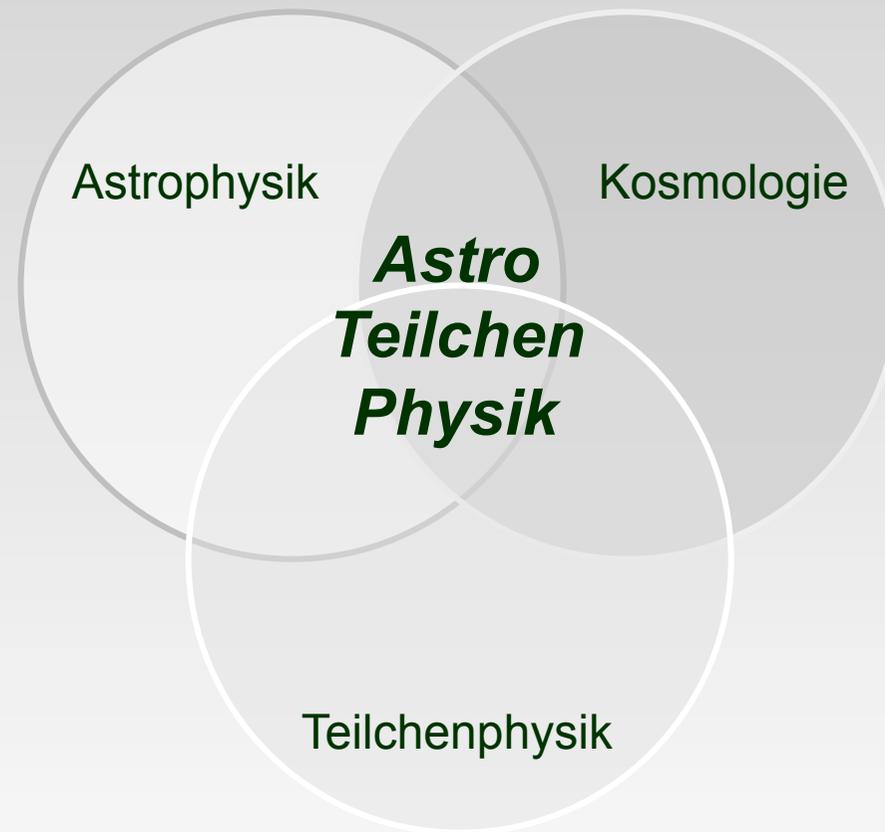


# Neues vom KAT



M. Lindner, MPI für Kernphysik, Heidelberg

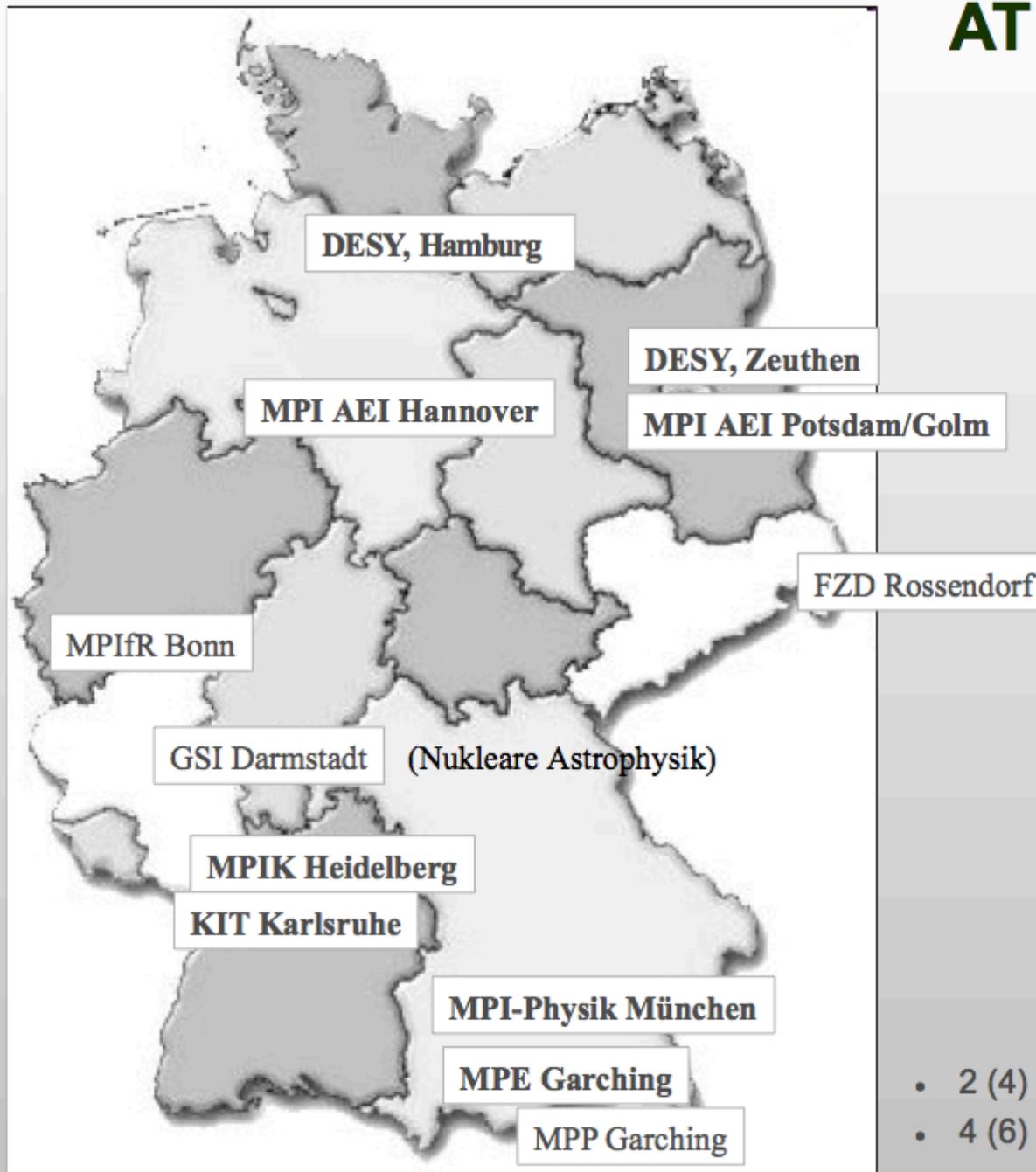
## AT in Deutschland: Universitäten



- 28 Universitäten mit ca. 90 Professuren, die ganz oder teilweise der AT gewidmet sind
- In den letzten Jahren 3 neue Professuren, die zu 100% „Teilchen-AT“ betreiben (Erlangen, München, Potsdam)
- Überproportional hoher Anteil an Nachwuchsgruppen

# AT in Deutschland:

## Helmholtz Max-Planck



- 2 (4) Helmholtz-Zentren
- 4 (6) Max-Planck-Institute

# Komitee für Astroteilchenphysik

## Vertreter zu thematischen Wahlkreisen:

- |                          |                                    |               |
|--------------------------|------------------------------------|---------------|
| • Dunkle Materie         | Josef Jochum                       | U Tübingen    |
| • Neutrinomasse          | Christian Weinheimer (Vorsitz)     | U Münster     |
| • LE-Neutrinoastrophysik | Lothar Oberauer                    | TU München    |
| • Kosmische Strahlung    | Karl-Heinz Kampert (stellv. Vors.) | U Wuppertal   |
| • Gamma-Astronomie       | Dieter Horns                       | U Hamburg     |
| • HE-Neutrinoastrophysik | Elisa Resconi                      | TU München    |
| • Gravitationswellen     | Karsten Danzmann                   | AEI, Hannover |
| • Nukleare Astrophysik   | Roland Diehl                       | MPI Garching  |
| • AT Theorie             | Günter Sigl                        | U Hamburg     |

+ **institutionelle Vertreter** (große Institutionen (HGF, MPG), BMBF, DFG, DESY-PT, KET, KHuK, RDS, APPeC)

