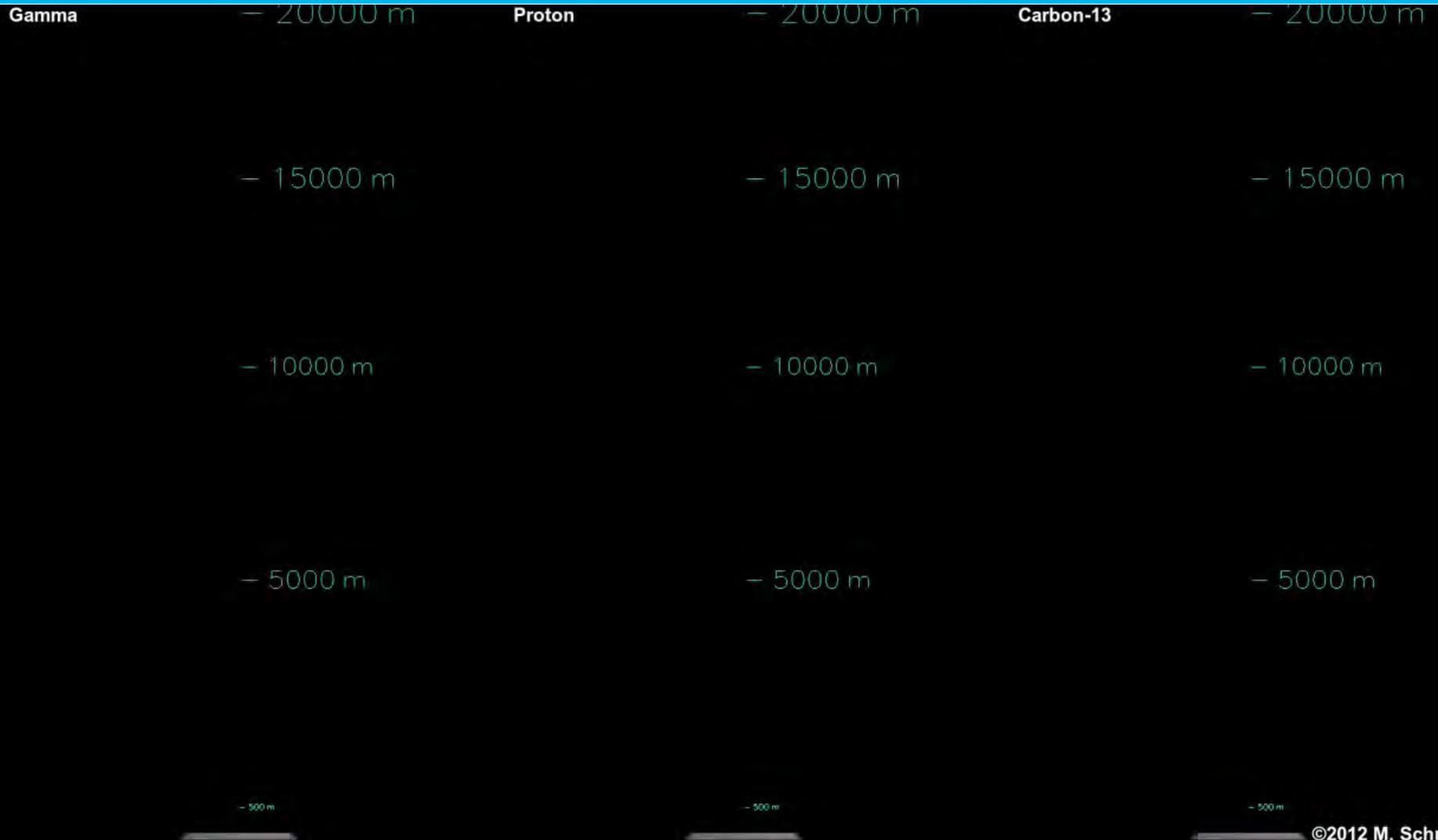
# Atmosphärische Kaskaden

Gamma-ray



Teilchenkaskade

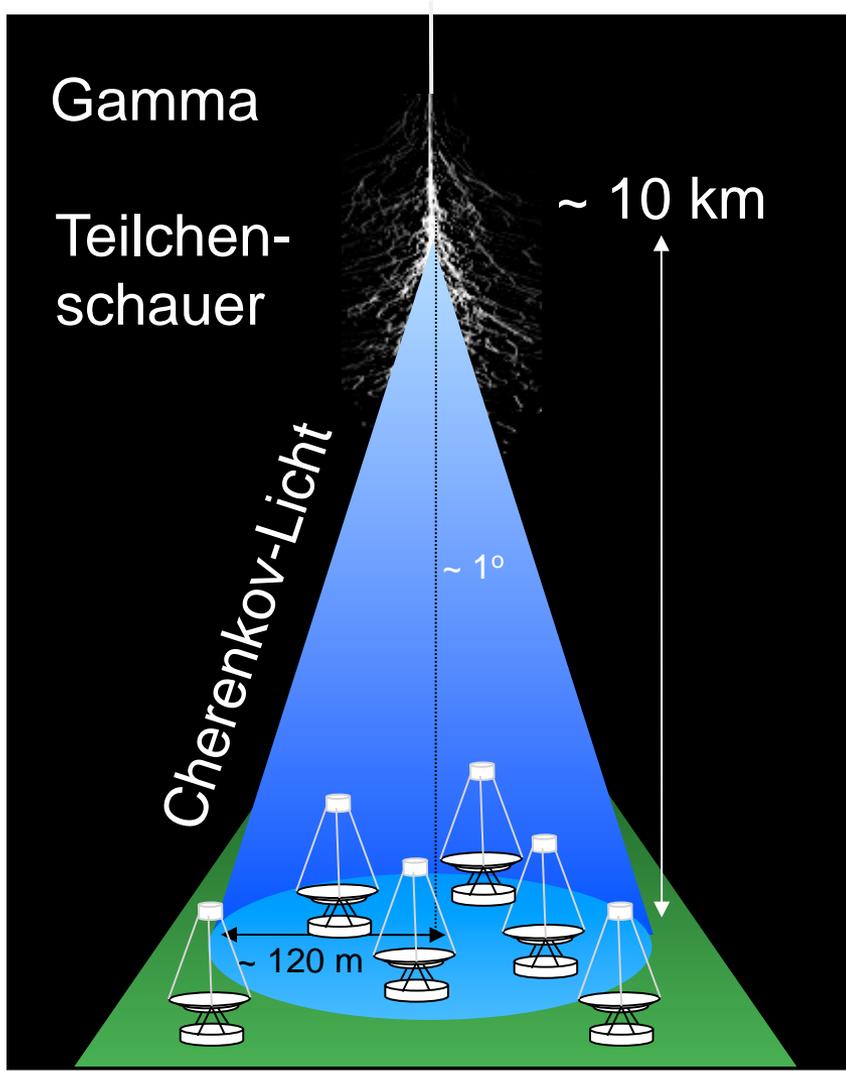
# Gamma-Strahlen in der Atmosphäre



©2012 M. Schroedter



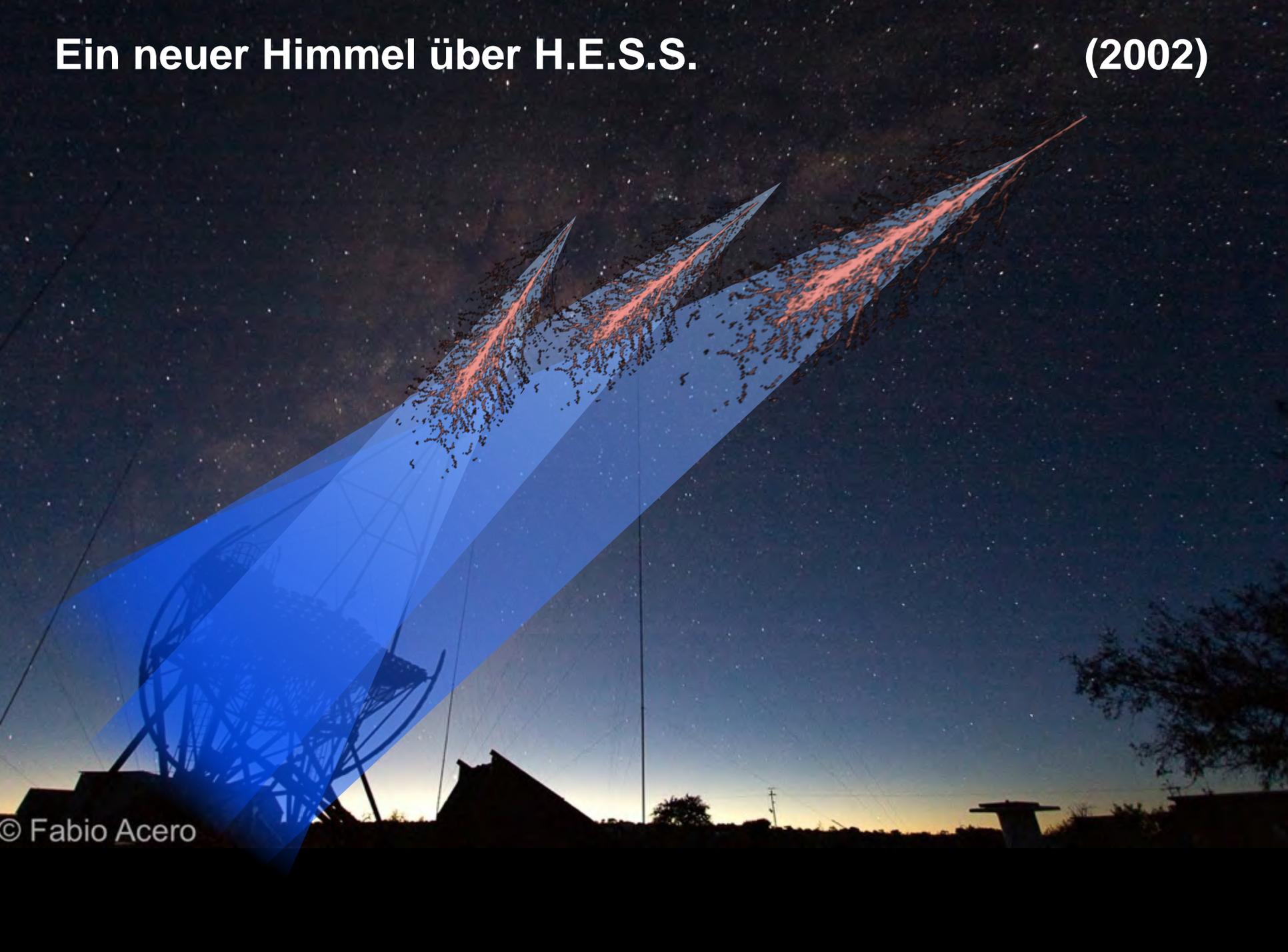
# Wie kann man hochenergetische Gammastrahlung messen?



Ein neuer Himmel über H.E.S.S.

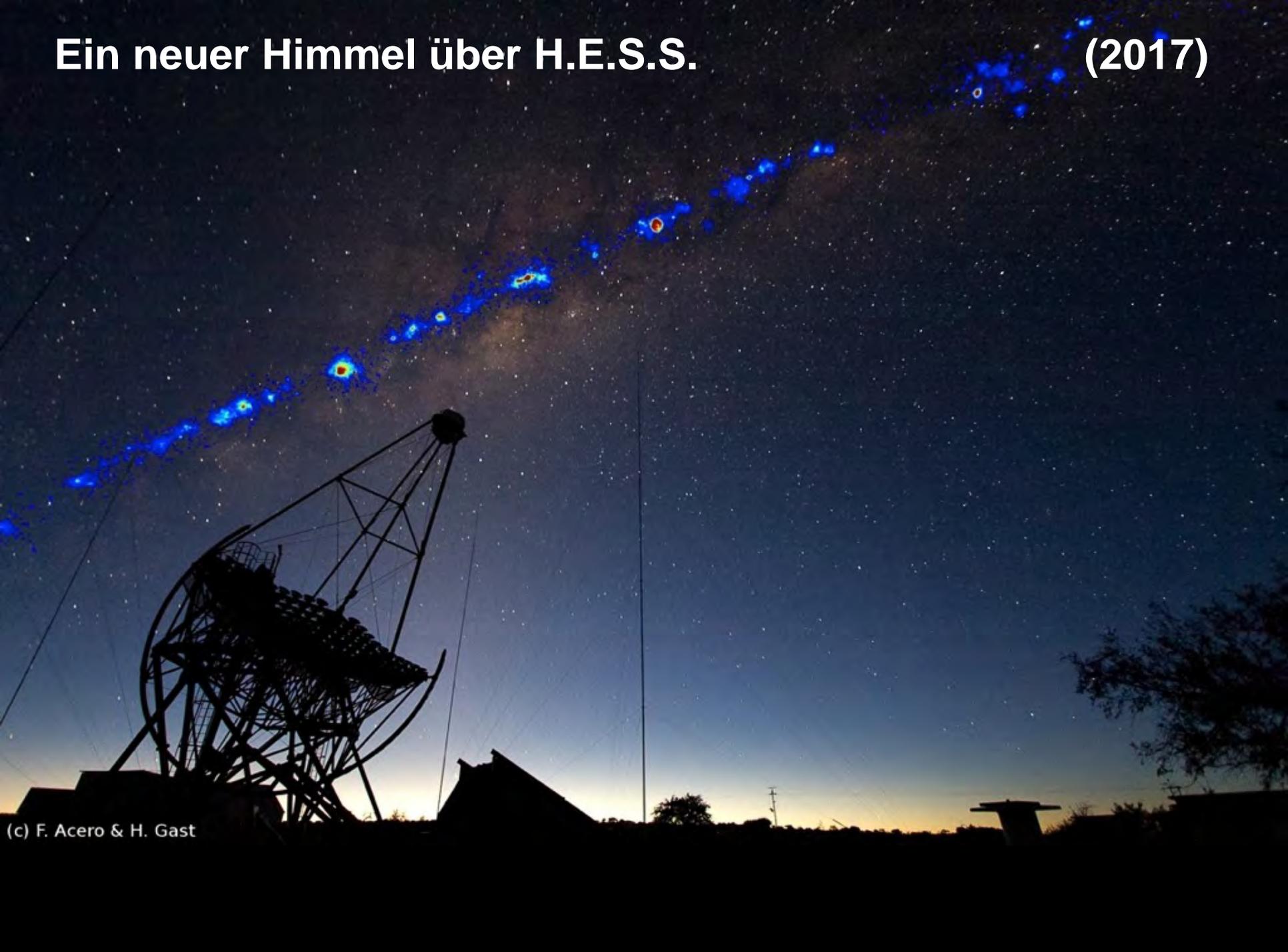
(2002)

© Fabio Acero



Ein neuer Himmel über H.E.S.S.

