

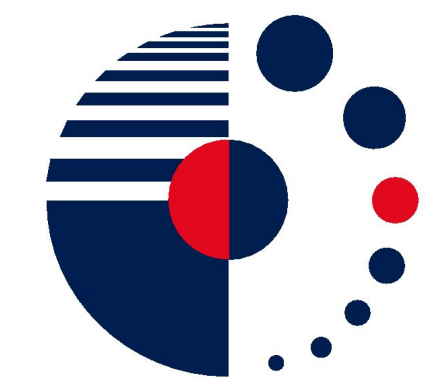
Neutrinos aus Neutralino-Annihilation in der Sonne



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

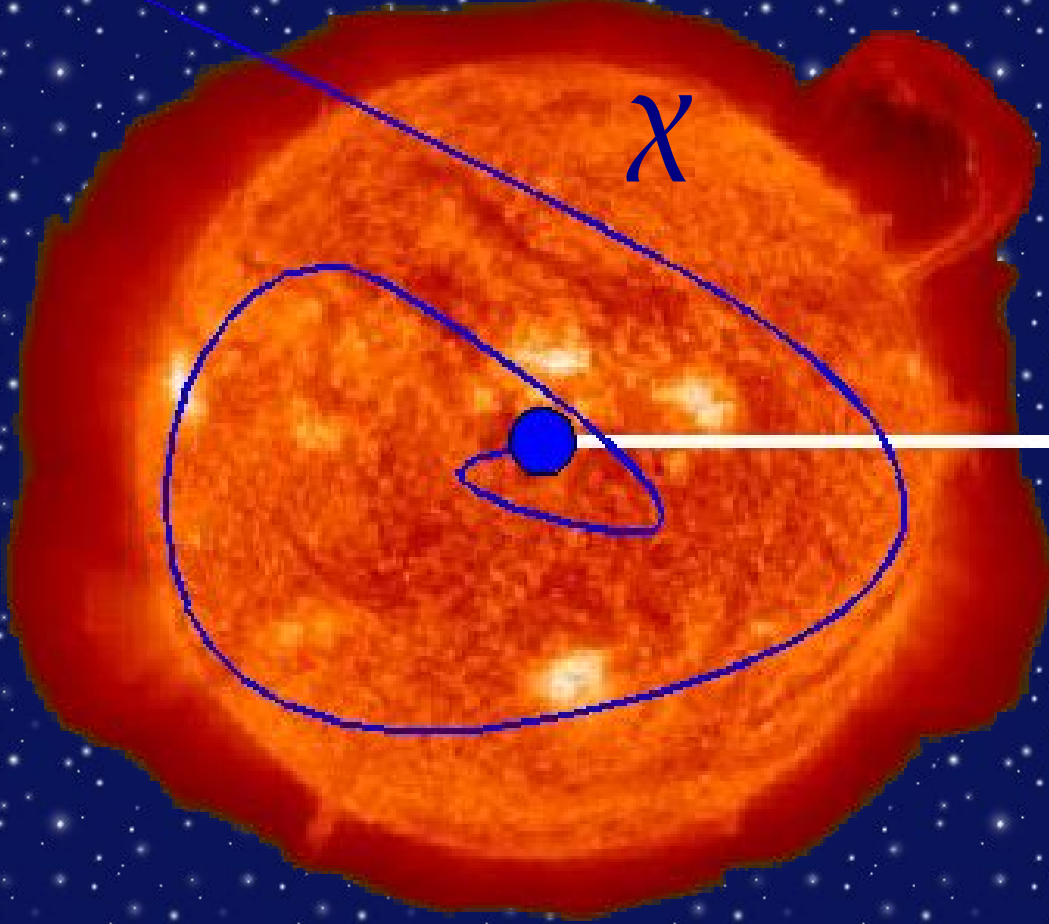


H. Motz, G. Anton, J. Hößl, A. Kappes, U. Katz, W. Kretschmer, M. Naumann-Godó
Physikalisches Institut, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

