

DUNKLE MATERIE.



Auf der Suche nach neuen Teilchen

Seit vielen Jahrzehnten sind Physikerinnen und Physiker auf der Suche nach der geheimnisvollen Dunklen Materie. Schon in den 1930er Jahren rätselten Astronomen über einen merkwürdigen Befund: Galaxien hielten zusammen, obwohl sie

eigentlich auseinanderfliegen sollten. Neben den sichtbaren Himmelsobjekten – Sterne, Planeten und Gas- und Staubwolken – muss es also eine Art unsichtbare Materie geben, deren Schwerkraft die Galaxien zusammenhält.

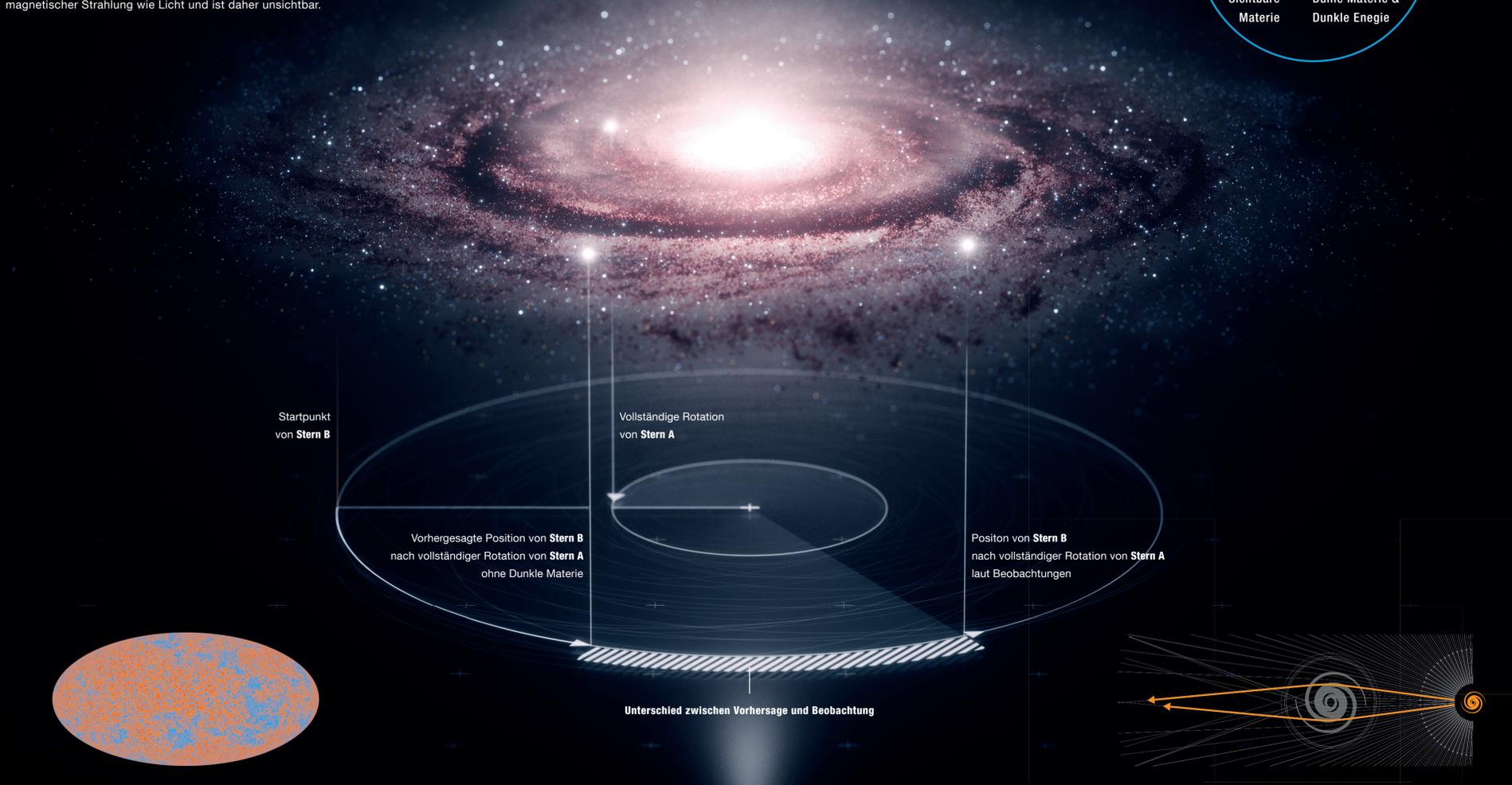
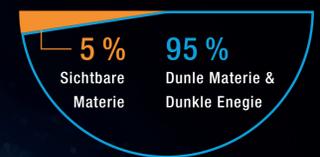
Doch was ist diese ominöse Dunkle Materie, ohne die die Entstehung von Galaxien und Galaxienhaufen im Laufe der Entwicklung des Universums kaum zu erklären ist? Könnte sie aus noch unentdeckten, ultraleichten oder extrem schweren