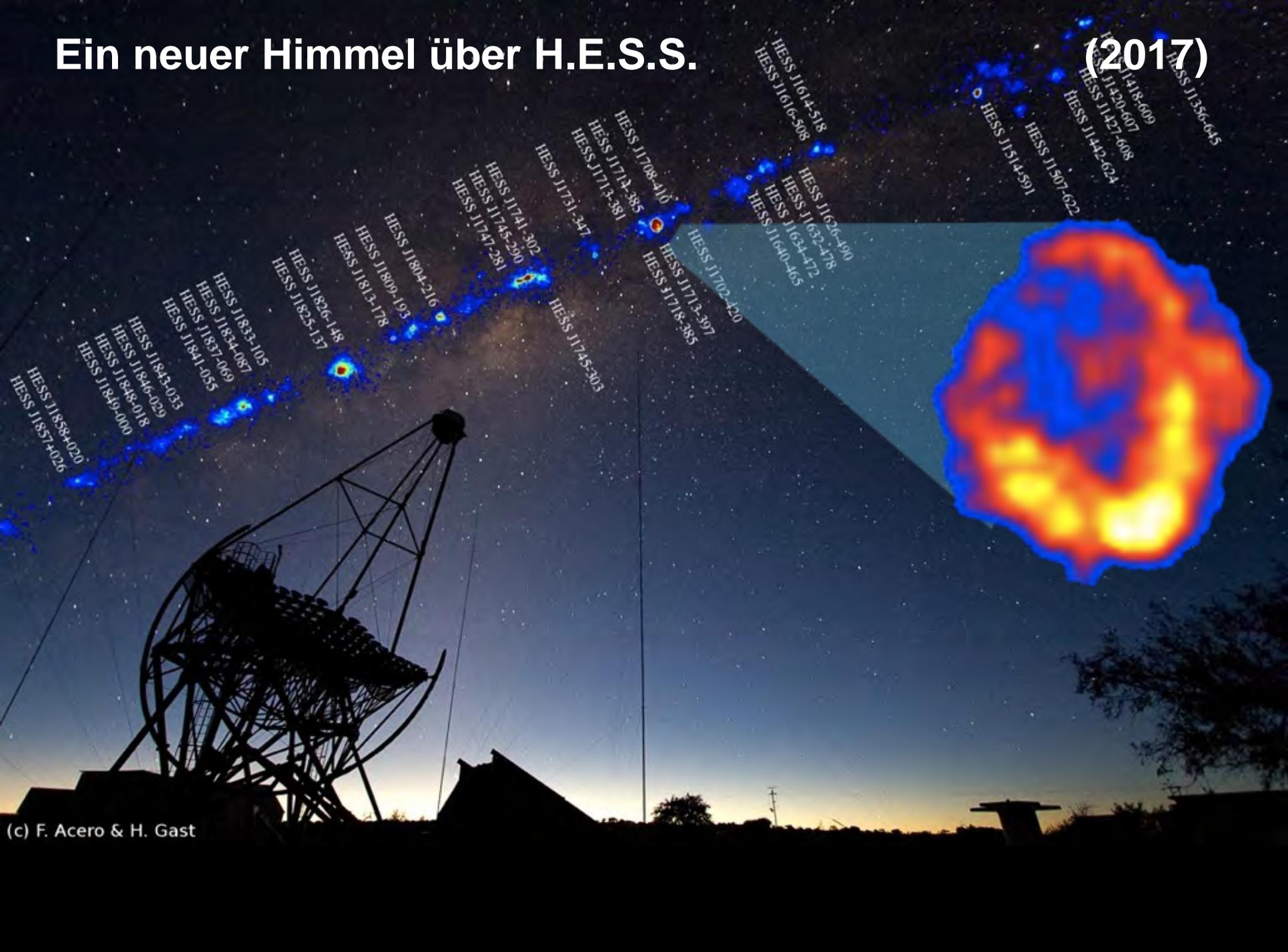
(2017)



(c) F. Acero & H. Gast

# Ein neuer Himmel über H.E.S.S.

(2017)

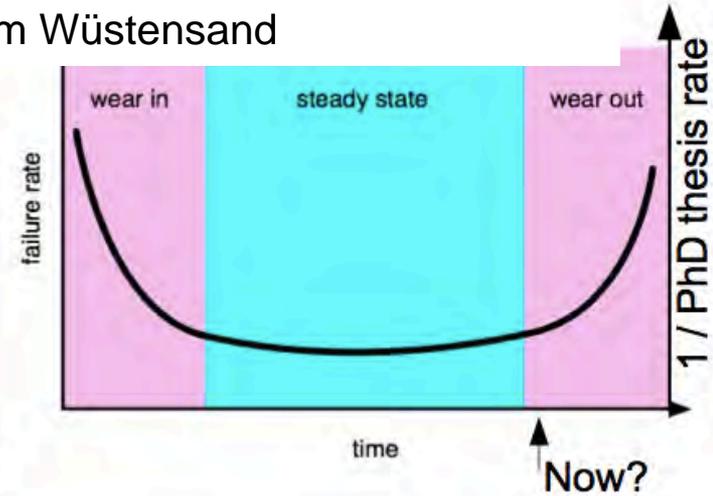
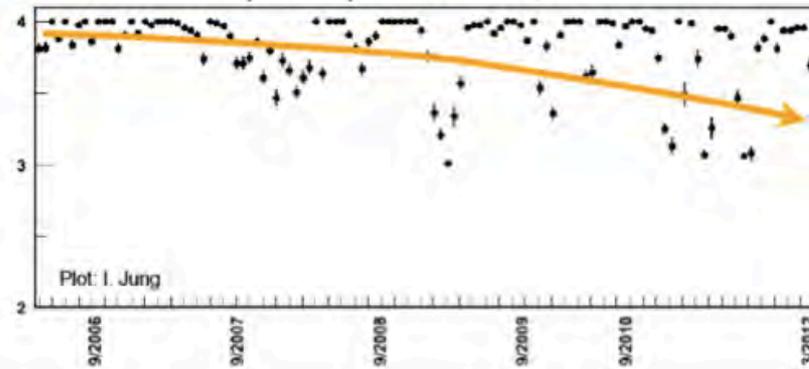


(c) F. Acero & H. Gast

# Motivation des H.E.S.S.-I Upgrades

- > Viel Ausfallzeit durch alternde Elektronik im Wüstensand

Number of H.E.S.S. I telescopes in operation



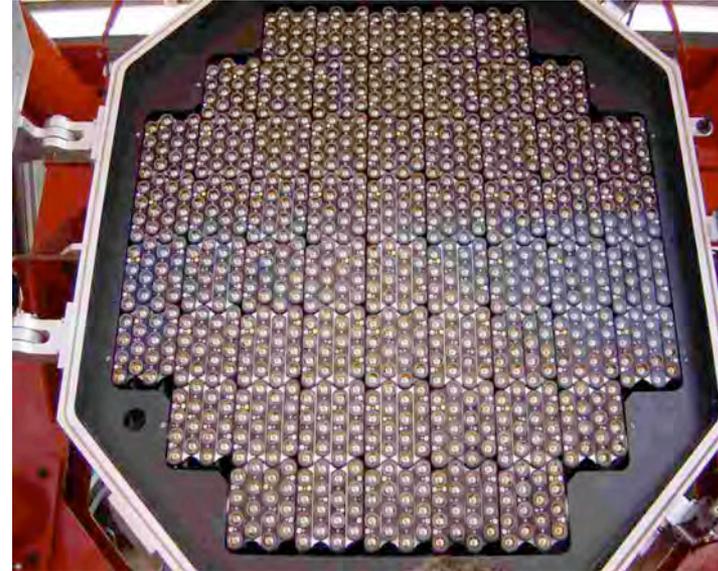
- > 30% Totzeit im Hybrid-Betrieb (Koinzidenz mit großem Teleskop)



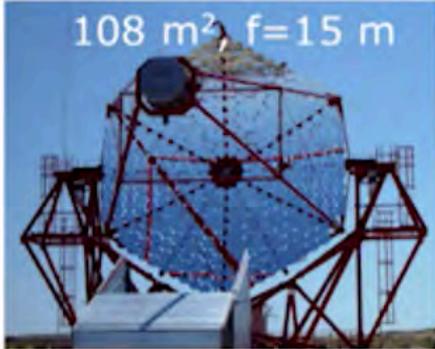
- > Datenverlust: 350k Euro/Jahr

# Unser Auftrag

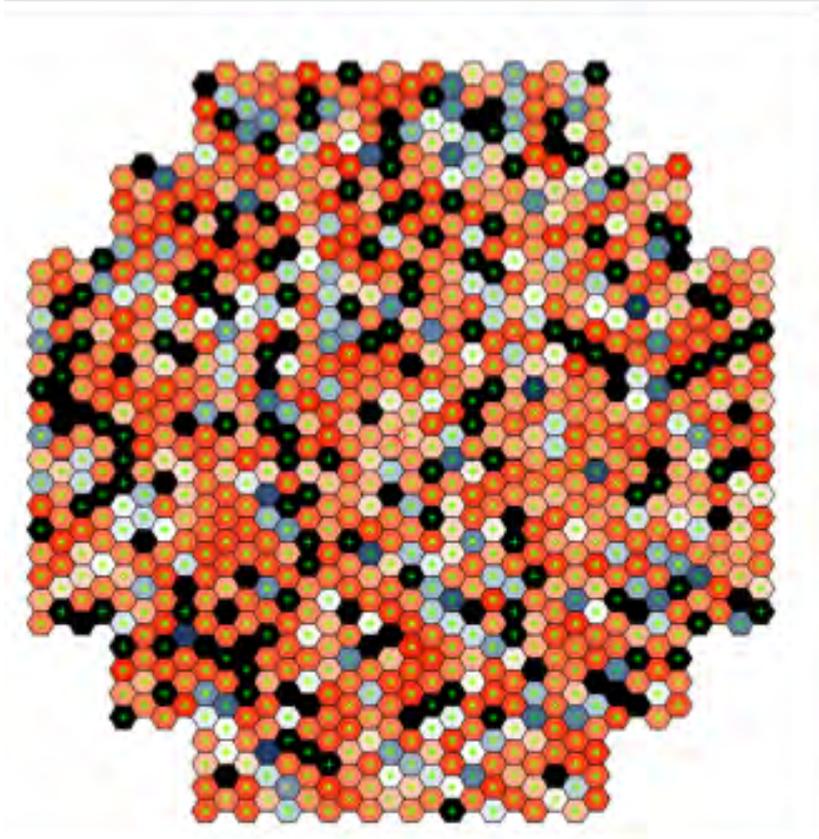
- > Modernisierung der vier H.E.S.S. I Kameras
- > Original-Design der französischen Gruppen
- > In Betrieb seit 2002



# Cherenkov-Kamera vs. Digital Photo Kamera

	H.E.S.S. Telescope	Photographic camera
"Lens"	 <p>108 m<sup>2</sup> f=15 m</p>	
Photo sensor		
Photo sensor area	1.3 m <sup>2</sup>	up to 8 cm <sup>2</sup>
Number of pixels	960	20+ Million
Exposure time	0.00000001 s	0.001 s

# Belichtungszeit



1/10000  
(100  $\mu$ s)

1/100000  
(10  $\mu$ s)

1/1000000  
(1  $\mu$ s)