# Astroteilchenphysik in Deutschland

Zustandsbeschreibung und Empfehlungen

Komitee für Astroteilchenphysik (KAT)

Mai 2013

- Beschreibung der Themen
- Empfehlungen des KAT
- 29. Mai: Strategietreffen beim BMBF

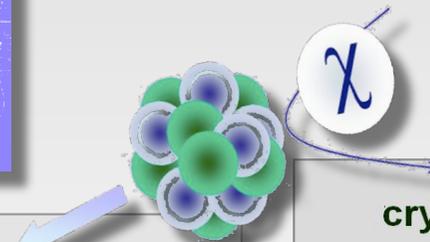
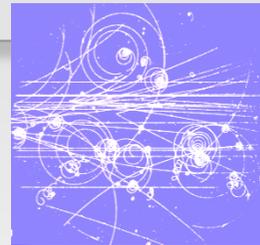
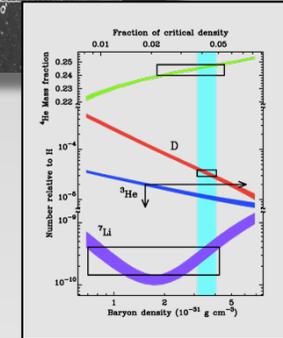
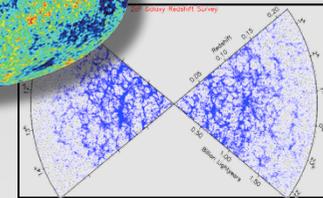
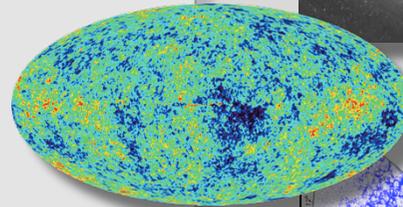
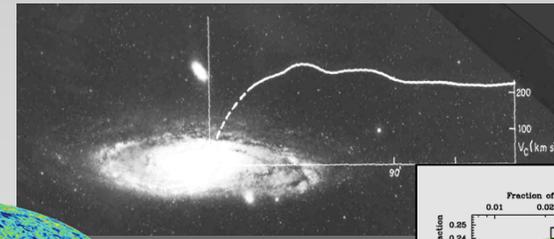
# Übersicht: Themen & Projekte

Dunkle Materie	XENON, EURECA
Neutrinomassen	KATRIN, GERDA
Proton-Zerfall & Neutrino-Astrophysik bei niedrigen Energien	LENA, Daya Bay II (= JUNO)
Bodengebundene Gamma-Astrophysik	HESS, MAGIC, CTA
Geladene kosmische Strahlung bei höchsten Energien	AUGER, KASCADE-Grande AUGER-upgrade, JEM-EUSO
Neutrino-Astronomie bei höchsten Energien	IceCube, Antares, KM3NeT, PINGU/ORCA, IceCube++
Gravitationswellen	GEO600, LIGO, E.T.
Nukleare Astrophysik	allgemeine Bemerkungen
Theoretische Astroteilchenphysik	allgemeine Bemerkungen

# Dunkle Materie

Normale Materie im Universum  $\Omega=5\%$   
 Dunkle Materie  $\Omega=27\%$

- nicht - baryonisch
- nicht Neutrinos
- ⇒ **Physik jenseits des Standard Modells**



**WIMPS:** thermische Relikte vom Urknall  
 schwach wechselwirkend  
 im Massebereich  $\sim(10 - 1000)$  GeV  
 → vielversprechendste Erklärung für Dunkle Materie  
 ⇒ können durch elastische Kernstreuung nachgewiesen werden  
 ⇒ enge Verbindung zu LHC-Physik

**cryogenic**

EDELWEISS  
 CRESST

**EURECA**

**liquid noble gases**

XENON 100

**XENON 1t**

## Dunkle Materie: Pläne

### XENON

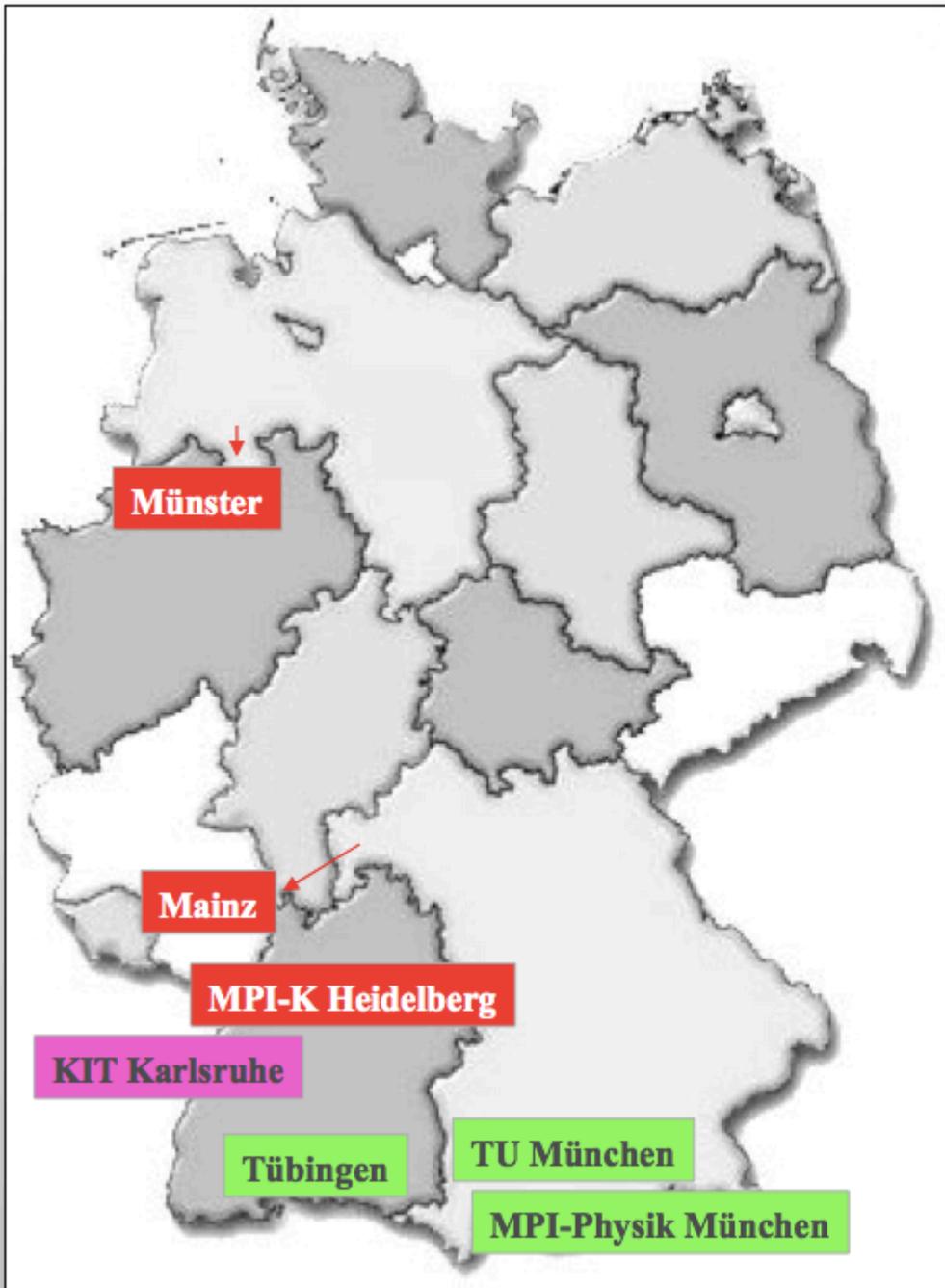
Noch-Betrieb von XENON100  
Fertigstellung/Inbetriebnahme  
von XENON1T in 2015