Elementarteilchen bestehen? Und hängen Schwarze Löcher mit diesem Phänomen zusammen? Auf der ganzen Welt wird danach gesucht, und eine neue Generation von Experimenten könnte das Rätsel der Dunklen Materie bald endgültig lösen.

Hinweise auf die Existenz von Dunkler Materie

Die seltsamste Substanz im Universum: Dunkle Materie kommt im Kosmos mehr als fünfmal häufiger vor als die uns bekannte Materie. Sie interagiert höchstens extrem schwach mit elektromagnetischer Strahlung wie Licht und ist daher unsichtbar.

Zusammensetzung des Universums



Temperaturschwankungen

Die kosmische Hintergrundstrahlung entstand 380 000 Jahre nach dem Urknall und wabert noch immer durch das Universum. Kleine Temperaturschwankungen, wie sie der europäische „Planck“-Satellit gemessen hat, dienen als Ursprung für zukünftige Strukturen wie Galaxienhaufen. Die Verteilung dieser winzigen Fluktuationen deutet darauf hin, dass die Dunkle Materie bereits existierte, bevor sich überhaupt Galaxien bildeten.

Rotationsgeschwindigkeit

In den 1970er Jahren fanden Forschende heraus, dass Sterne, die das Zentrum einer Galaxie umkreisen, sich so schnell bewegen, dass sie eigentlich herauskatapultiert werden müssten. Ihre Schlussfolgerung war, dass es zusätzlich zu den sichtbaren Himmelsobjekten – Sterne, Planeten und Gas- und Staubwolken – auch eine Art unsichtbarer oder „dunkler“ Materie vorhanden sein muss. Die Schwerkraft dieser Materie hält die Sterne in einer Galaxie zusammen und hat beispielsweise verhindert, dass unsere Milchstraße vor langer Zeit auseinandergedriftet ist.

Der Gravitationslinseneffekt

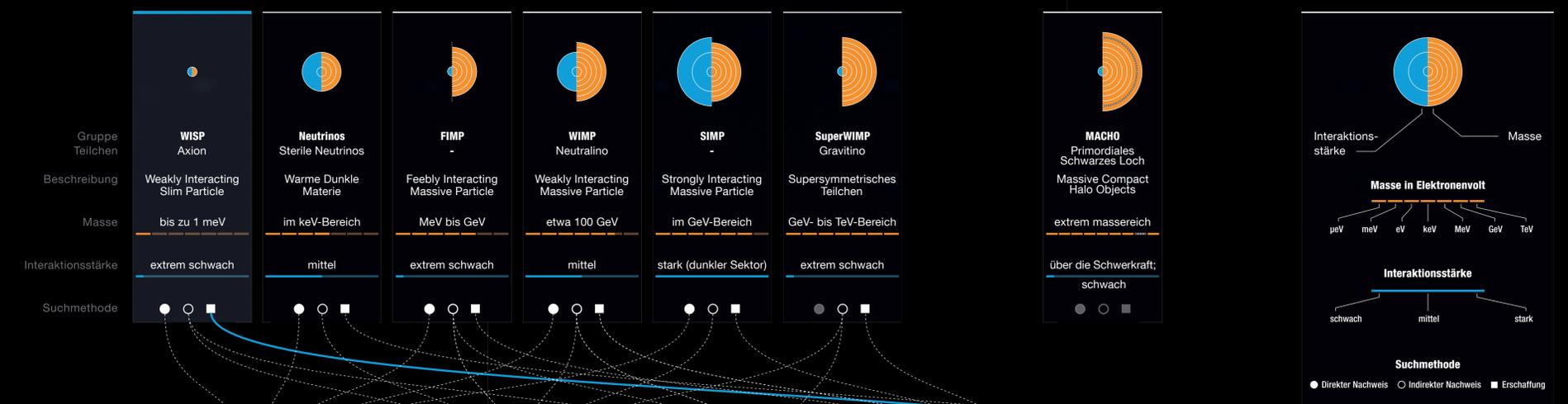
Ein weiterer Beweis für die Existenz der Dunklen Materie ist ein Phänomen, der Gravitationslinseneffekt genannt wird. Das Licht entfernter Galaxien wird von der Raumkrümmung durch die zusätzliche Masse der Dunklen Materie viel stärker abgelenkt als man es ohne die Dunkle Materie erwartet.