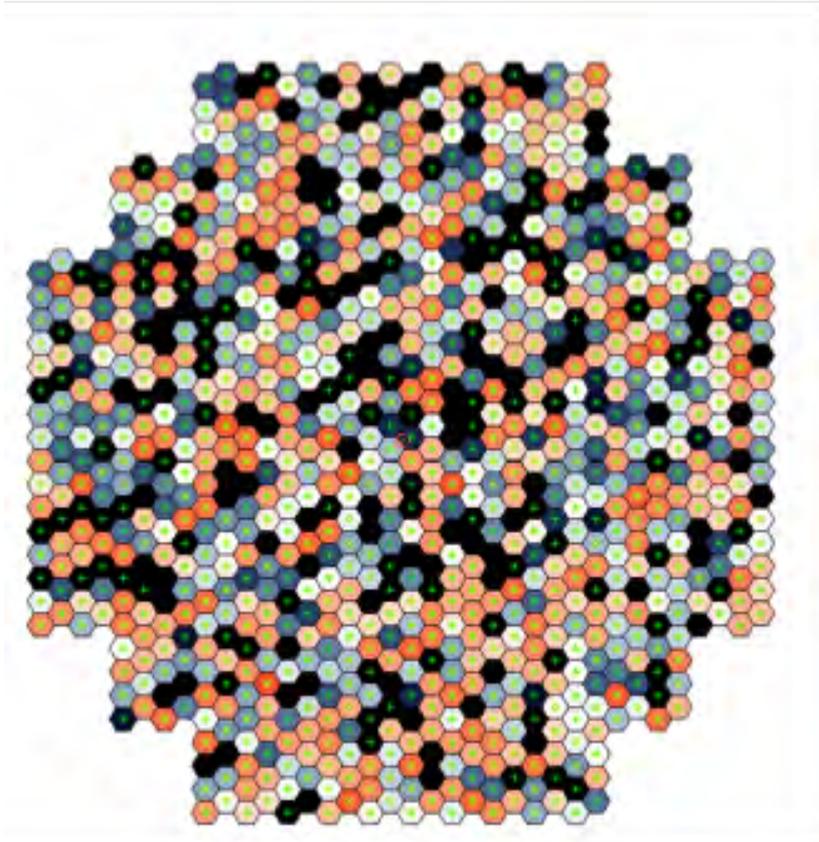
1/10000000  
(100 ns)

1/100000000  
(10 ns)

3000 - Newton



# Belichtungszeit



1/10000  
(100  $\mu$ s)

1/100000  
(10  $\mu$ s)

1/1000000  
(1  $\mu$ s)

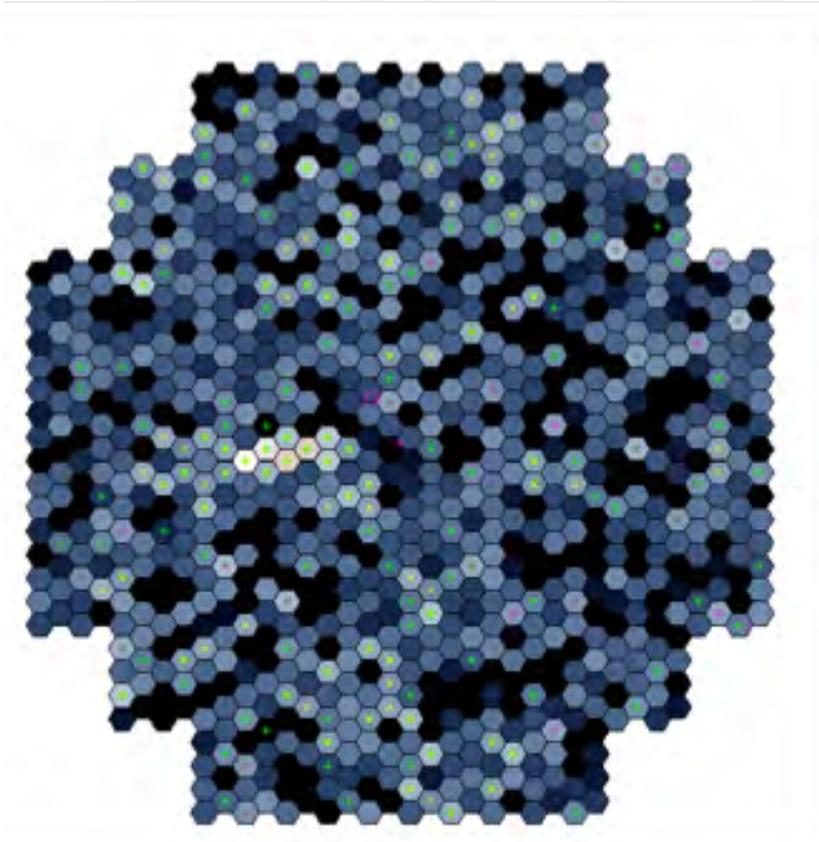
1/10000000  
(100 ns)

1/100000000  
(10 ns)

SRM - Newton



# Belichtungszeit



1/10000  
(100  $\mu$ s)

1/100000  
(10  $\mu$ s)

1/1000000  
(1  $\mu$ s)

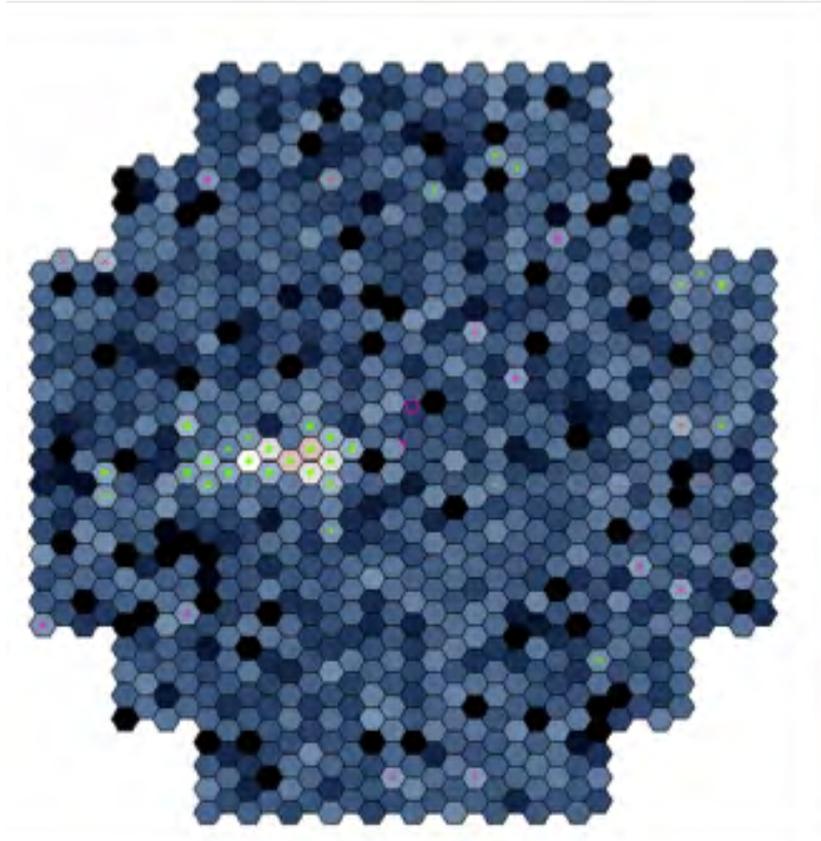
1/10000000  
(100 ns)

1/100000000  
(10 ns)

EMM-Newton



# Belichtungszeit



1/10000  
(100  $\mu$ s)

1/100000  
(10  $\mu$ s)

1/1000000  
(1  $\mu$ s)

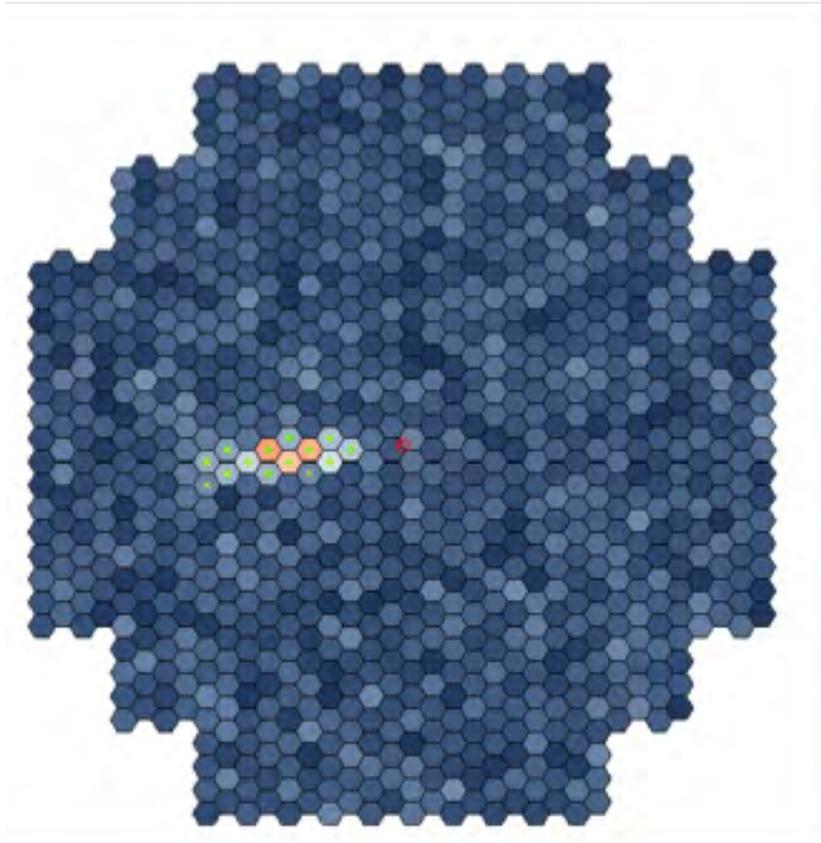
1/10000000  
(100 ns)

1/100000000  
(10 ns)

EMM-Newton



# Belichtungszeit



1/10000  
(100  $\mu$ s)

1/100000  
(10  $\mu$ s)

1/1000000  
(1  $\mu$ s)

1/10000000  
(100 ns)

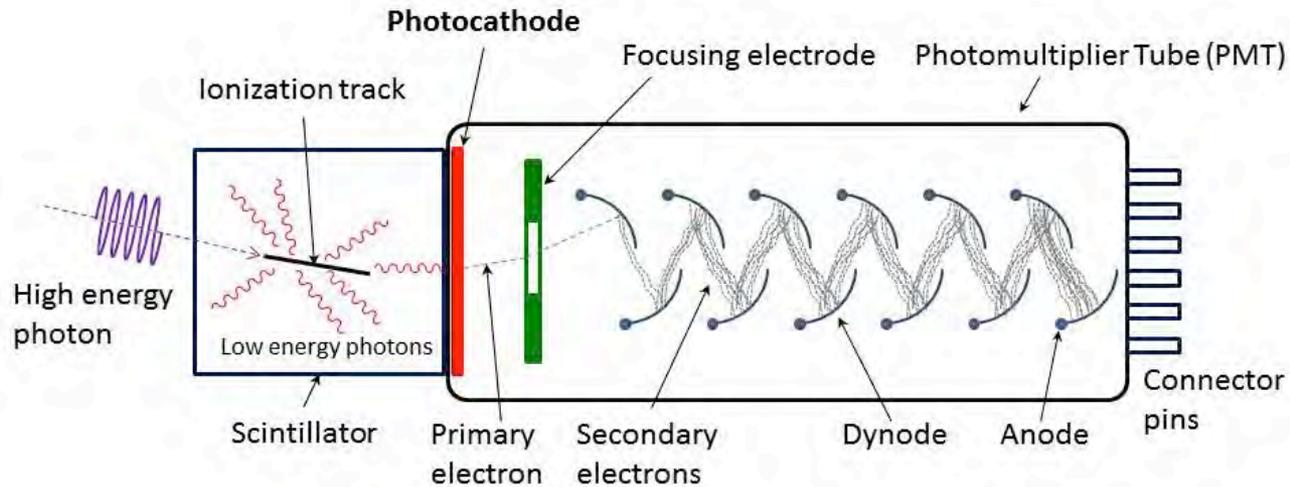
1/100000000  
(10 ns)