### CRESSST

### EDELWEISS

### EURECA

Noch-Betrieb  
von CRESSST+EDELWEISS  
Zusammenschluss  
mit Super CDMS ?  
Bau erster Komponenten von  
EURECA

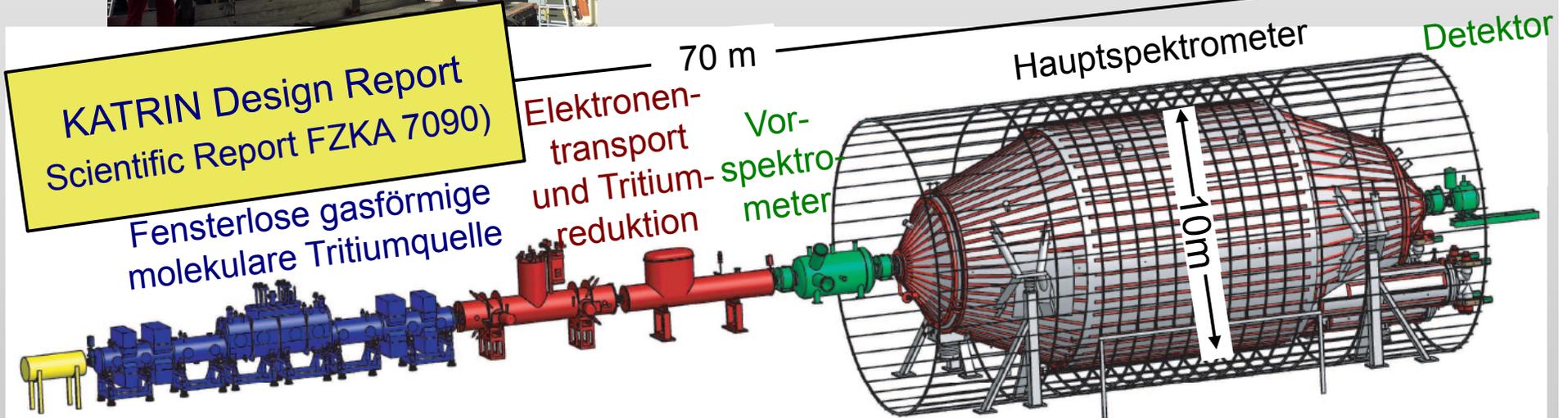


# Neutrinomassen – direkte Messung: KATRIN

$\beta$ -Zerfall: absolute  $\nu$ -Masse  
 Modell unabhängig,  
 kinematisch aus Tritium  $\beta$ -Spektrum  
 Zur Zeit:  $m_\nu < 2 \text{ eV}$   
 Potenzial:  $m_\nu \sim 200 \text{ meV}$



**KATRIN-Spektrometer + Detektor**  
**→ 2013 in Betrieb genommen**



# Neutrinomassen – $0\nu 2\beta$ Zerfall (in $^{76}\text{Ge}$ ): GERDA

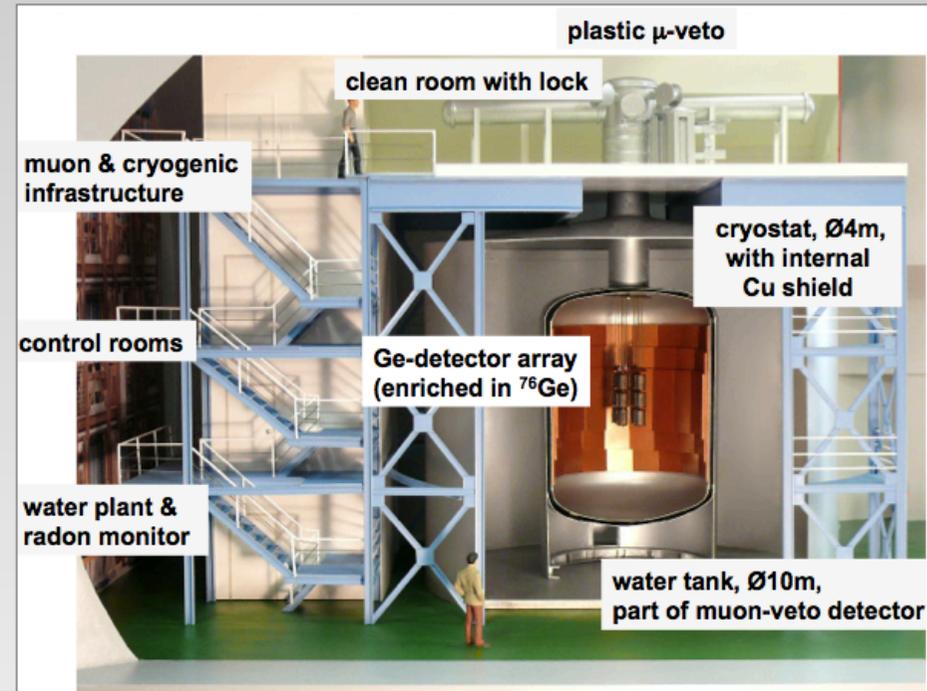
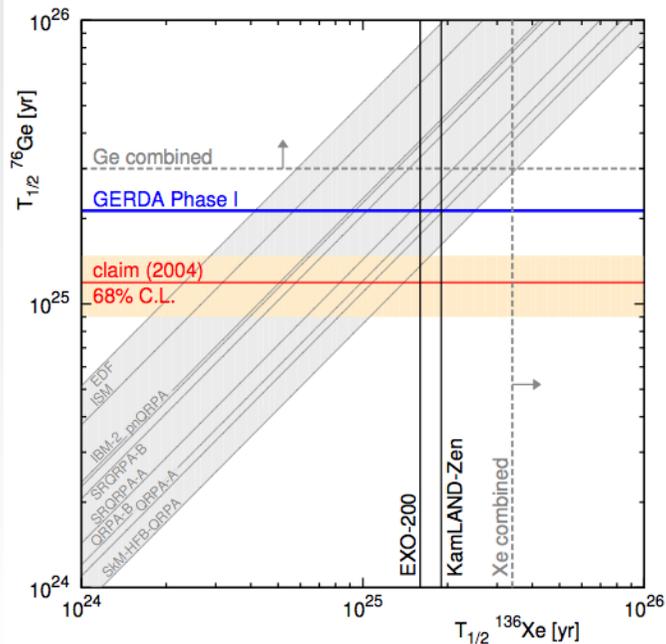
Leptonzahlverletzung  $\Delta L=2$   
 → Majorana-Masse  $\bar{\nu} = \nu$  ?  
 oder andere TeV-Physik mit  $\Delta L=2$   
 → e.g. Higgs-Triplet, SUSY, ...

## Ziele:

$m_{\beta\beta} < (0.2 - 0.5) \text{ eV}$  **Phase I**

nach einem Jahr kann GERDA  
 den  $0\nu 2\beta$ -Claim bestätigen oder widerlegen