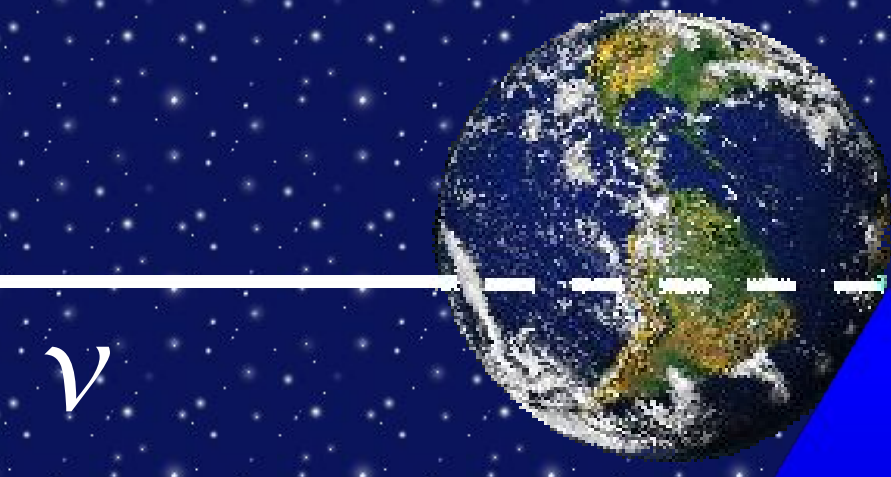


bmb+f - Förderschwerpunkt
Astroteilchenphysik
Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung

- Das Neutralino ist ein Masseneigenzustand zusammengesetzt aus den Higgsinos, dem Photino und dem Zino, den Superpartnern von Higgs, Photon und Z^0 .
- Wenn es das leichteste supersymmetrische Teilchen ist, wäre es ein guter Kandidat für die Dunkle Materie, da ein Zerfall durch die postulierte Erhaltung der R-Parität verhindert wird
- Als Majorana-Teilchen können zwei Neutralinos annihilieren
- Neutralinos aus dem galaktischen Halo verlieren durch Wechselwirkungen mit der Sonne Energie und werden im Zentrum der Sonne akkumuliert
- Selbstannihilationsrate nimmt quadratisch mit der Neutralinodichte zu
- Annihilation und Einfang von Neutralinos stehen im Gleichgewicht
- Über Zwischenprodukte gehen aus der Annihilation Neutrinos hervor
- Für gängige supersymmetrische Modelle und Neutralinomassen liegt die Höchstenergie der emittierten Neutrinos im Bereich von einigen 10 GeV bis zu mehreren hundert GeV
- Das Energiespektrum ist kontinuierlich
- Die direkte Annihilation $\chi\chi \rightarrow \nu\bar{\nu}$ in Neutrinos ist durch Helizitätserhaltung unterdrückt
- Detektion der Neutrinos mit Neutrino-teleskopen
- Die Erde dient dabei als Abschirmung gegen alle anderen Teilchen