EMM-Newton

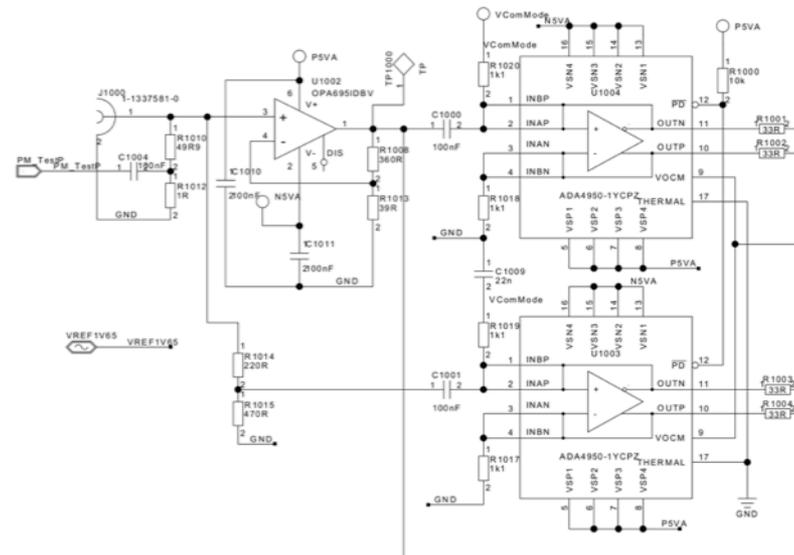


# Schnelle Detektoren, schnelle Elektronik

## > Photomultiplikatoren (PMTs)

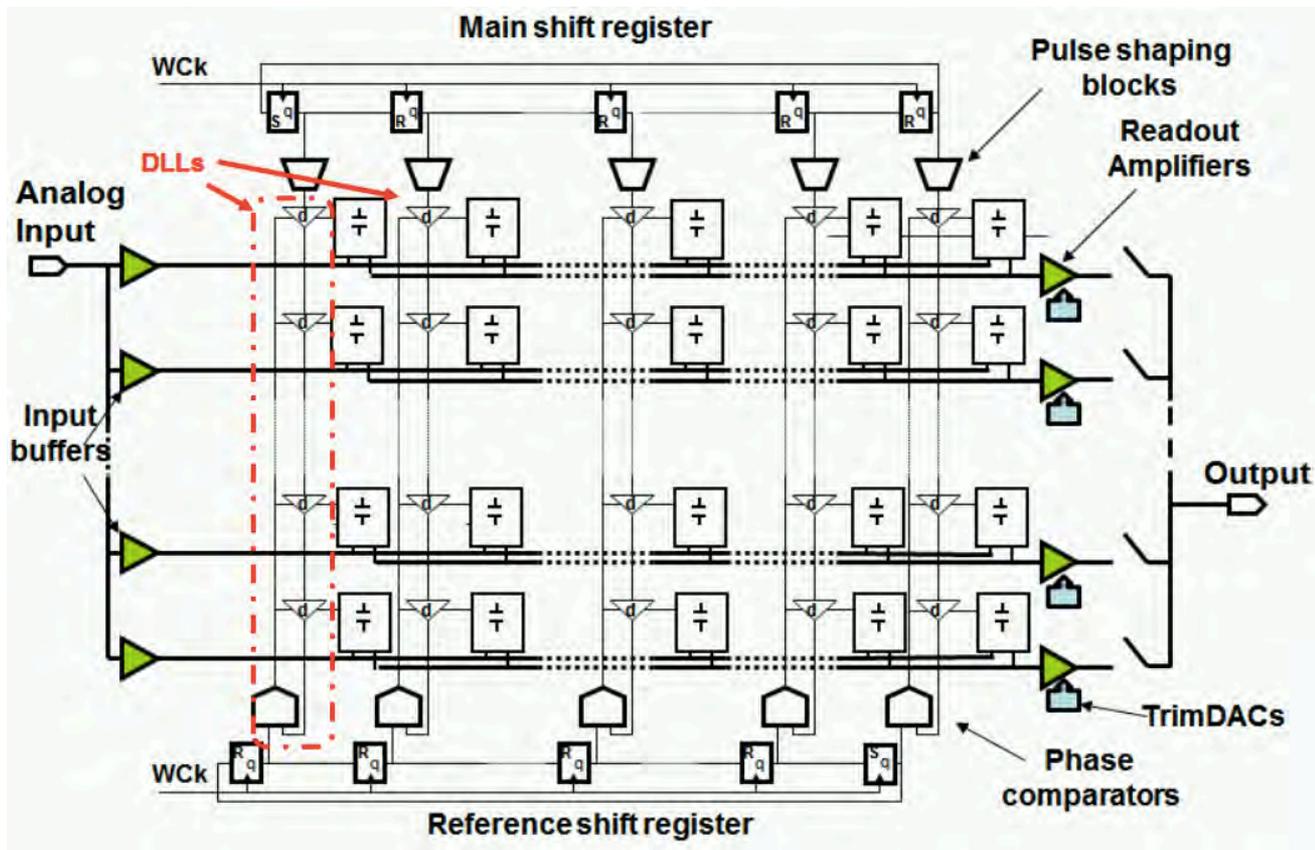


## > Kleine Signale ( $\sim$ mV) => Rauscharme Analog-Elektronik



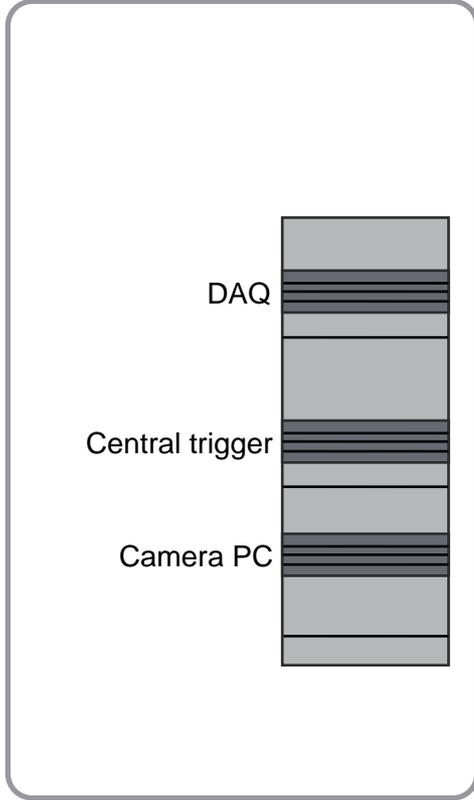
# Schnelle Detektoren, schnelle Elektronik

- > Analog Memory (Switched Capacitor Array)  
=> neue Technologie (NECTAr Chip für CTA)