## Inzwischen: Ergebnis Phase I



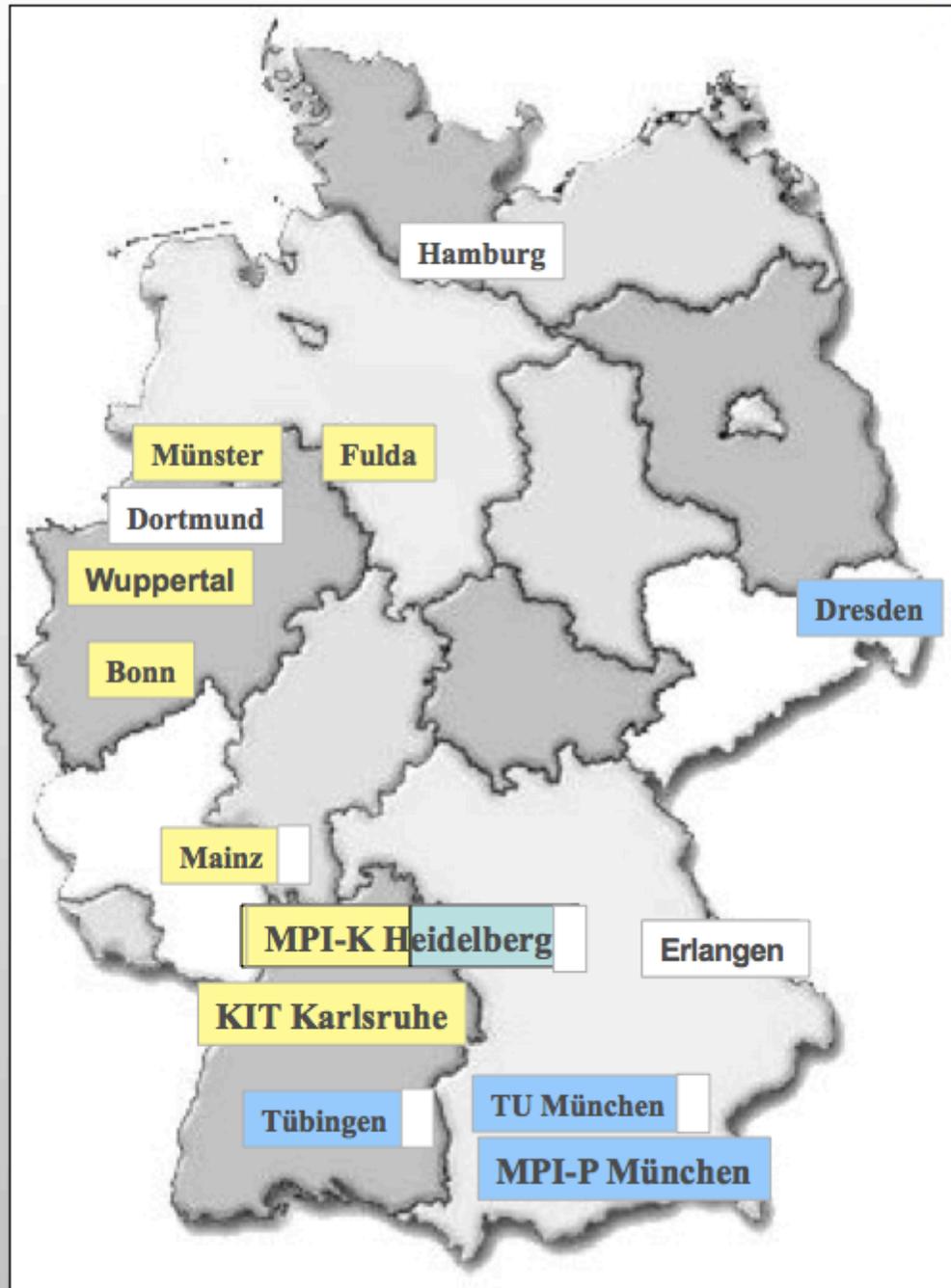
→  $^{76}\text{Ge}$ :  $T_{1/2}(0\nu\beta\beta) > 3.0 \cdot 10^{25} \text{ yr}$  (90% CL)  
 → “KK claim strongly disfavoured”

$m_{\beta\beta} < (0.1 - 0.2) \text{ eV}$  **Phase II**

Erhöhung der  $^{76}\text{Ge}$  Masse,  
 verbesserte Untergrundunterdrückung

Mögliche Option einer Phase III  
 GERDA – MAJORANA Kollaboration  
 ~ 1 tonne →  $m_{\beta\beta} \sim (0.05) \text{ eV}$

# Neutrinomassen



## Direkt:

**KATRIN** 60 FTE

**ECHO** Heidelberg, Mainz, Tübingen

## Doppel-Beta:

**GERDA** 36 FTE

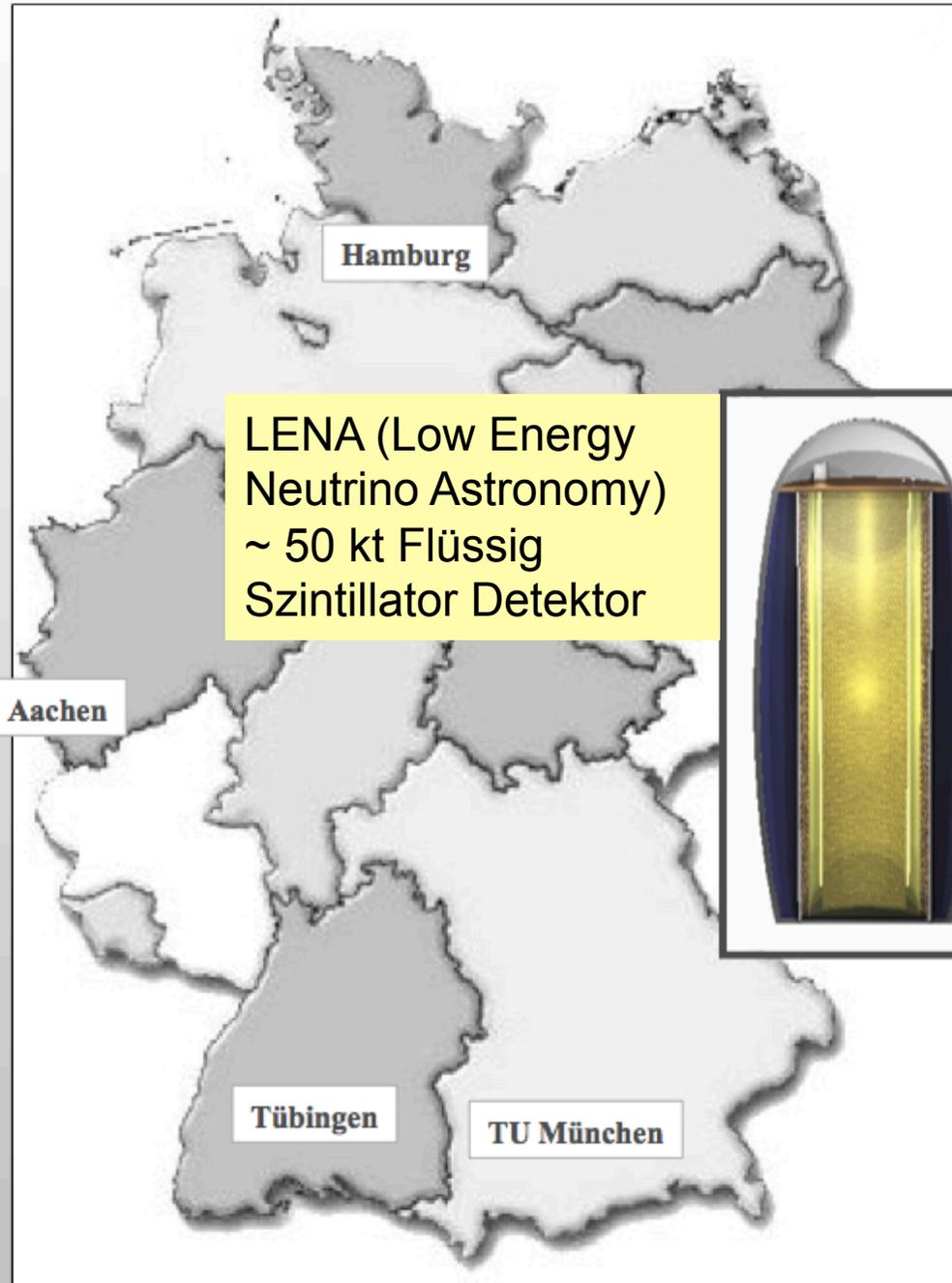
**COBRA** Dresden, Dortmund, Hamburg, Erlangen