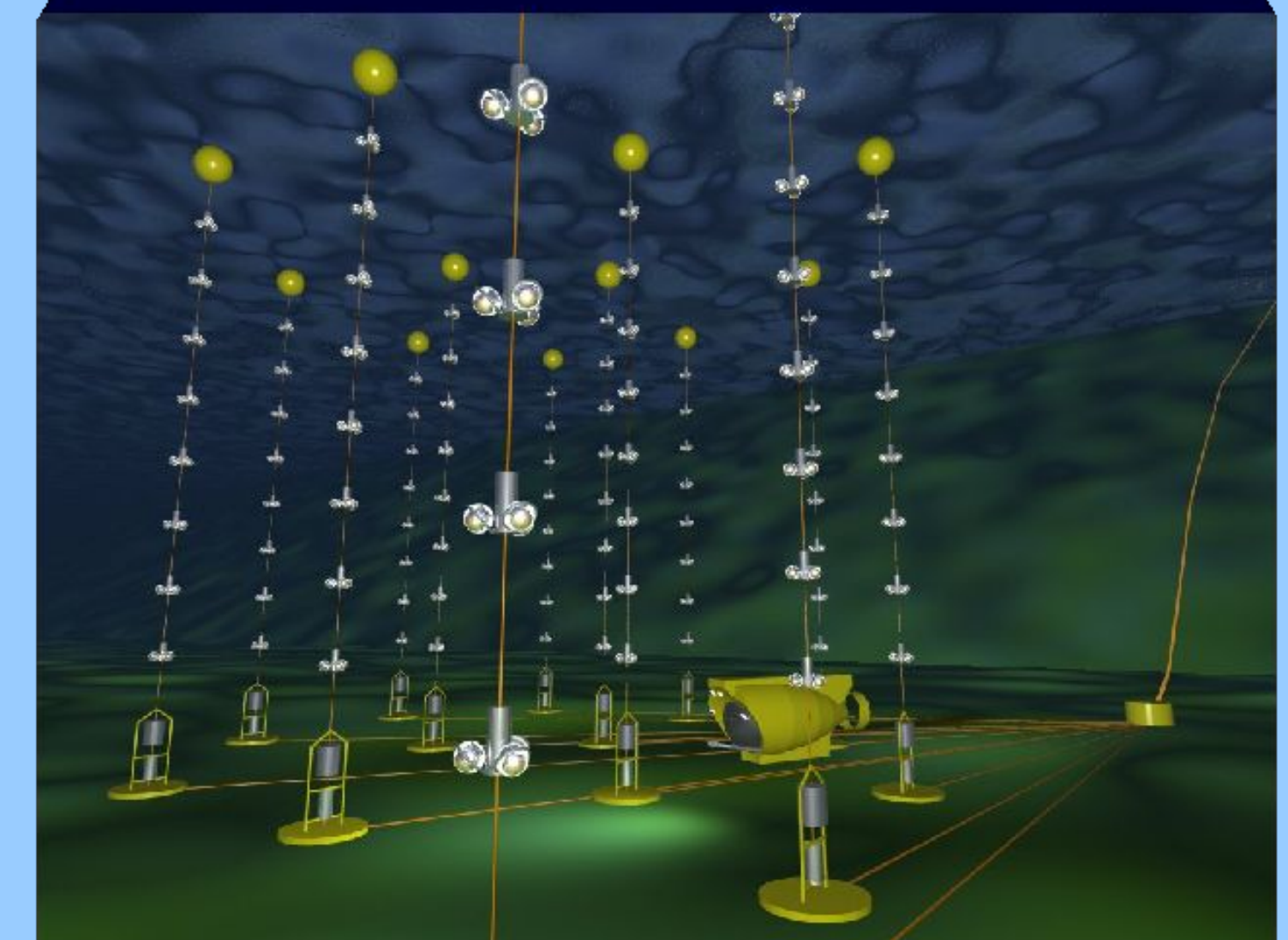


$$\chi\chi \rightarrow \begin{pmatrix} c\bar{c} \\ b\bar{b} \\ t\bar{t} \\ \tau^-\tau^+ \\ W^-W^+ \\ Z^0Z^0 \\ H+Y \end{pmatrix} \rightarrow \nu s + \bar{\nu} s + X$$