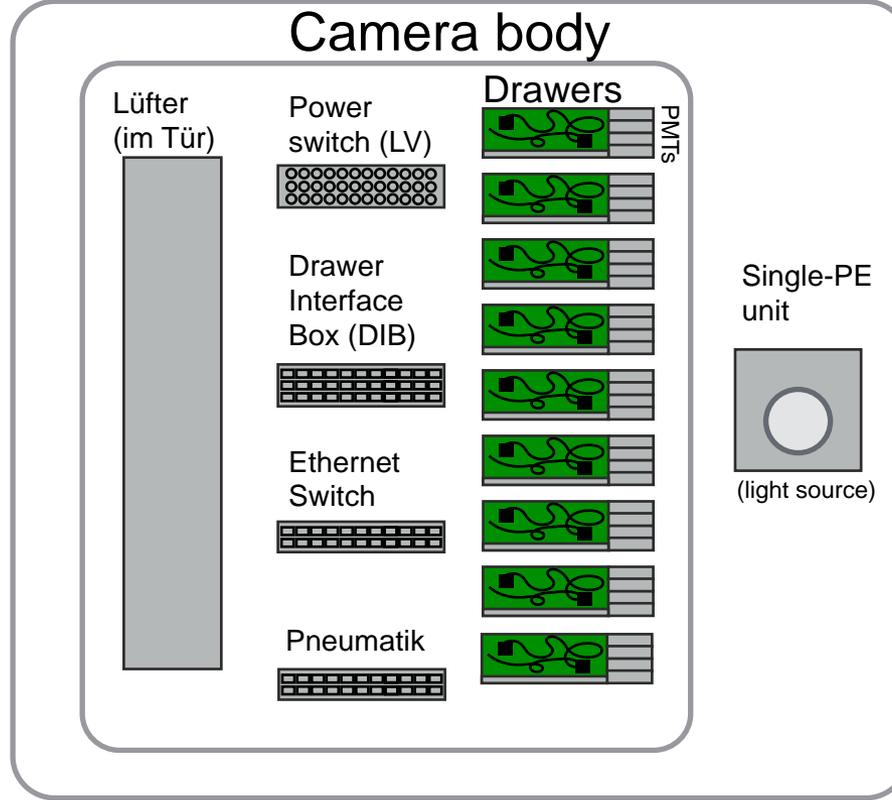
# Kamera-Bauteile

## Control building

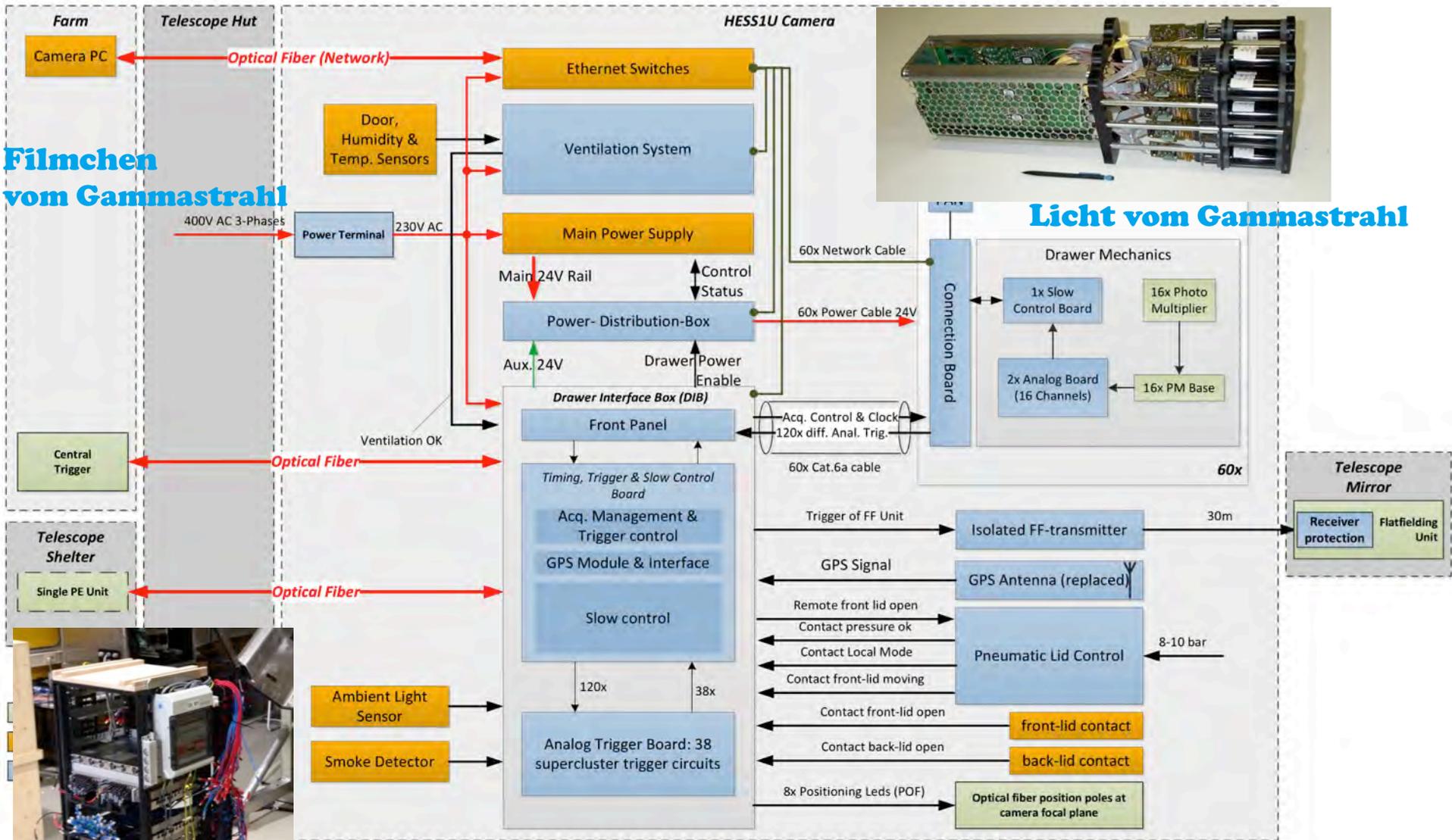


## Camera shelter

### Camera body



# Im Detail



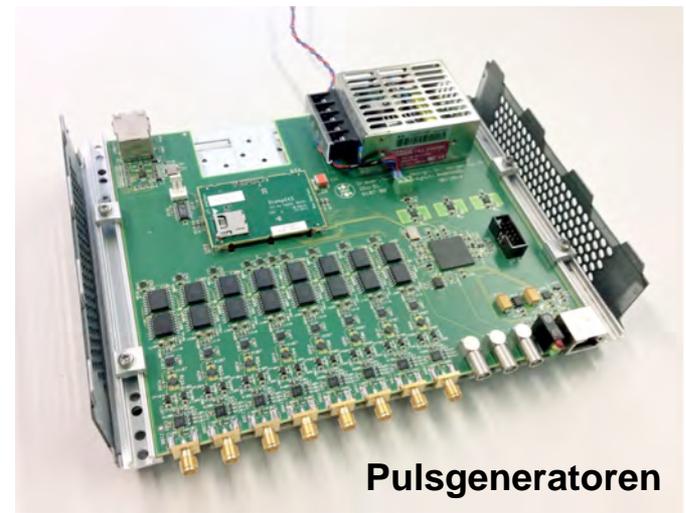
Filmchen vom Gammastrahl

Licht vom Gammastrahl



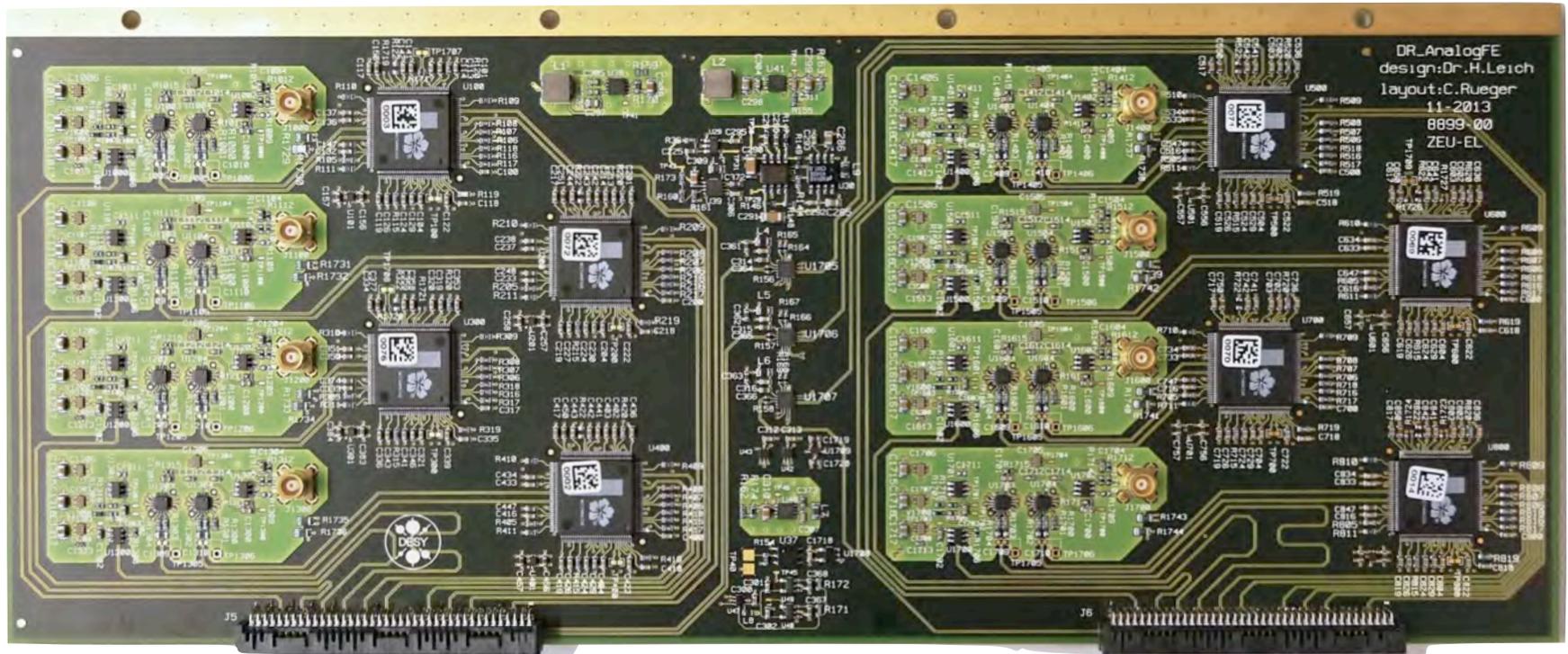
# Boards, Boards, Boards

> 7 verschiedene



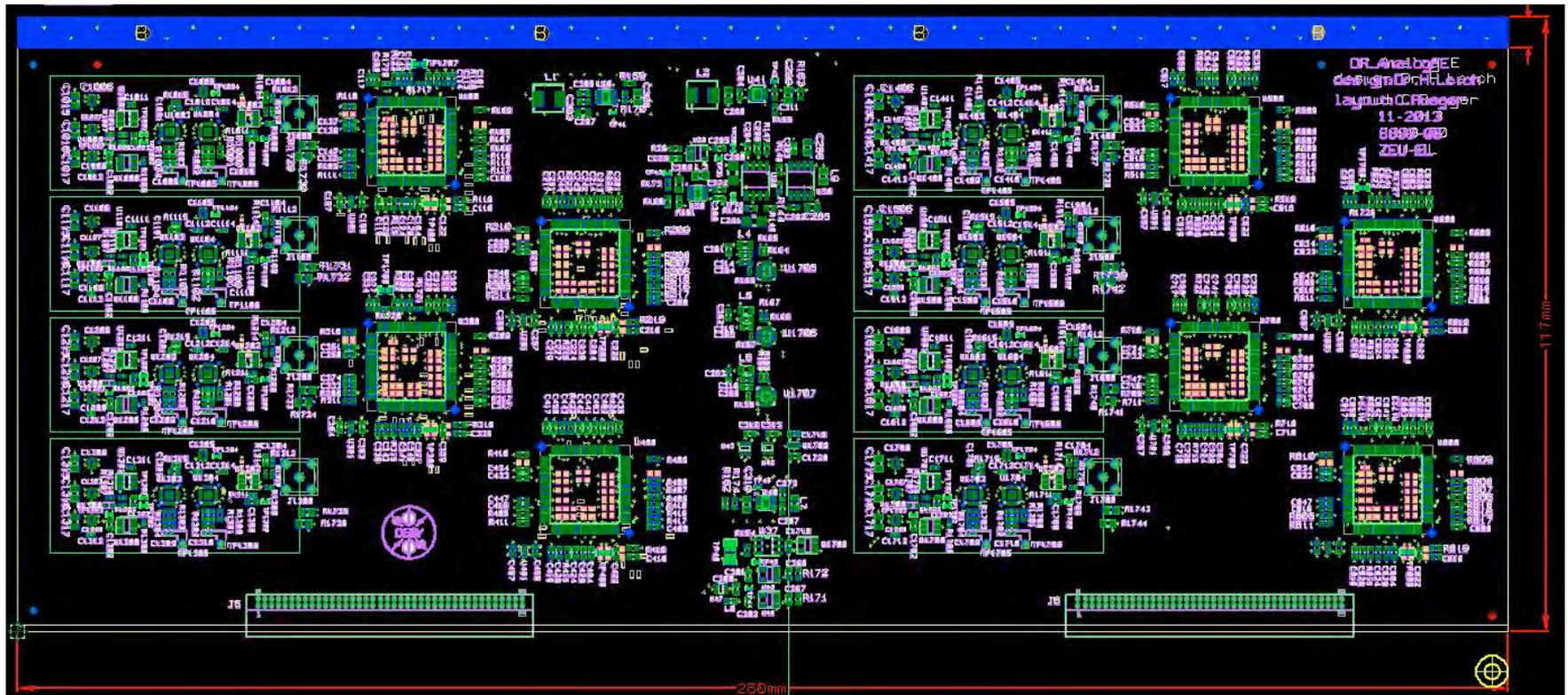
# Dr. Leich's Meisterstück

- > 8 Lagen, über 1000 Bauteile, 540 Stück



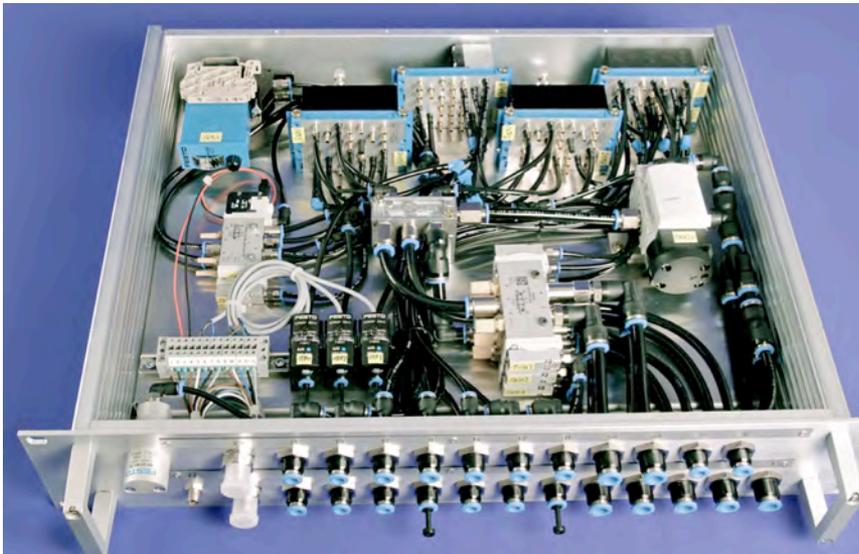
# Dr. Leich's Meisterstück

- > 8 Lagen, über 1000 Bauteile, 540 Stück, Layout: Carola Rüger



# Mechanik/Pneumatik-Peripherie

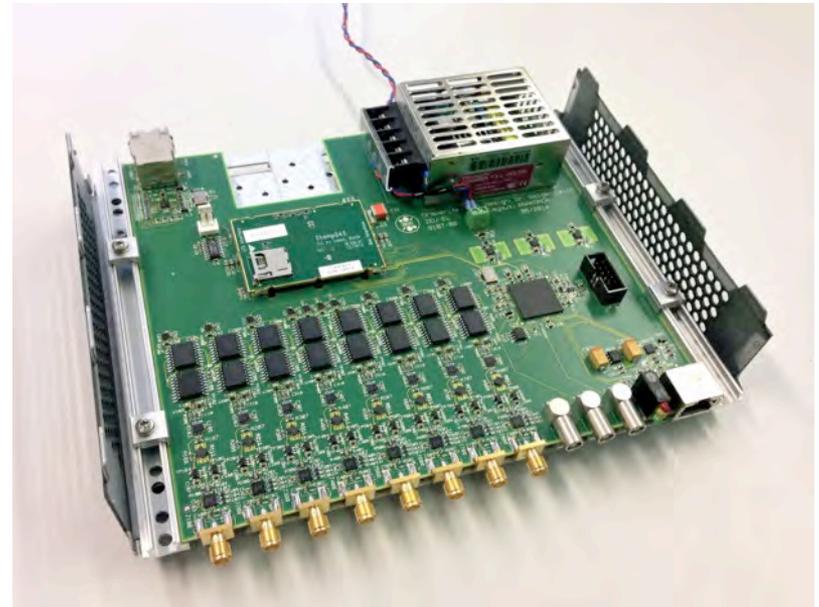
- > Neues Lüftungssystem im Deckel (gefiltert und mit leichtem Überdruck)
- > Pneumatik-Steuerung



# Pulse generator

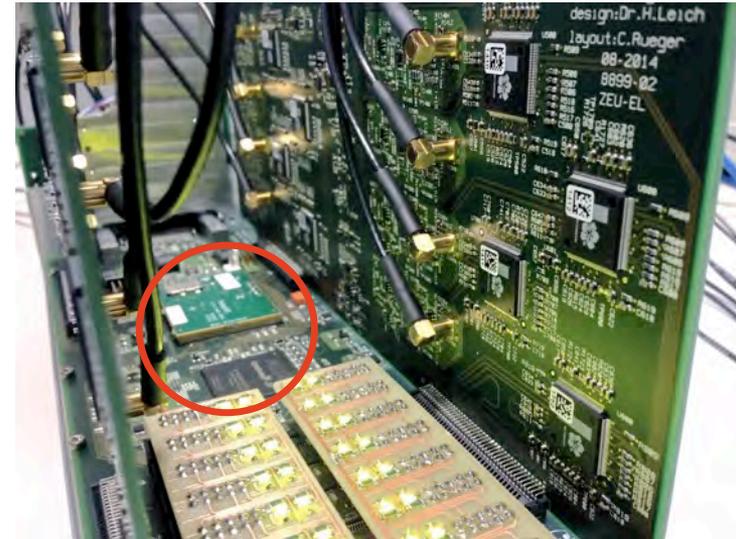
- > 8 channels
- > External or internal trigger, gate
- > Gaussian pulse, rise time  $\sim 2$  ns
- > Per individual channel:
  - Programmable attenuation (up to 64 dB, 1 dB steps)
  - Programmable delay (up to 200 ns, 0.25 ns steps)
  - Programmable width (from 2 up to 200 ns, 0.25 ns)
- > Possibility of chaining
- > Control via ethernet
- > Internal power supply

- > Programmable pulse time distribution

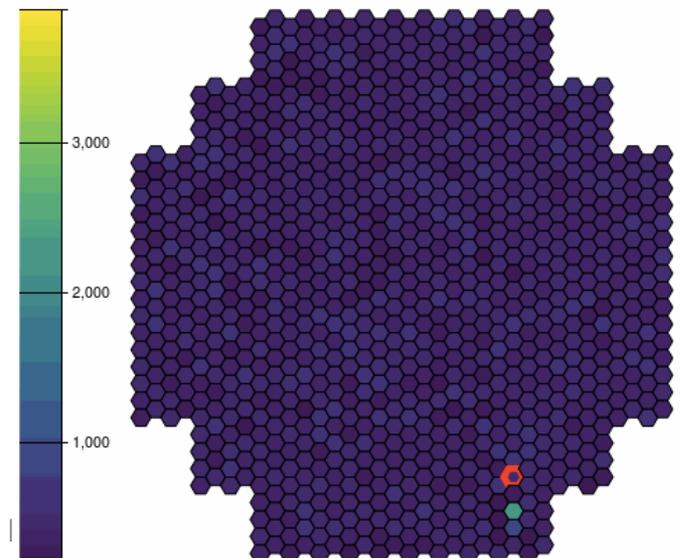


# Neue Kamera, neue Möglichkeiten

- > Jeder Pixel-Einschub hat einen kleinen PC an Bord
  - Mehr Intelligenz bei der Datennahme
  - "Filme statt Bilder" -> Bessere bei hohen Energien
  
- > Kamera ist wesentlich schneller
  - Höhere Datenrate möglich
  - Niedrigere Datennahmeschwelle
  - Mehr kleine Gamma-Schauer, niedrigere Energieschwelle