**EXO** TU München

**SNO+** Dresden

**AMORE** Heidelberg

# Protonzerfall und Neutrino-Astrophysik bei niedrigen Energien:

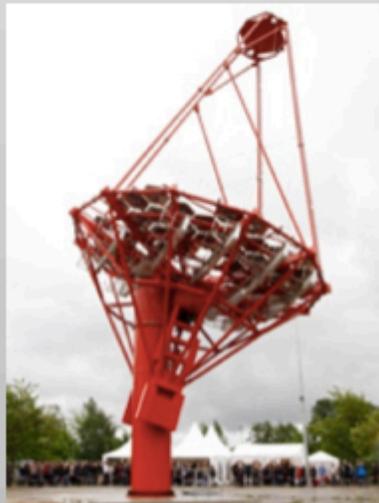
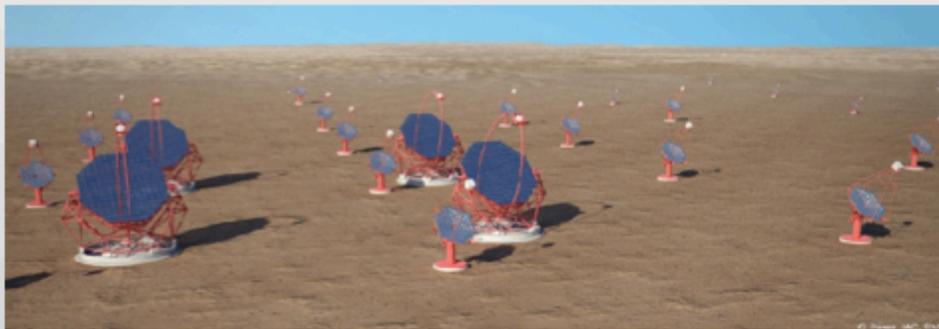
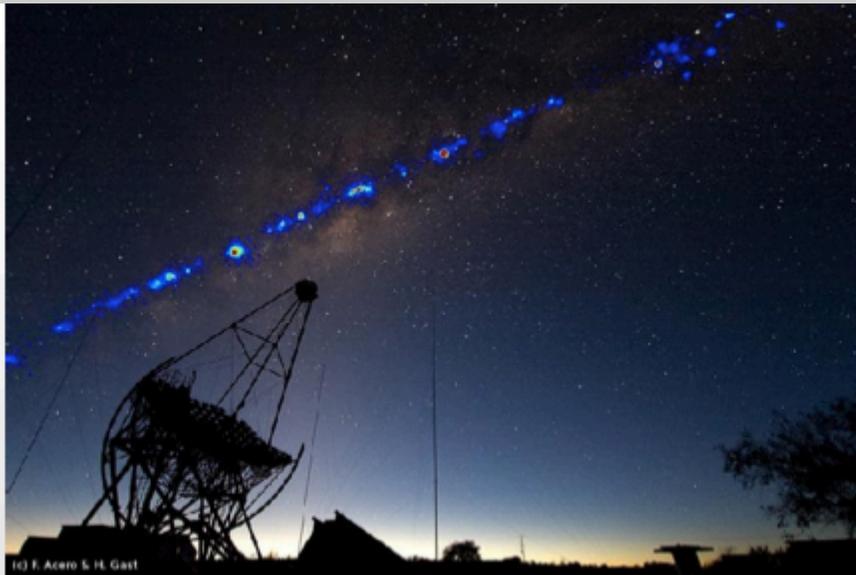


- Galaktische Supernova Neutrinos
- Diffuse Supernova Neutrinos
- Solare Neutrinos
- Geoneutrinos
- Reaktor Neutrinos
- Neutrino Oszillometrie
- CP und Massenhierarchie
- Proton-Zerfall
- Indirekte Suche v. Dunkler Materie

## Option:

Beteiligung bei Daya Bay II (JUNO)  
- Hauptziele:  $\theta_{12}$ , Massenhierarchie  
→ Potential für viele Ziele von LENA in der Astroteilchenphysik (Supernovae, Geo-Neutrinos,...)  
Plan: Baubeginn 2015,  
Datennahme 2021

# Gamma-Astronomie: Status und Pläne



H.E.S.S., MAGIC, VERITAS:  
Viele neue Gamma-Quellen  
entdeckt und vermessen

Neues Fenster geöffnet  
für Astrophysik und  
Astroteilchenphysik

CTA ist BMBF-Großgerät

Mai 2013: Einweihung  
des CTA-Prototypens

Noch-Betrieb von H.E.S.S.  
und MAGIC

Aufbau von CTA

Erste Messungen ab 2016

# Gamma- Astronomie

bodengebunden

Satellit  
(kleinere  
Energien)

**H.E.S.S.**

Fermi

**MAGIC**

USA

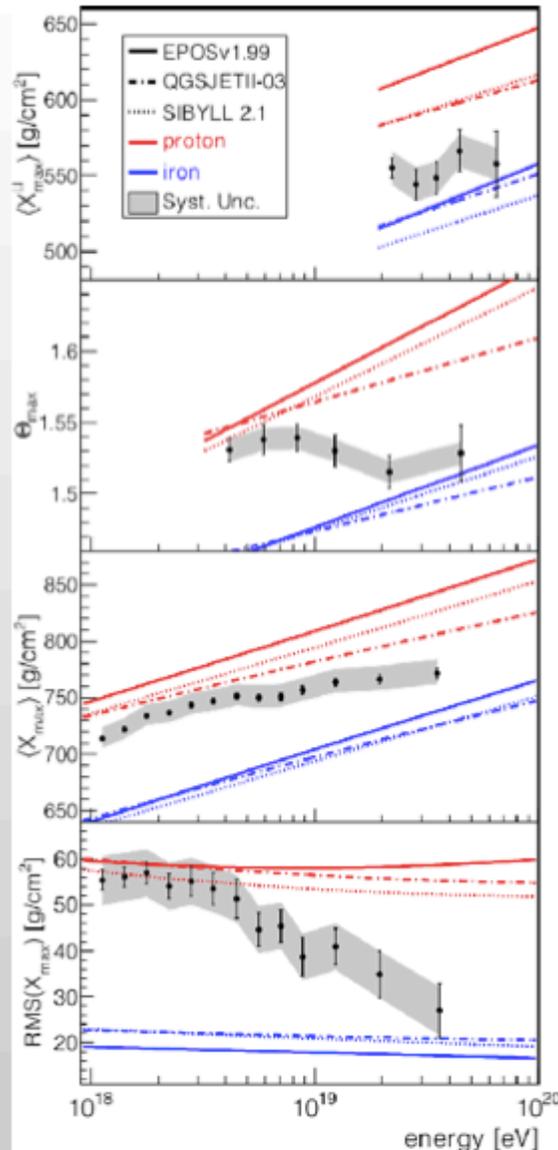
VERITAS

**CTA**

insgesamt in D:  
163 FTE

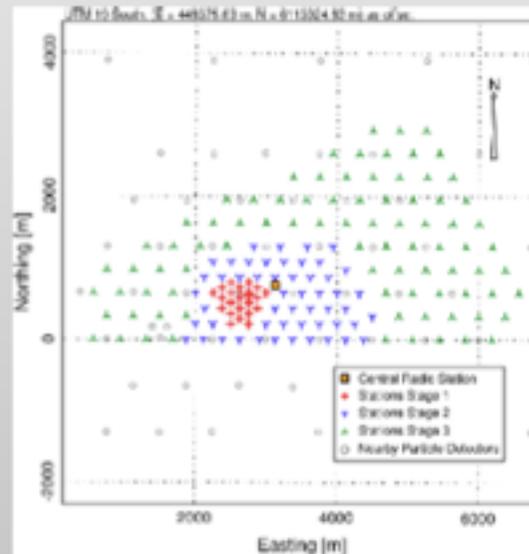


# Kosmische Strahlung: Status & Pläne



AUGER misst Komposition der kosmischen Strahlung  
 Neue Technologien: AERA

(AUGER Engineering Radio Array)



Geplant: Upgrade des AUGER Observatoriums

Hauptziel: individuelle Massenbestimmung aller Ereignisse über  $10^{19}$ eV  
 Kosten 8-10M€ - deutscher Anteil sollte ca. 30% sein