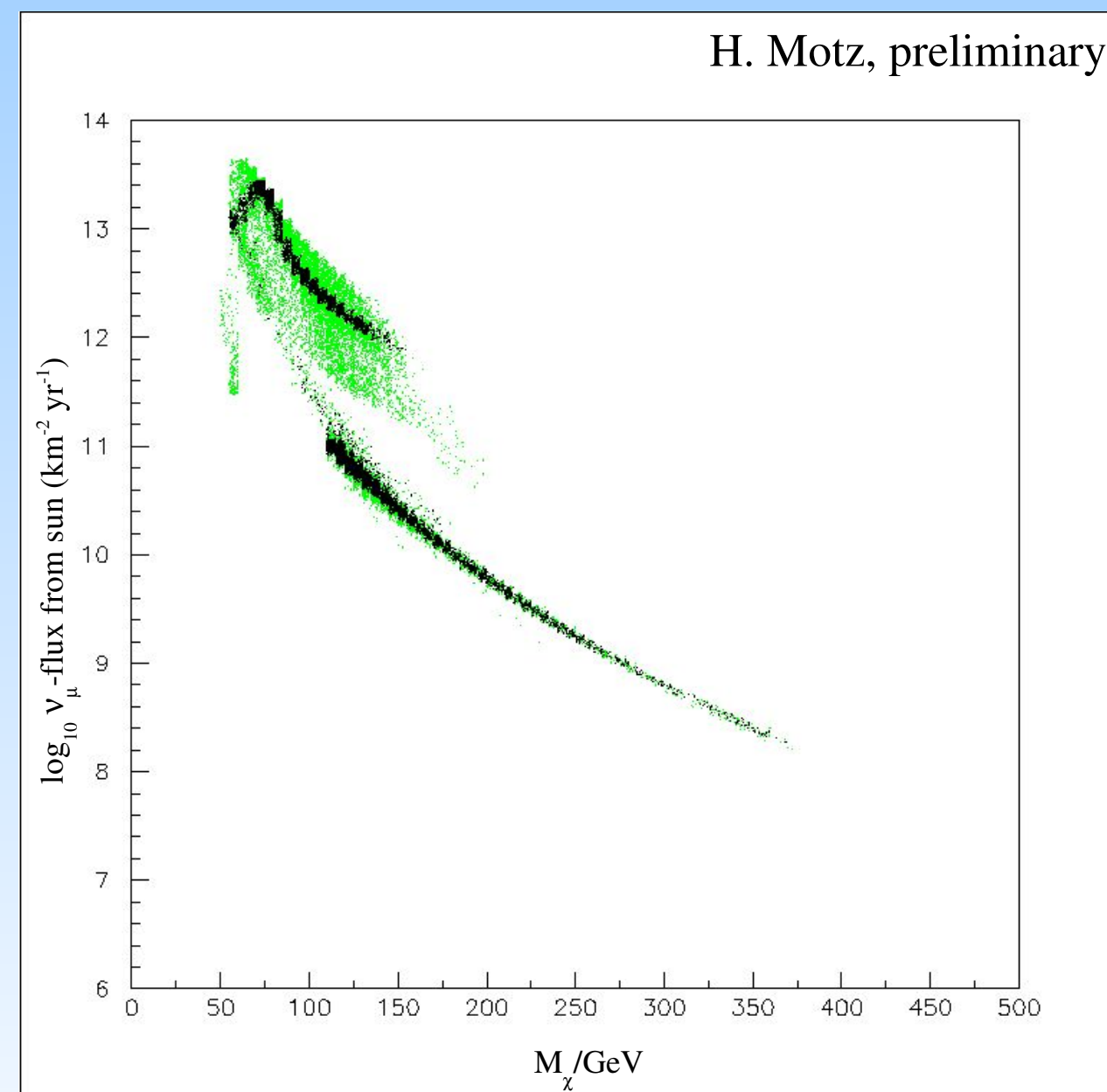
Suche nach Neutrinos aus Neutralino-Annihilation mit ANTARES [1]

- Wasser-Čerenkov-Detektor am Grund des Mittelmeers in 2500 Metern Tiefe nahe Marseille (im Aufbau)
- 12 Strings mit je 25 Stockwerken von denen jedes 3 Photomultiplier enthält
- Stockwerkabstand 14.5 Meter, Stringabstand circa 70 Meter
- circa 0.015 km³ instrumentiertes Volumen
- eine Winkelauflösung von 1,5° bei 100 GeV erlaubt schmalen Suchkonus um Sonne