Camera Charge (ADC Counts)



# Wer wir sind (am DESY in Zeuthen)



# Wie groß das Upgrade?

> 850 000 €

- 50% davon Produktion Front-End-Boards

> 3-4 FTEs

- Über 2-3 Jahre 2013-2016
- Jetzt ist abbau Phase

> Kostensteigerungsfaktor seit März 2013:  $\Gamma = 1.12$

> Zeitsteigerungsfaktor seit März 2013:  $\Gamma = 1.3$



# Was stand da unten in der Halle?

## > 4 H.E.S.S.-Kamera Nachbau als Teststand

Vorne. Diese Seite schaut in den Teleskop-Spiegel

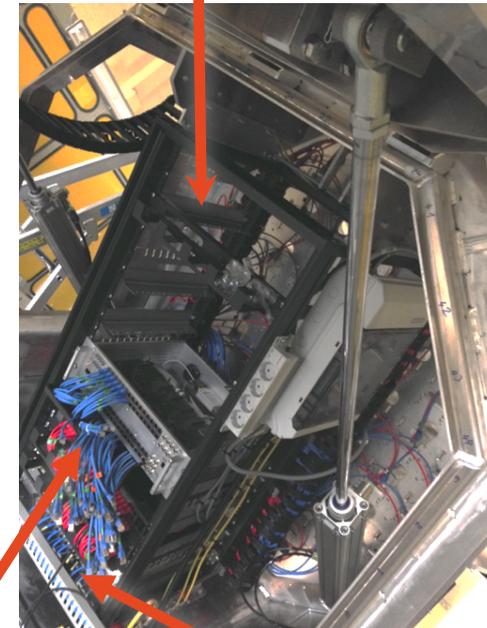


(Teleskop-Spiegel)



Hinten. Dieser Deckel enthält eine neue Lüftungsanlage

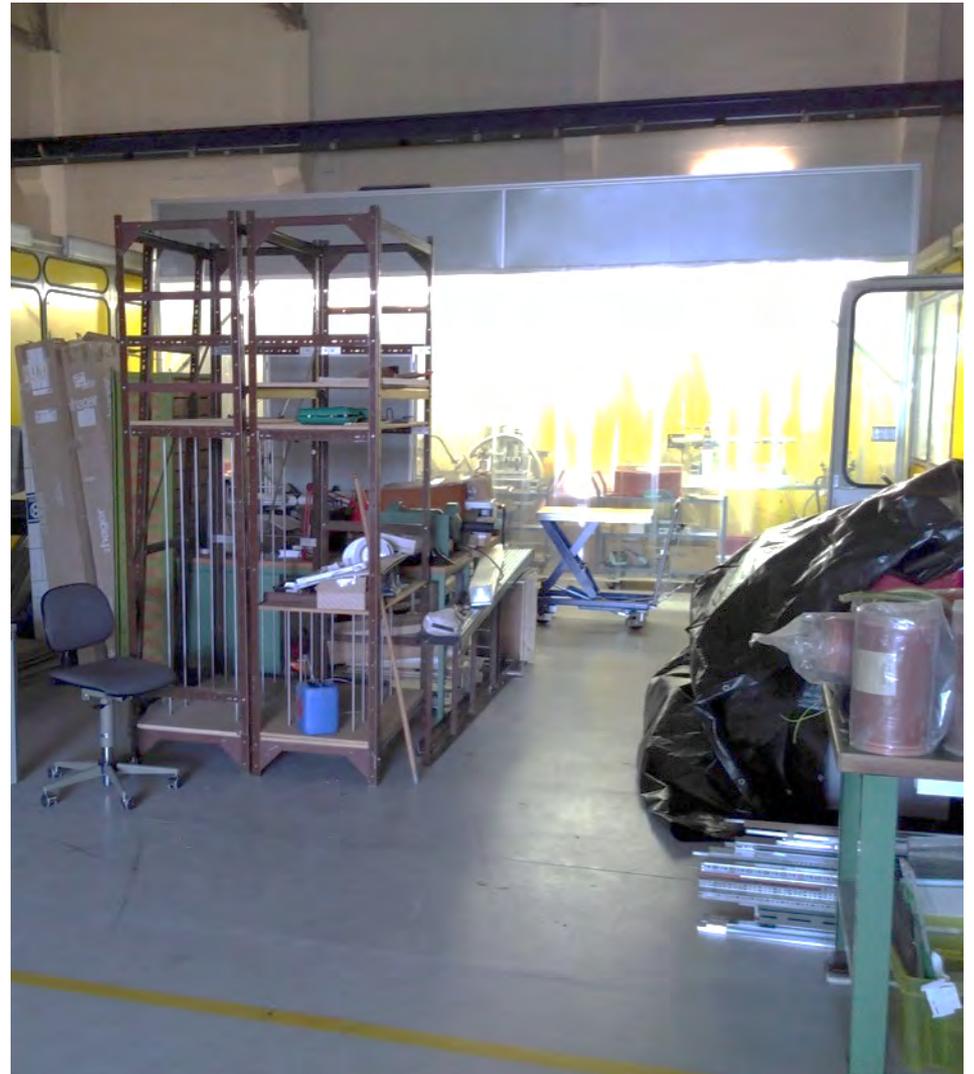
Innen. Ein Rack mit Einschüben.



Trigger- und Datenkabel

Pneumatik

# Alles schon weggeräumt – und wiedergefüllt



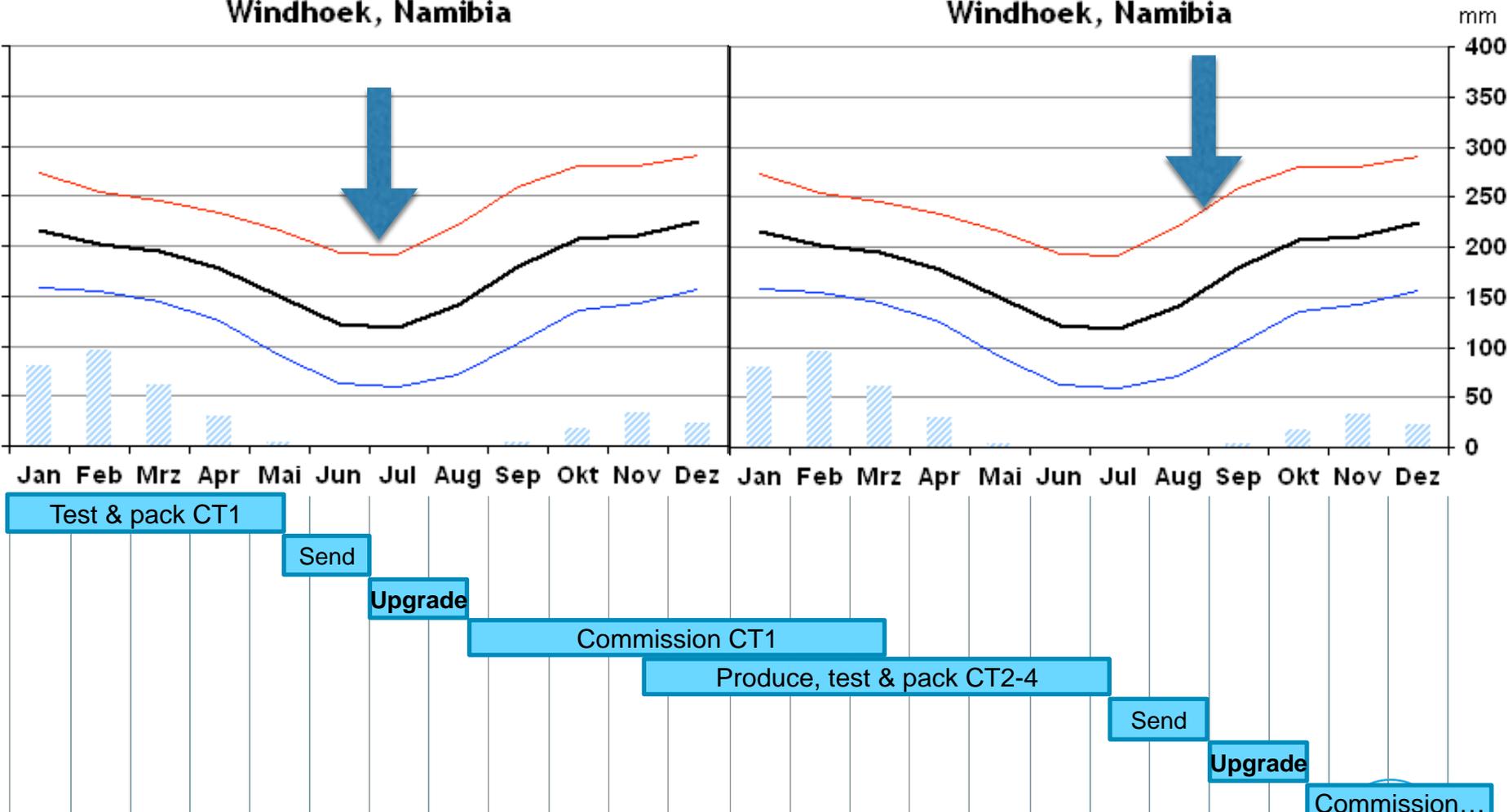
# Zeitplan, Temperatur und Ereignisse

## “Winter” 2015 : CT1U

## “Frühling” 2016 : CT2-4U

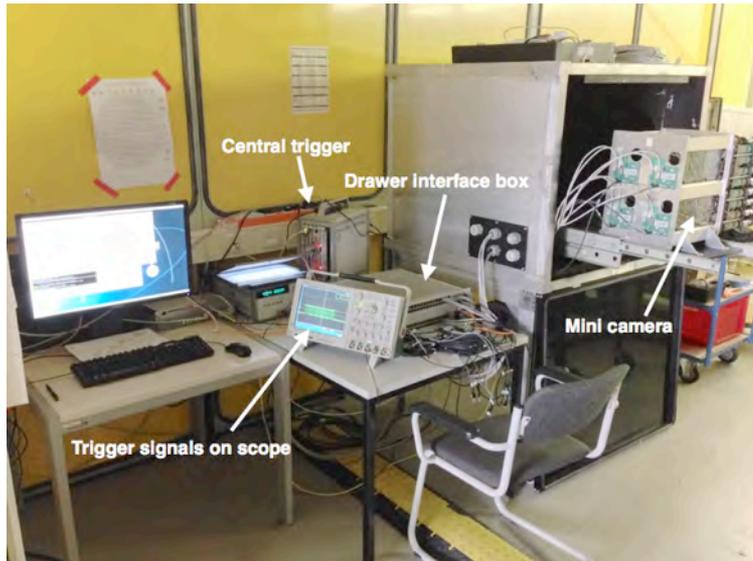
Windhoek, Namibia

Windhoek, Namibia

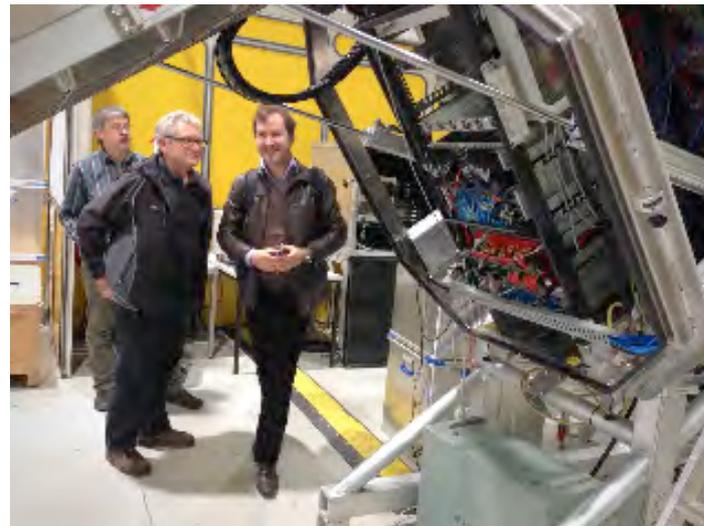


# Test & pack CT1

Teststand  
in der  
Halle



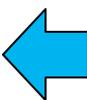
Lasttests



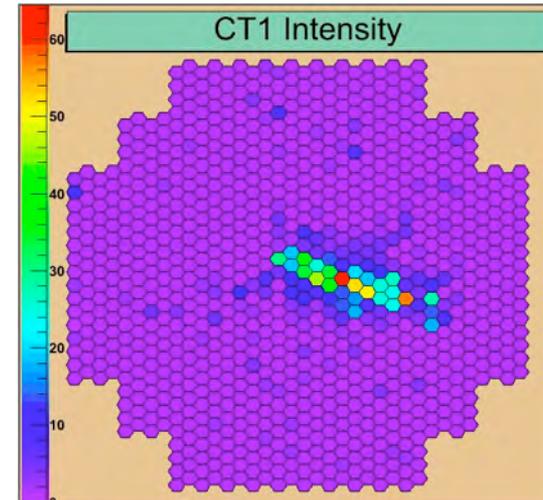
Grünes  
licht am  
29.04.2015



# Abtransport CT1: 22 Mai 2015



# Upgrade CT1: Juli – Aug 2015



**First light  
14.8.2015**

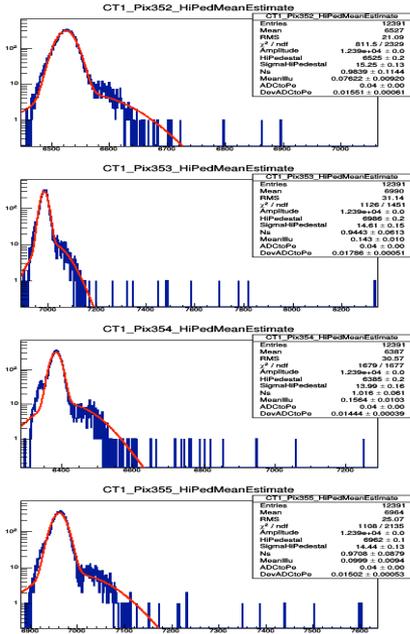
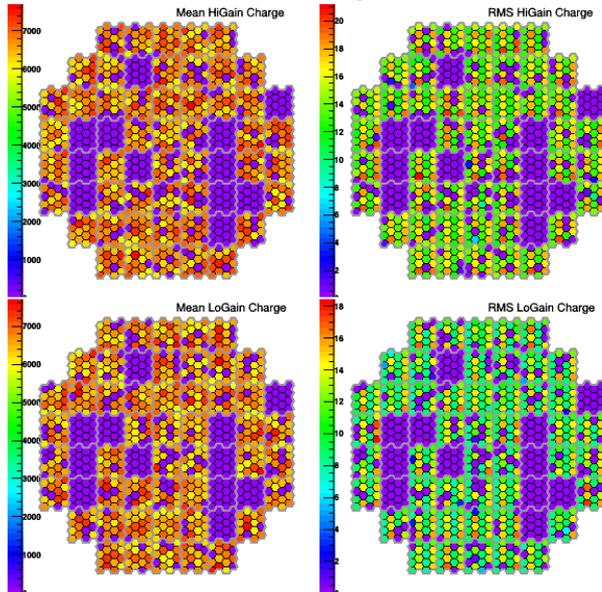