Dunkle-Materie-Kandidaten

Hypothetische elementare Teilchen

Andere Kandidaten

Legende



Experimente

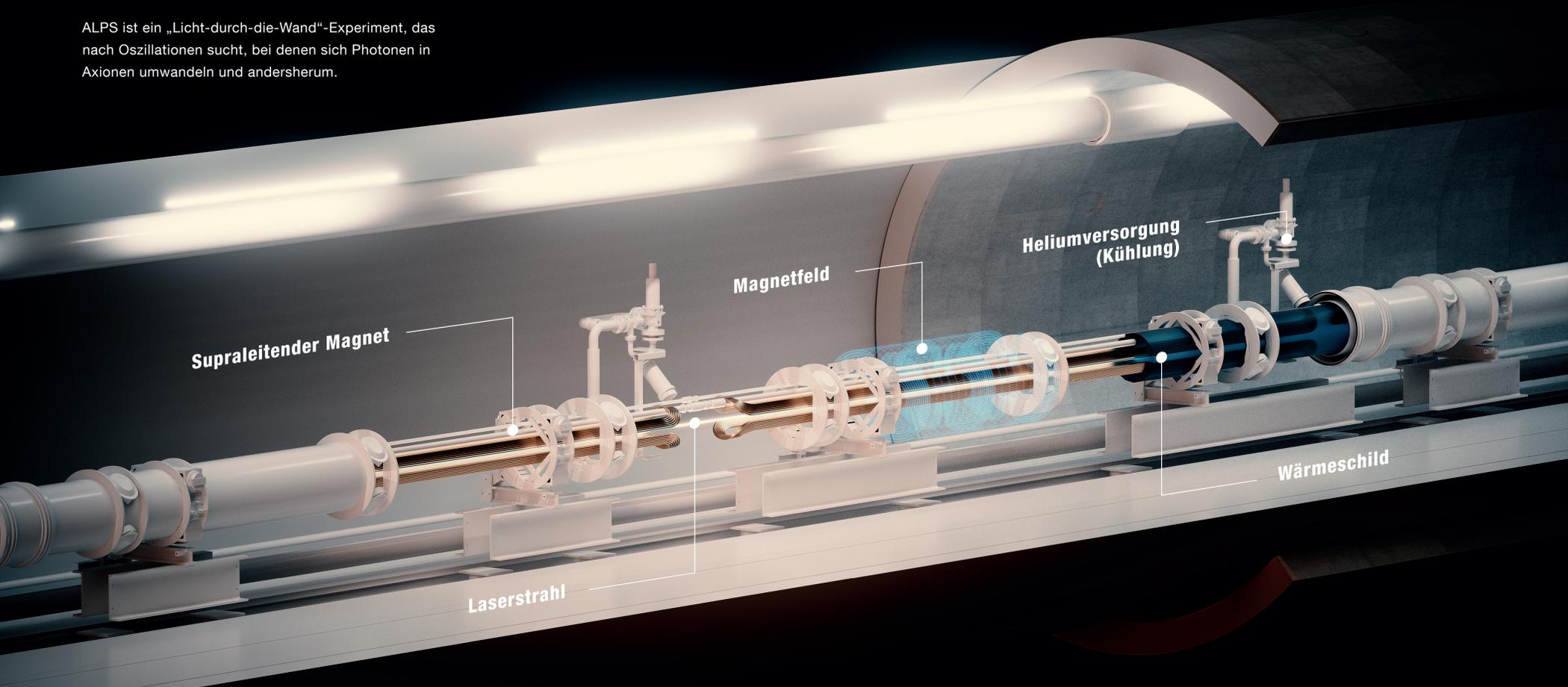


ALPS II.