Detektionsrate in ANTARES ermittelt durch Scan des mSugra Parameterraums

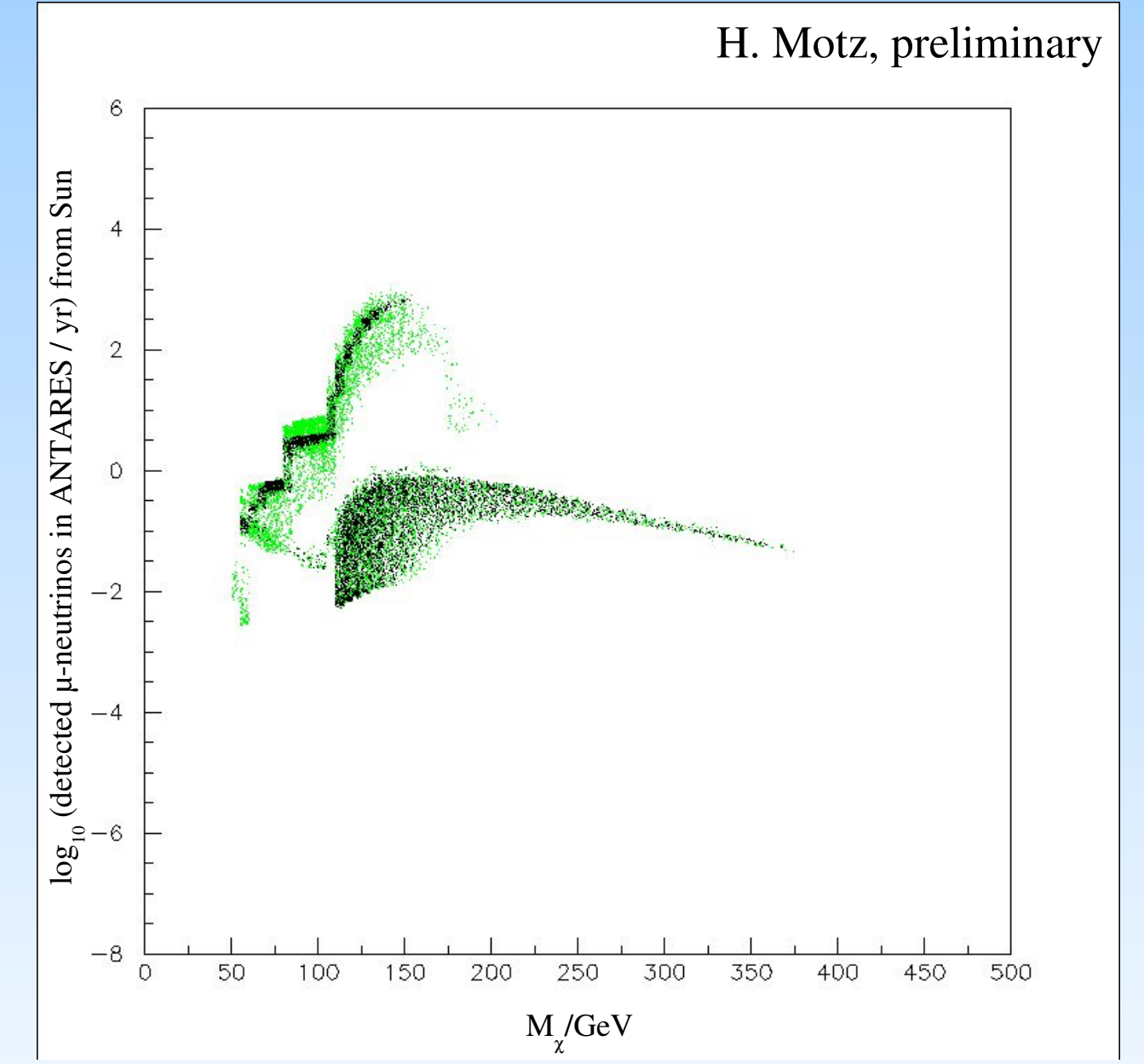
- Berechnung des erwarteten Neutrinoflusses mit DarkSUSY [2]
- 4-dimensionaler + 1 Vorzeichen mSugra Parameterraum:
 m_0 [0,3000] GeV, $m_{1/2}$ [0,1000] GeV, $\tan\beta$ [0,60], A_0 [-3,3] m_0 , $\text{sign } \mu$
- Auf Markovketten basierender Scan-Algorithmus [3] mit Reliktdichte Ωh^2 aus WMAP-Messungen als Leitgröße
- Nur ca. 1% des Parameterraums durch WMAP (2σ) erlaubt
- Gezeigte Daten von einem 100000 Modelle umfassenden, nicht vollständigen Scan ohne Einbeziehung von Oszillationseffekten
- ca. 20% der gescannten Modelle liegen im WMAP- 2σ Bereich