# Kosmische Strahlung

## Bodengebunden:

**AUGER** 90 FTE

## Satelliten/ISS:

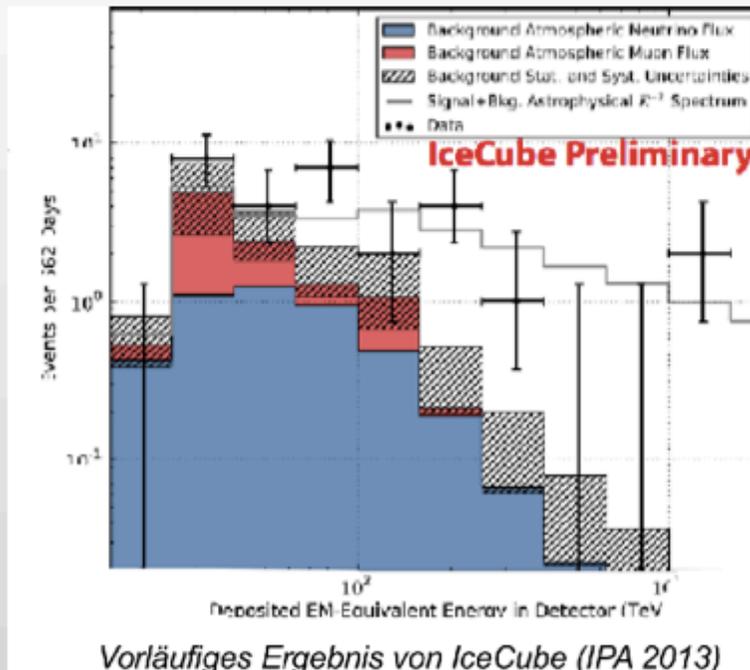
**JEM-EUSO** 8 FTE

KIT, Tübingen, Würzburg, Hamburg; Launch → 2018  
JEM-EUSO @Ballon: 9/2014

**AMS** Aachen, KIT



# Neutrinoastronomie bei hohen Energien: Status und Pläne

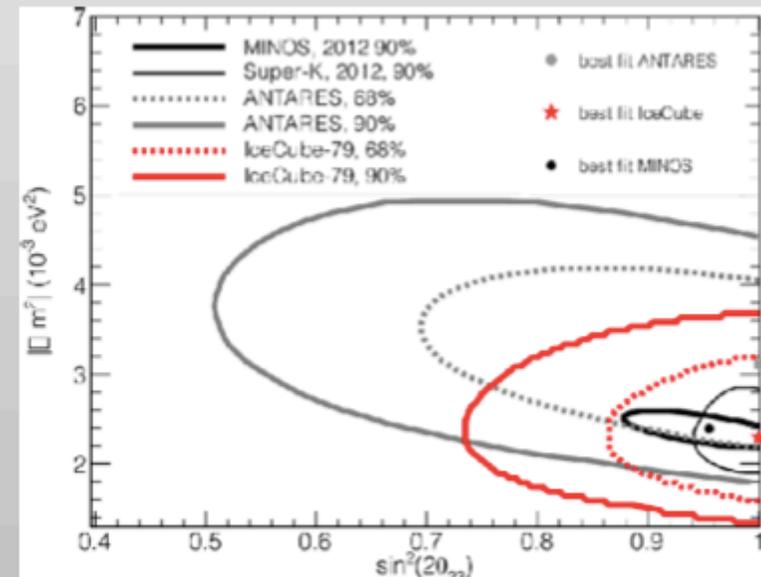


2013: Sehr starke Hinweise auf extraterrestische Neutrinos durch IceCube

- > großes Neutrinoobservatorium im Mittelmeer mit "Blick" auf das galaktische Zentrum: km<sup>3</sup>NeT
- > Erweiterung von IceCube ?

2012/2013: Bestätigung der Oszillation atmosphärischer Neutrinos mit ANTARES/IceCube

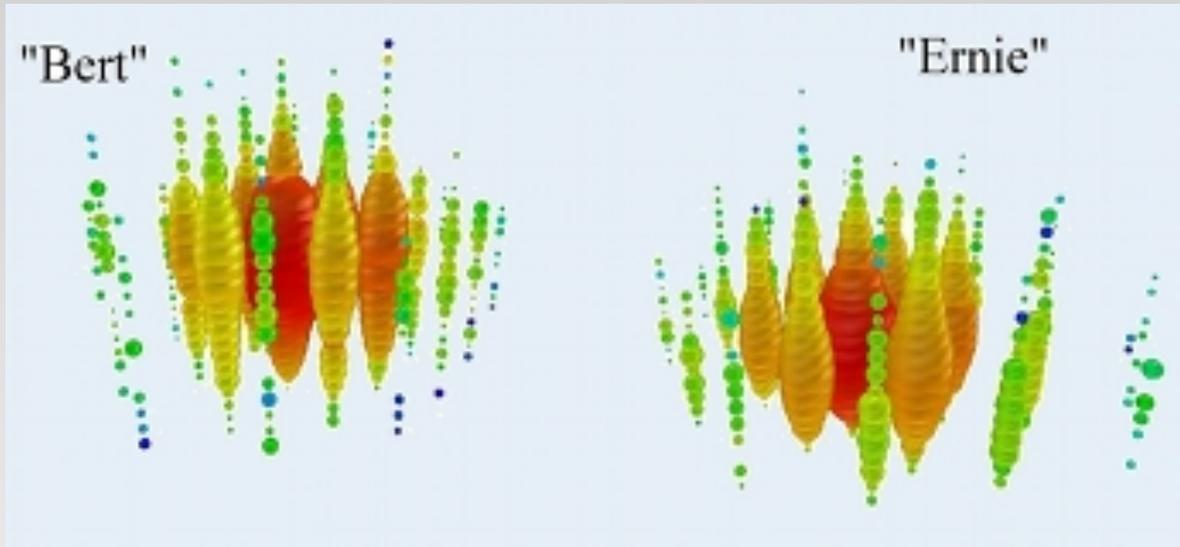
- > Niederenergie-detektor PINGU (ORCA) für Teilchenphysik und Astroteilchenphysik geplant



## Inzwischen: Nachweis kosmischer Neutrinos durch IceCube

28 energiereiche Ereignisse  $>30$  TeV ; darunter 2 Ereignisse  $> \text{PeV}$

→ Zitat: "...Geburtsstunde der Neutrinoastronomie..."