# Die Namibia-Crew Juni/August 2015

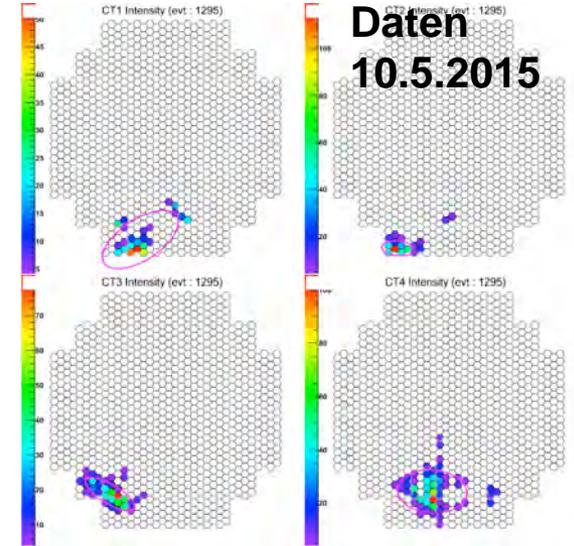


# Inbetriebnahme CT1

## PMT Kontrollprobleme

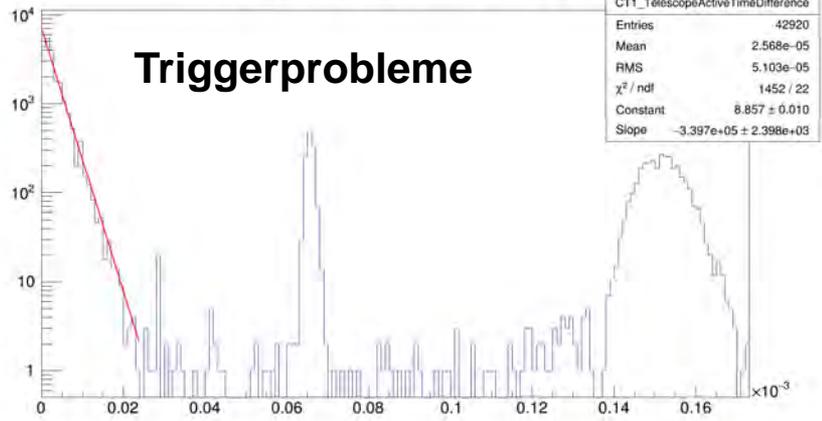


Erste gute Daten  
10.5.2015



## Kalibrationsprobleme

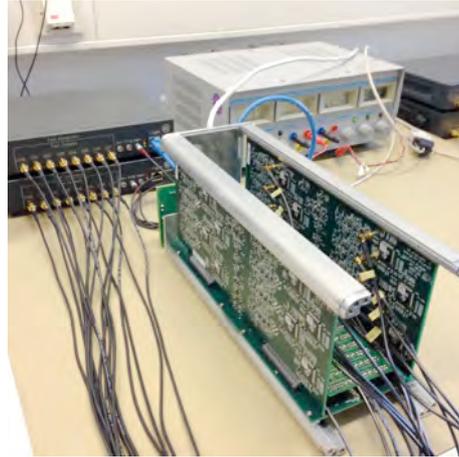
CT1\_TelescopeActiveTimeDifference



Triggerprobleme



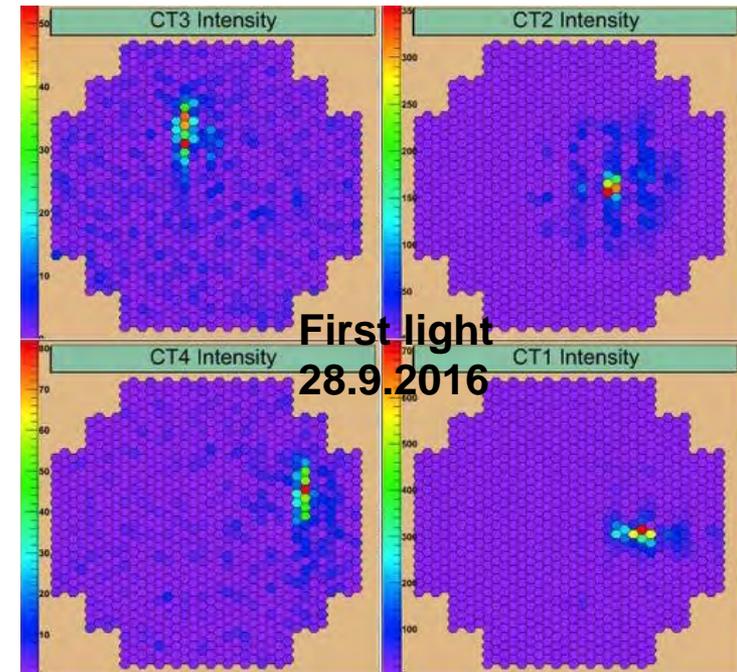
# Produktion & Test von CT2-4: Nov 2015 – Jul 2016



# Abtransport CT2-4: 8 Jul. 2016



# Upgrade CT2-4: Sept – Okt 2016

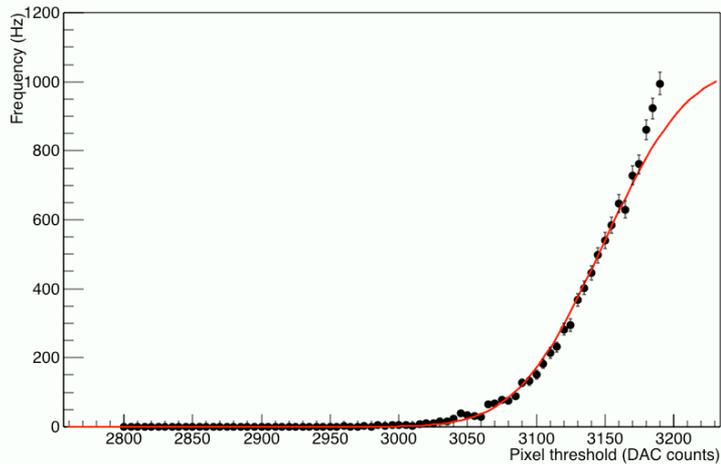


# Die Namibia-Crew Sept/Okt 2016



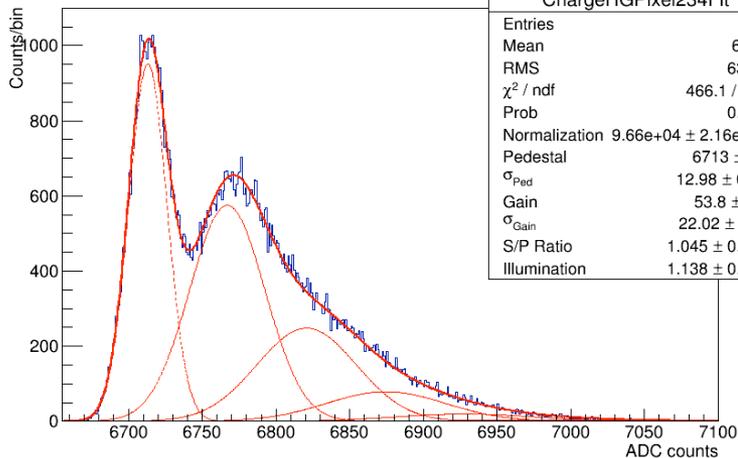
# Inbetriebnahme CT1-4: läuft gerade

Pixel 391 threshold scan Illumination=13.62 p.e.