Erwarteter ν_μ -Fluss gegen Neutralinomassee
Grün: alle Modelle; Schwarz: Ωh^2 entspricht WMAP- 2σ Bereich

ν_μ -Rekonstruktionseffizienz
von ANTARES als
effektive Fläche

Erwarteter Untergrund von
der Größenordnung 10^0
Ereignisse pro Jahr

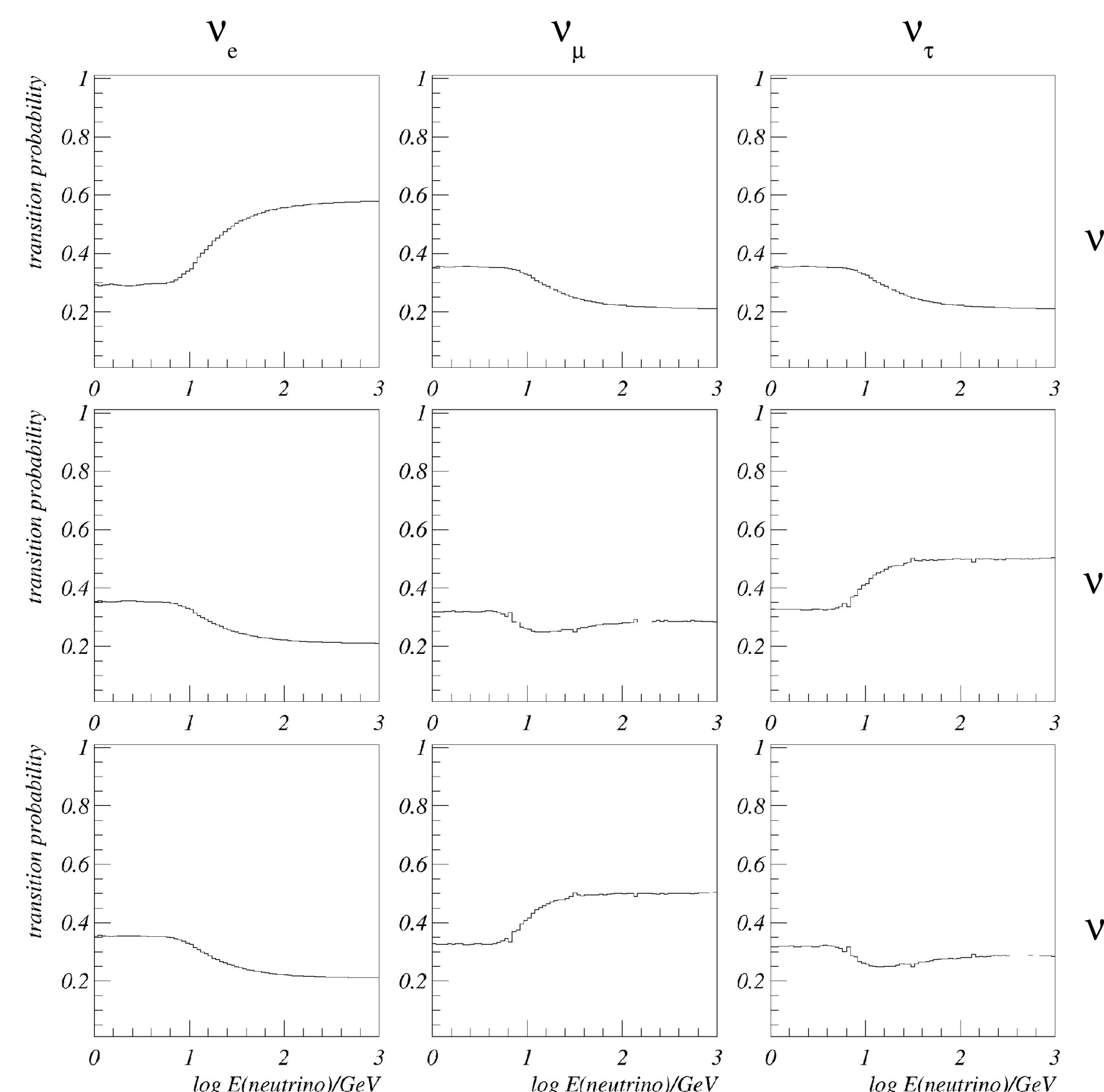


Erwartete Rate in ANTARES gegen Neutralinomassee
Grün: alle Modelle; Schwarz: Ωh^2 entspricht WMAP- 2σ Bereich

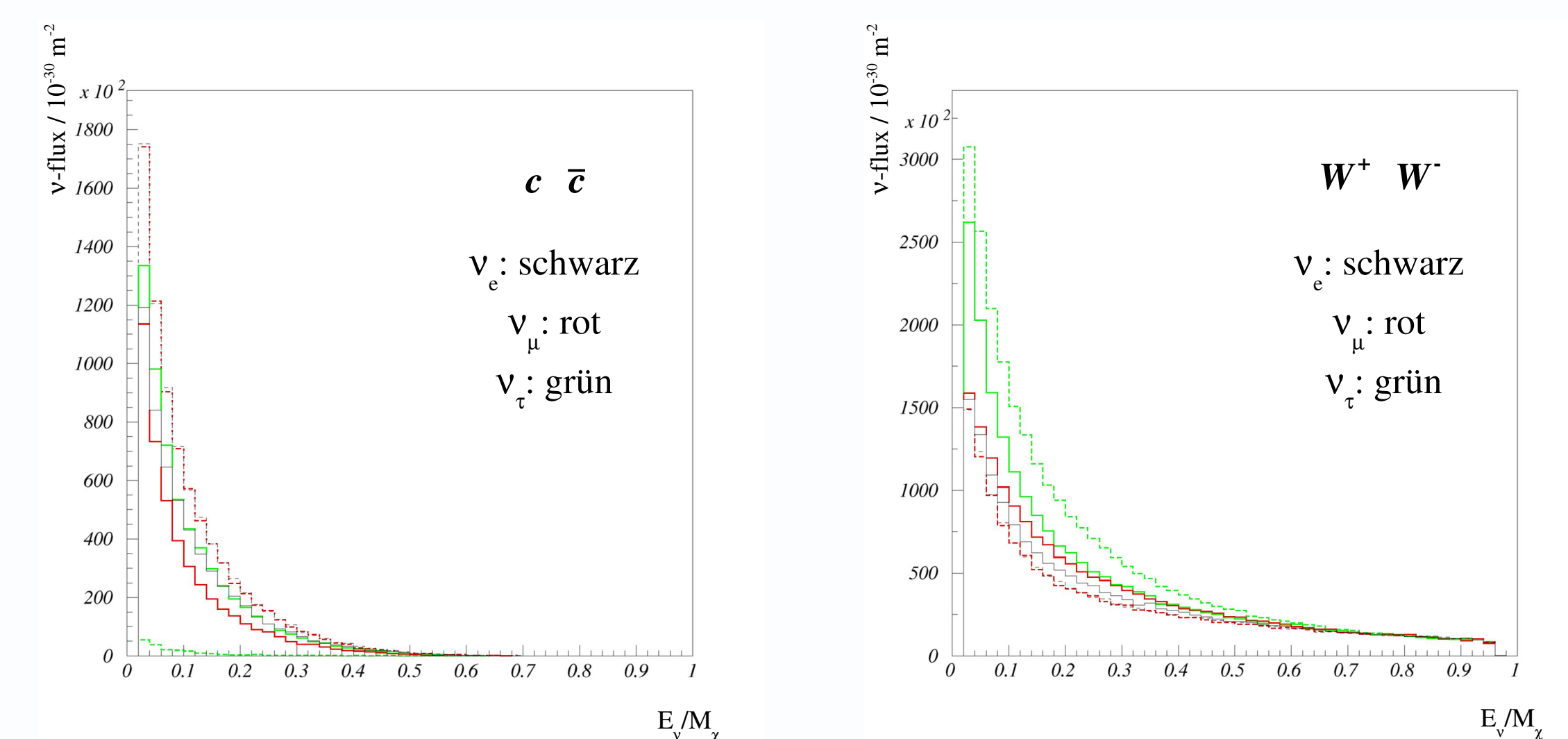
Effekt von Oszillationen auf Neutrinofluss