The New York Times

Friday, November 22, 2013 Last Update: 7:20 PM ET

Neue Zürcher Zeitung

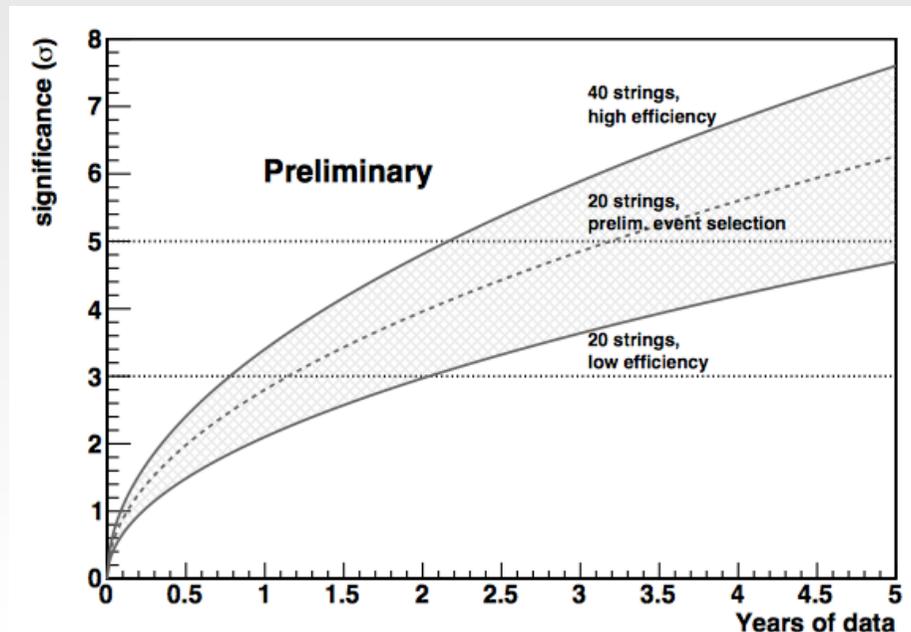
Deutschlandfunk

physicsworld.com

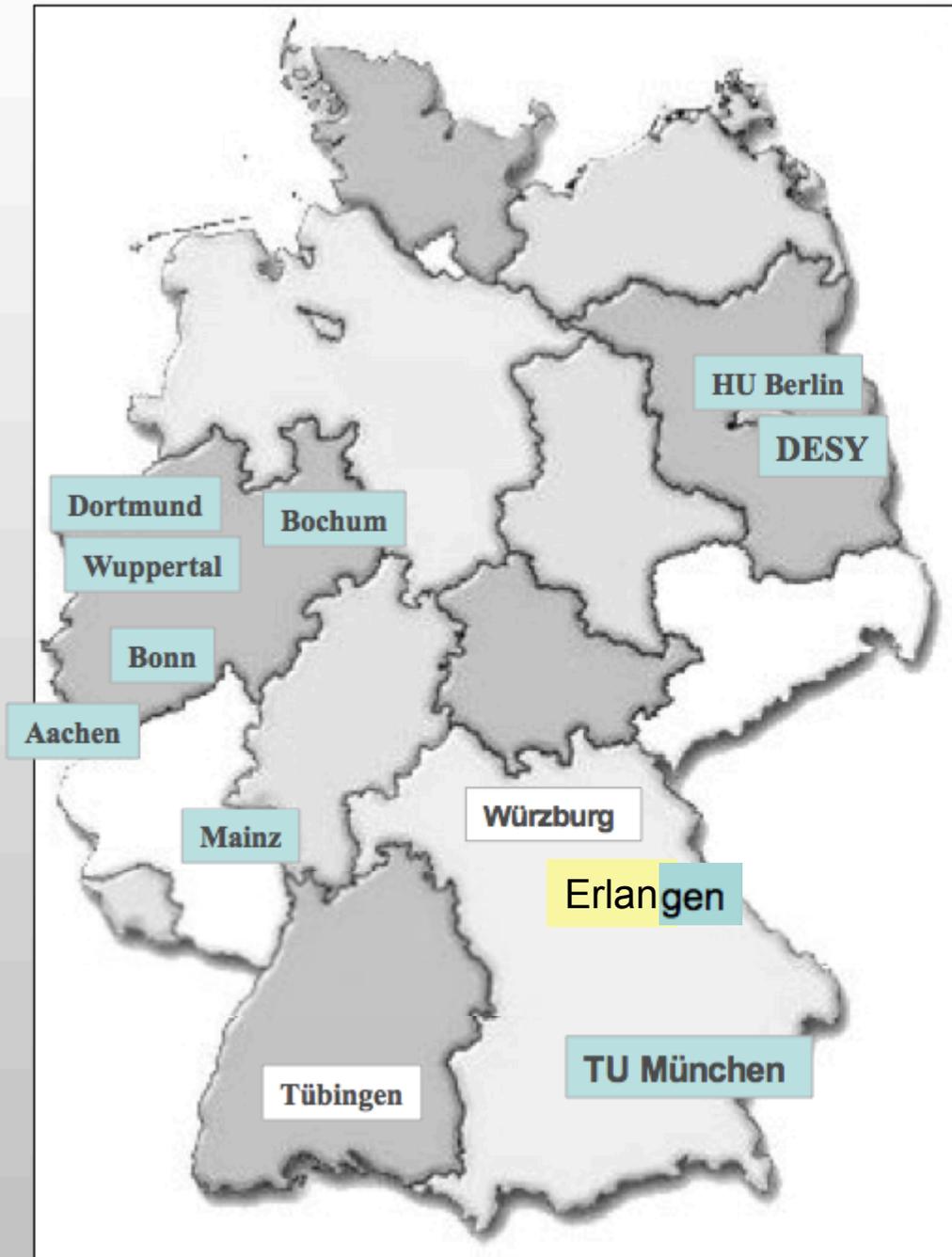
[arXiv:1306.5846](https://arxiv.org/abs/1306.5846)

PINGU Sensitivity to the  
Neutrino Mass Hierarchy

↔ other projects...



# Neutrinoastronomie bei hohen Energien



**IceCube** 88 FTE

**ANTARES** 18 FTE

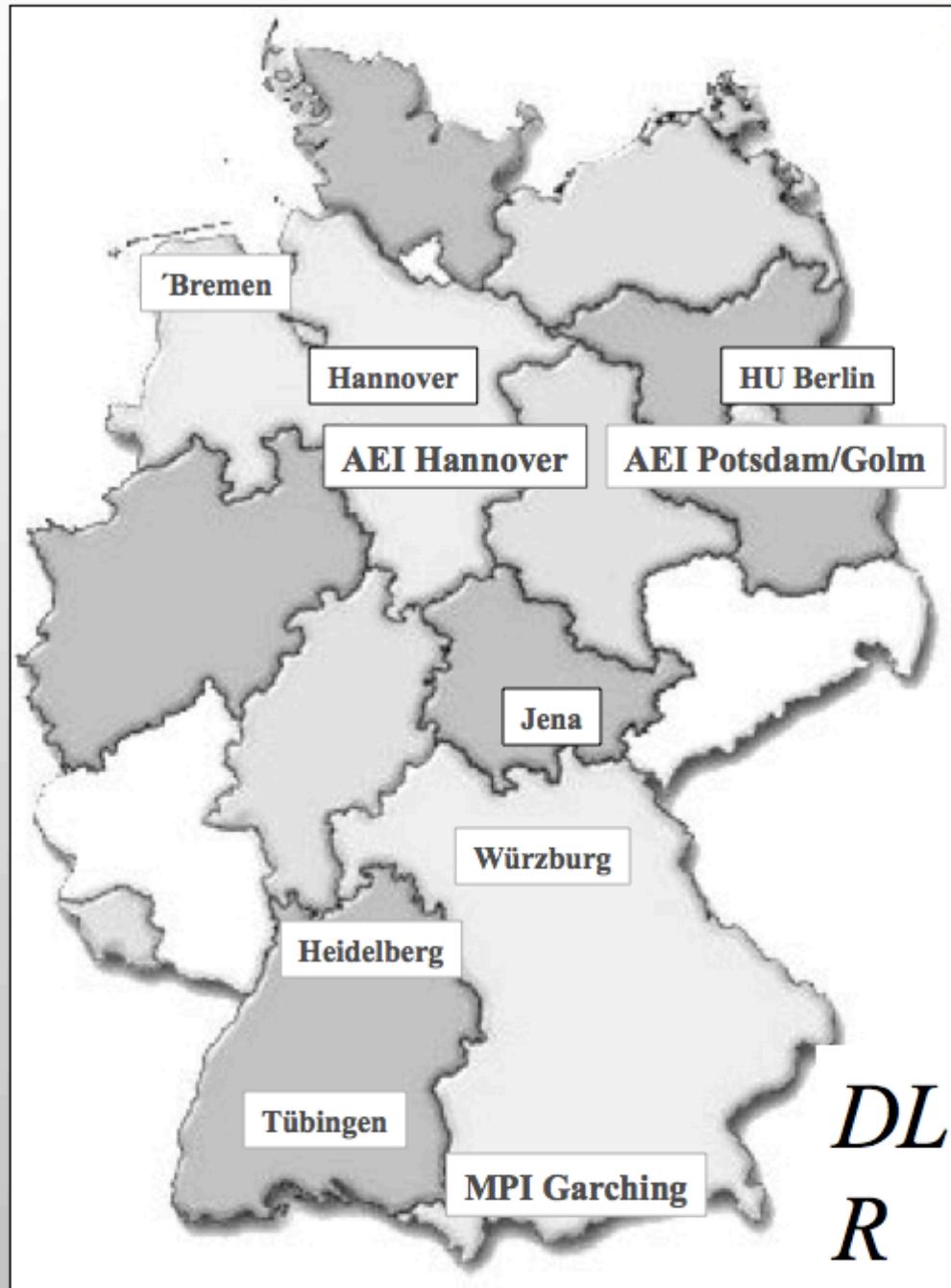
**PINGU**

alle deutschen IceCube-  
& ANTARES-Gruppen

**KM3NeT**

Erlangen, Tübingen, Würzburg

# Gravitationswellen



**bodengebunden, HF**

**GEO-600**

**LIGO**

**E.T.**

(Einstein Gravitational  
Wave Telescope)

**Satelliten, LF**

**LISA**

Launch  $\geq$  2020

insgesamt 195 FTE

# Gravitationswellen

## Empfehlung

Deutschland sollte sich an der GWIC Roadmap orientieren und eine Führungsrolle überall übernehmen, wo es möglich ist.