Wo Licht durch die Wand gehen soll

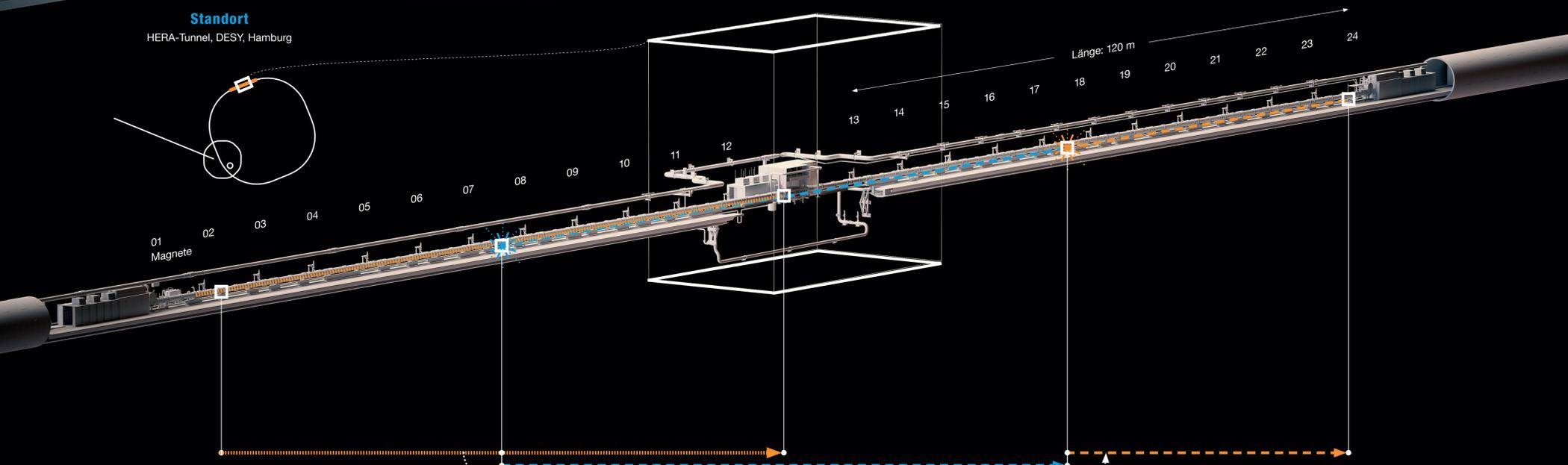


ALPS ist ein „Licht-durch-die-Wand“-Experiment, das nach Oszillationen sucht, bei denen sich Photonen in Axionen umwandeln und andersherum.



Standort

HERA-Tunnel, DESY, Hamburg



1

Laserstrahl

Das Licht eines Lasers wird in einer optischen Kavität verstärkt – im Grunde eine sehr lange Spiegelkammer.

2

Umwandlung eines Photons in ein Axion

Das Licht durchläuft ein starkes Magnetfeld von zwölf supraleitenden Magneten. Laut Theorie könnte sich dabei ein Photon mit einer Wahrscheinlichkeit von $1:10^{14}$ in ein Axion umwandeln.

3

Wand

Laserlicht wird von der Wand aufgehalten. Das Axion würde einfach durch die Wand hindurchgehen.

4

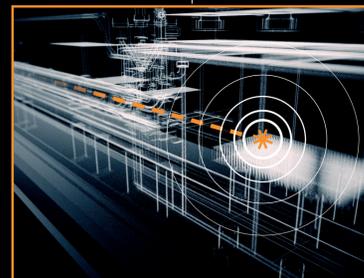
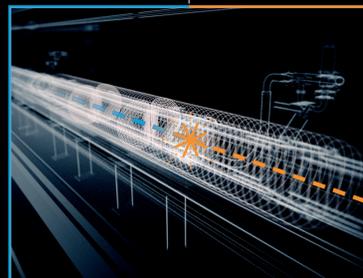
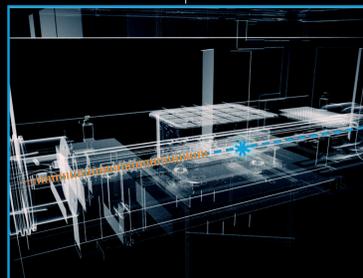
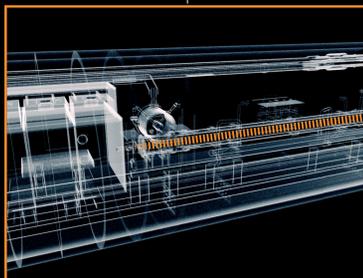
Umwandlung eines Axions in ein Photon

Im Magnetfeld auf der anderen Seite kann das Axion wieder in ein Photon zurückverwandelt werden.

5

Detektor

Ein Detektor misst das Lichtteilchen, das scheinbar durch die Wand gekommen ist. Umwandlungen sind extrem selten. Deshalb muss der Detektor auch extrem empfindlich sein. Er muss in der Lage sein, einige wenige Photonen pro Tag zu erkennen.



Hauptbeiträge zu ALPS II



Magnete
Optik
Detektoren
Infrastruktur



MAX PLANCK INSTITUTE FOR GRAVITATIONAL PHYSICS (Albert Einstein Institute)



Impressum

Herausgeber: DESY
Design: Science Communication Lab