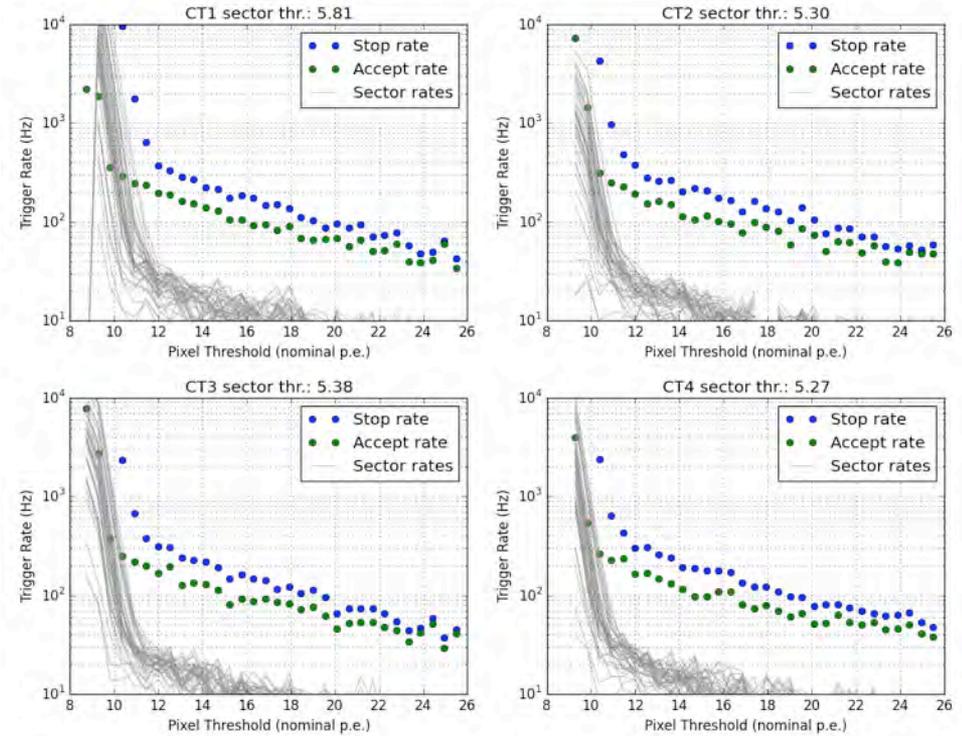


## Kalibration

SPE fit for Pixel 234, HV = 1052.1 V



Pixel threshold scan - Majority



## Performance studies

**Datennahme läuft schon  
Hand-over Ende Januar**



# Prizes & PhDs



**I. Lypova: Best poster  
RICAP 2016**

**G. Giavitto: HESS  
Prize fall 2016**



**V. Lefranc: Ph.D.  
thesis on upgrade**



# Neue Leute



**Dr. Simon Bonnefoy**



**Bb. Emma Giavitto**

# Wie ist Namibia?



# Alltag on site - Isabis Farm



# Alltag on site - Rhythmus, Teleskop und Residenz



# Klassenfahrt



# Klassenfahrt 2



uca

# Problem gelöst: Affenzaun (extern)



# Problem gelöst: Affenzaun (extern)



# Problem gelöst: Affenzaun (extern)



# Problem gelöst: Affenzaun (extern)



- > Fence surrounding array stops monkeys with 9 kV pulses every second

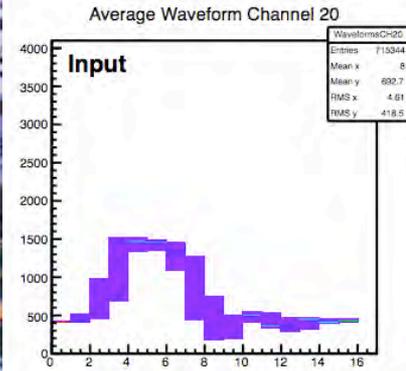
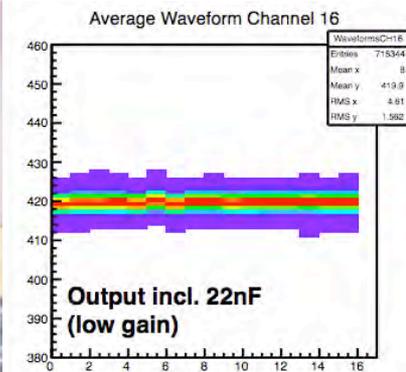
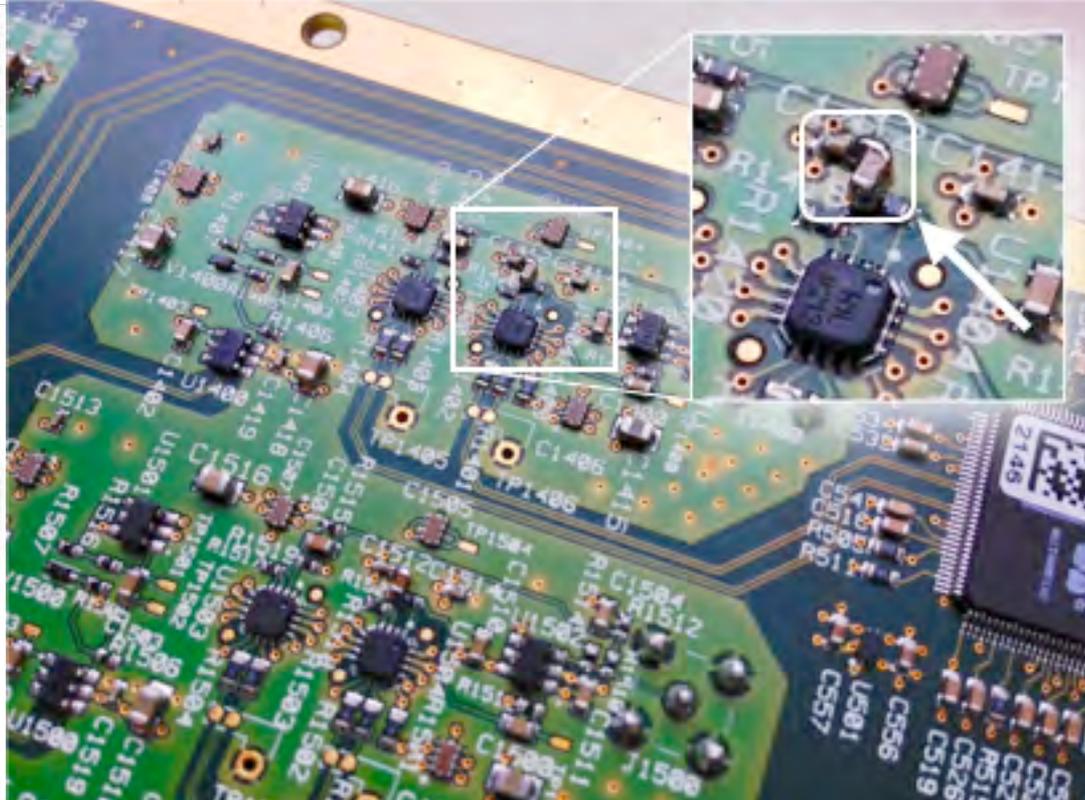
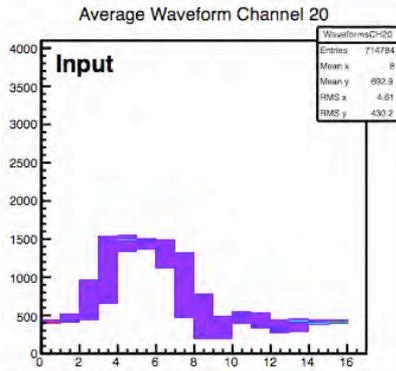
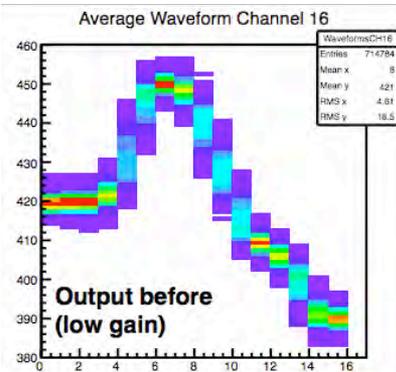


- > Pulse felt in room C6 at 60 V peak-to-peak.

# Problem gelöst: Crosstalk (eingeführt, aus Versehen)

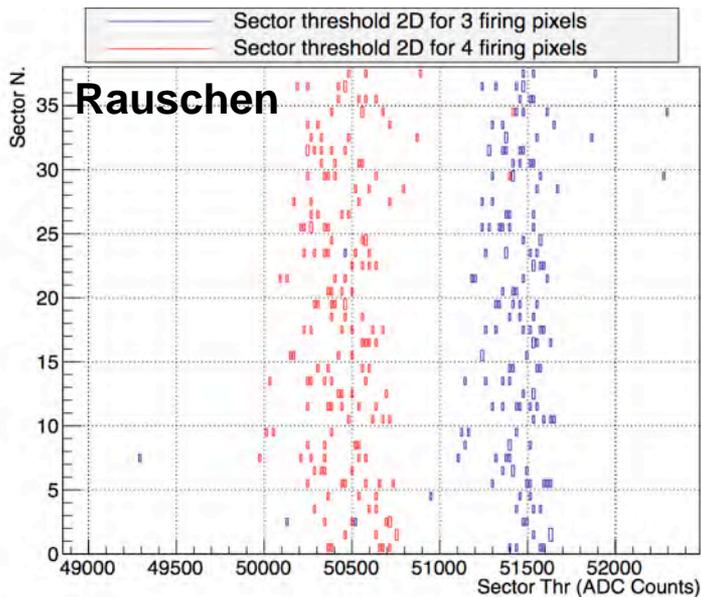
Vorher

Nachher





# Problem gelöst: Sector Trigger rate (“feature”)



## Lösung?

AC-coupled, R+R (before)



AC-coupled R+Diode (later)



“Dark night debugging”

Ursprung:  
transiente an  
Zener-diode

Lösung:  
Polarität  
wechsel im  
firmware

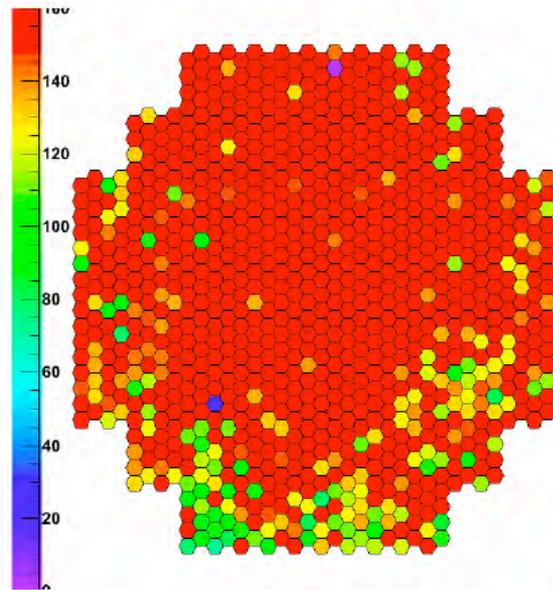


Trigger raten zu null

# Problem gelöst: PMTs “kaputt” durch ~~human error~~ bug

Human error: PMTs an gelassen.

Vorher



Nachher

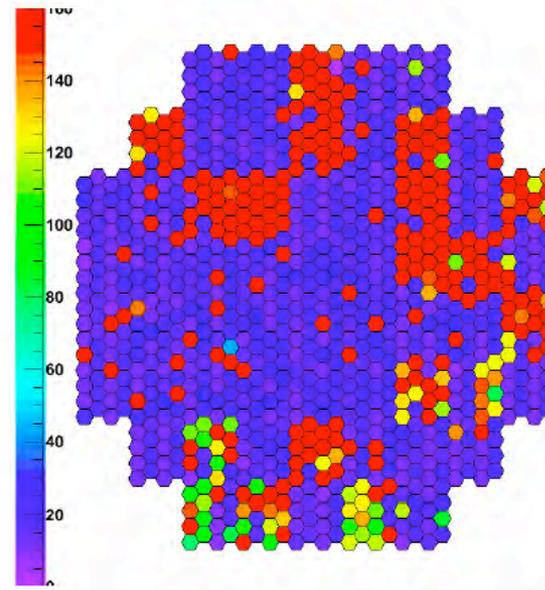
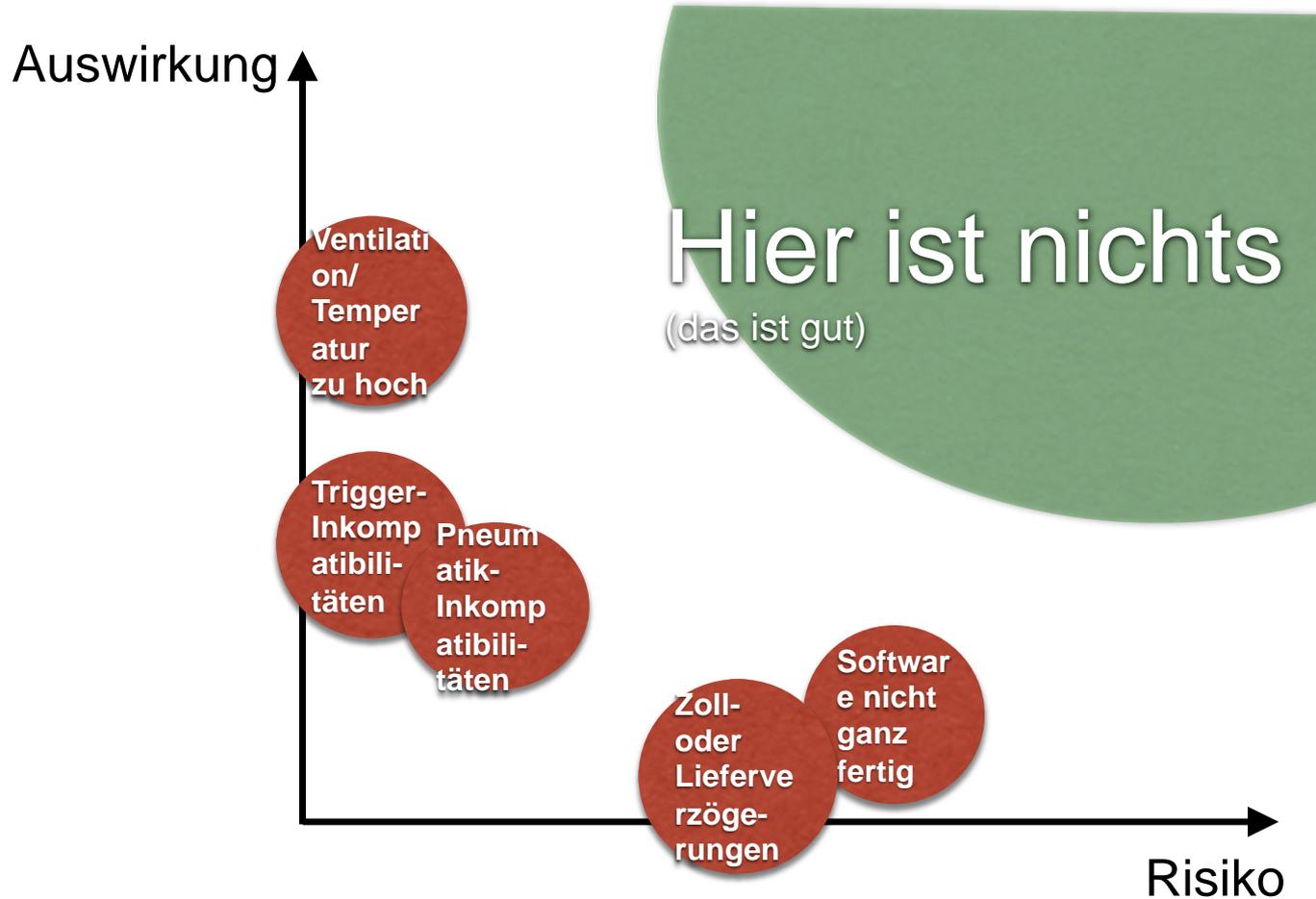


Figure 1: RMS of charge distribution for a SPE run taken at 1200 V. Left: Run taken on 30.01.2016. Right: Run taken on 02.02.2016

**Panik! Schutzfunktionen haben nicht funktioniert!**  
**Nach 2 Wochen, und viel Stress, PMTs gehen wieder.**  
**=> Schutzfunktion ist ok, es war ein software bug**  
**(kernel driver userspace call nicht threadsafe)**



# Zukunft von H.E.S.S.



Nach dem Upgrade

Neues Ziel für H.E.S.S.-IU:

Bessere Performance als H.E.S.S.-I

Fokus auf Niedrige / Höhe Energien

Um die restliche Jahren am Besten auszunutzen

# Back-up

# Wie wir arbeiten

- > Sehr regelmäßigen Treffen der ganzen Gruppe\*
- > Jeder definiert seinen eigenen Zeit- und Arbeitsplan, aber transparent für alle
- > Gesamtplanung wird im Team diskutiert
- > Engpässe oder Probleme werden im Team aufgefangen

\* bzw. mit Teilnehmern aller Baustellen