Das KAT schlägt zeitnah ein gesondertes Treffen von Vertretern der Gravitationswellen-Gemeinschaft und des BMBF sowie anderer Förderorganisationen vor.

Auf diesem Treffen sollte eine Abstimmung diskutiert und ein Fördermodell gefunden werden, das der Bedeutung des Gebietes und der gewachsenen Anzahl von interessierten (aber wegen der unklaren Fördersituation noch nicht aktiven) Universitätsgruppen gerecht wird.

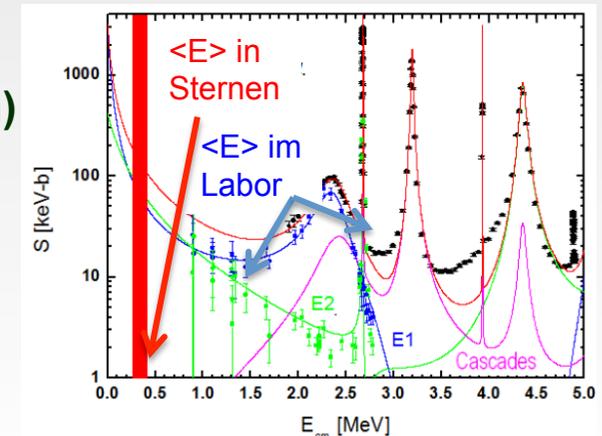
# Nukleare Astrophysik in Deutschland

- Experimente mit Speziellen Teilchenbeschleunigern
  - Radioaktive Strahlen, Neutronen-Strahlen
  - Hintergrundsarme Messbedingungen
- Kernaufbau- und -Reaktions-Theorie
  - Nuklide weit jenseits Stabiler Nuklide
  - Entartete Materie, voll-ionisiertes Plasma
  - Kernkraft-Wellenfunktions-Extrapolation (extrem niedrige WW-Energien)
- Isotopen-Astronomie
  - Gammastrahlen-Teleskope: Messprinzip Adaptiert (Kernphysik-Detektor → Weltraum-Bedingungen)
  - Meteoriten-Einschlüsse → Massenspektroskopie
- Verzahnungen mit
  - Astrophysik (Sternaufbau, Supernova-Explosionen)
  - Kernphysik (nukleare Wechselwirkung, Nukleon-Eigenschaften)

→ **Community Meeting der Deutschen Nuklearen Astrophysiker zur Koordination von Anträgen**  
**4. Dez. 2013 in Darmstadt (R. Diehl)**

 **GSI & TU Darmstadt**  
**HZDR Dresden**  
**Uni Frankfurt**  
**Uni Mainz**  
**Uni Köln**  
**Uni Würzburg**  
**TU München**  
**MPI/A,E Garching**  
**MPIfCh Mainz**

+ *Frankreich, Italien, UK, Belgien, RUS, USA, Japan*



# Theoretische Astroteilchenphysik in Deutschland

- Deutsche Astroteilchen-Theoriegruppen leisten wertvolle Beiträge um das Beste aus den vom BMBF geförderten Projekten zu machen.
- Hohe, dynamische internationale Vernetzung
- Förderung in der Regel durch Grundaussstattung und Drittmittel
- Große thematische Spannweite:
  - Formale Fragen
  - Phänomenologie
  - **Beteiligung an der Interpretation von Daten**

 Uni Bonn  
Uni Darmstadt  
Uni Dortmund  
TU Dresden  
MPA & MPE Garching  
DESY Hamburg  
Uni Hamburg  
MPIK Heidelberg  
Uni Heidelberg  
KIT Karlsruhe  
Uni Mainz  
LMU & TU München  
MPI München  
Uni Münster  
Uni Tübingen  
Uni Potsdam  
Uni Würzburg  
DESY Zeuthen  
+ *kleinere Aktivitäten*  
+ *weltweite Vernetzung*

- **wünschenswert wo sinnvoll:** strategisch motivierte Unterstützung von Verbundforschungsprojekten um die bestmöglichen Physikergebnisse zu erzielen
- Stärkung der internationalen Konkurrenzfähigkeit der deutschen Gruppen



...

Die Förderung ist auf Vorhaben zu den nachfolgend aufgeführten Großgeräten und an diesen in erster Linie auf die jeweils genannten Instrumente, ihre Inbetriebnahme und Fortentwicklung, sowie auf entsprechende Methodenentwicklungen ausgerichtet:

- Teleskope bzw. Teleskopanlagen des European Southern Observatory (ESO)

...

- Teleskope für höchstenergetische kosmische Gammastrahlung
  - Cherenkov Telescope Array – CTA
  - H.E.S.S., MAGIC – vorbereitende Arbeiten für CTA
- Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment – KATRIN
- Germanium Detector Array – GERDA
- Großgeräte zur Suche nach Dunkler Materie –
  - XENON1T
  - European Underground Rare Event Calorimeter Array – EURECA

**Ausschreibung 2014-2017**  
**Deadline 1. Dezember 2013**  
**Beabsichtigter Förderbeginn:**  
**1. Juli 2014.**

Darüber hinaus können in besonders begründeten Einzelfällen im Rahmen internationaler Kollaborationen auch Vorhaben an anderen Großgeräten unterstützt werden. Dies betrifft insbesondere das Low Frequency Array (LOFAR), das Neutrinoobservatorium IceCube/PINGU, das Pierre Auger Observatorium und weiterhin Vorhaben, die einen engen inhaltlichen Bezug zu den oben genannten Großgeräten und Experimenten aufweisen oder deren Erfolg unmittelbar unterstützen wie das German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO).

# Zusammenfassung

- **AT in rasanter Entwicklung**
  - Sensitivitätsverbesserungen bis zu Faktor 1000 im letzten 1½ Jahrzehnt
  - Inzwischen voll etablierte bodengebundene Gamma-Astronomie
  - Mehrere Gebiete an der Schwelle zu großen Entdeckungen
  - Neutrinoastronomie hat extraterrestische Neutrinos entdeckt
- **Phantastisches Feld mit breit gefächerten Themen:**
  - Von Suchexperimenten („discovery experiments“) bis zu Präzisionsmessungen
  - Von Bestimmungen eines fundamentalen Einzelwertes bis zu Experimenten mit großer Ergebnis-Vielfalt oder mit Vielzweck-Charakter
- **Deutschland ist „Global Player“ in AT (mit USA, Frankreich, Italien)**
- **Neue Gruppen, neue Standorte, wachsende Anzahl von Wissenschaftlern, viele Nachwuchsgruppen**
- **Vernetzung auch über HGF: Helmholtz-Allianz für Astroteilchenphysik HAP**
- **Neu und sehr erfolgreich in der Verbundforschung:**
  - Dark Matter (EURECA, XENON) & CTA (jetzt BMBF Großgerät)
- **Möglicherweise interessante LENA-Alternative: Daya Bay 2 = JUNO**
- **Langfristige Lösungen für Gravitationswellen und Nukleare Astrophysik gesucht**