Oszillationseffekte innerhalb der Sonne (z.B. MSW-Effekt) und im Vakuum können die Flavour-Zusammensetzung des erwarteten Neutrinoflusses verändern

- Numerische Berechnung der 3-Flavour Oszillationen in der Sonne durch pfadgeordnetes Produkt der Propagationsoperatoren für konstante Dichte [4] unter Verwendung folgender Werte der Oszillationsparameter [5] :
 $\Delta m^2 = 8.1 \cdot 10^{-5} \text{ eV}^2$ $\Delta M^2 = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$
 $\Theta_{12} = 33.2^\circ$ $\Theta_{23} = 45.0^\circ$ $\Theta_{13} = 0^\circ$
- Simulation des Zerfalls der Annihilationsprodukte und der Propagation der entstandenen Neutrinos mit Pythia/Jetset unter Verwendung tabellarisierter Übergangswahrscheinlichkeiten bei Wechselwirkung der Neutrinos mit Sonnenmaterie
- Resultate der Berechnungen in Flusstabellen zur Verwendung in DarkSUSY gespeichert



Übergangswahrscheinlichkeit für Neutrinos die im Zentrum der Sonne erzeugt werden und die Erde ohne Wechselwirkungen erreichen, aufgetragen gegen den dekadischen Logarithmus der Neutrinoenergie in GeV



Neutrinofluss an der Erde aus 10^{30} Annihilationen aufgetragen gegen E_ν/M_χ für $M_\chi = 200 \text{ GeV}$ am Beispiel des $c\bar{c}$ und W^+W^- Annihilationskanals

mit Oszillationen: durchgezogene Linien – ohne Oszillationen: gepunktete Linien

- <http://antares.in2p3.fr/>
- P. Gondolo, J. Edsjö, P. Ullio, L. Bergström, M. Schelke and E.A. Baltz, JCAP 0407 (2004) 008
- E. A. Baltz and P. Gondolo JHEP10(2004)052
- T. Ohlsson, H. Snellman Eur. Phys. J. C 20, 507–515 (2001)
- M. Maltoni, T. Schwetz, M. Tórtola and J. W. F. Valle New. J. Phys. 6 122 (2004)