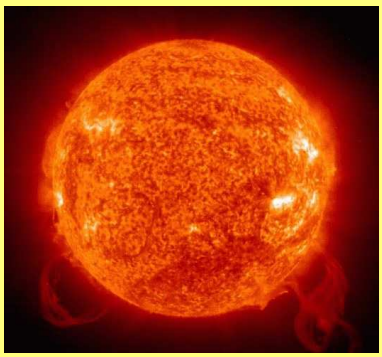
# Neutrinos aus astrophysikalischen Quellen

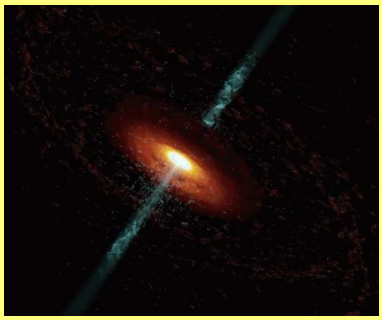
Neutrinos sind Elementarteilchen, die nur eine sehr kleine Masse besitzen. Sie werden bei Reaktionen in Atomkernen und zwischen Elementarteilchen hoher Energie erzeugt, z.B.

- in radioaktiven Zerfällen, in Atomreaktoren und Teilchenbeschleunigern,
- in der Erdatmosphäre,
- im Urknall,
- im Zentrum der Sterne und speziell der Sonne, wo durch Kernfusion Wasserstoff zu Helium verbrennt,
- in Gasströmungen (Jets) aus Aktiven Galaktischen Kernen, in deren Zentrum Schwarze Löcher Gas verschlingen,
- in Sternexplosionen, bei denen ein heißer Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch entsteht.

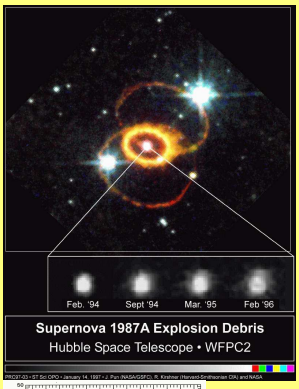
Neutrinos durchdringen Materie unter "normalen" Bedingungen nahezu ungehindert. Sie erreichen uns daher aus dem Inneren von Sternen ebenso wie aus großen Entfernungen. Ihre Messung hilft, Prozesse im Universum zu enträtseln, die bei sehr hohen Temperaturen und Dichten stattfinden.



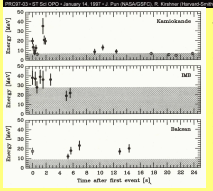
Die Sonne, aufgenommen im ultravioleten Licht durch die Raumsonde SOHO.



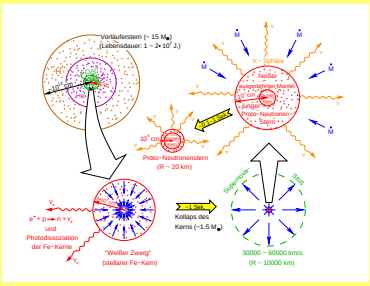
Künstlerische Darstellung einer Aktiven Galaxie mit zentralem Schwarzen Loch und Gasströmungen (Jets) in die Polrichtungen (Chandra Group, Boston, USA)




Supernova 1987A, die am 23. Februar 1987 in der Großen Magellanschen Wolke (eine Begleitgalaxie unserer Milchstraße) in rund 150.000 Lichtjahren Entfernung explodiert ist.

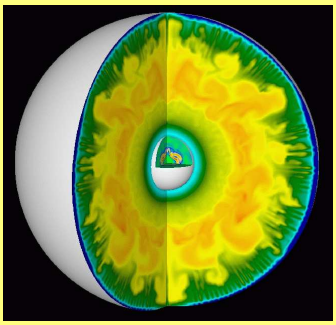


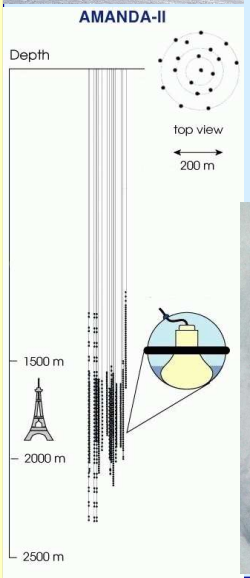

Von dieser Sternexplosion wurden in drei unterirdischen Experimenten erstmals Neutrinos extragalaktischen Ursprungs gemessen.



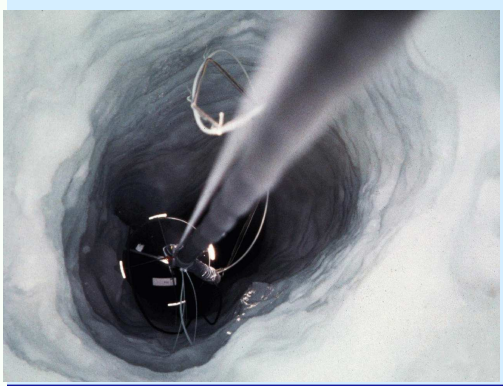

Der Kern eines massereichen Sterns kollabiert in weniger als einer Sekunde zu einem heißen Neutronenstern. Während die Hülle des Sterns in einer Supernova–Explosion abgesprengt wird, kühlt der entstandene Neutronenstern durch Abstrahlung einer riesigen Zahl (~ $10^{58}$ ) Neutrinos ab.

Computersimulation zum Beginn der Supernova–Explosion eines massereichen Sterns. Im Zentrum ist (ausgeschnitten) der sich bildende Neutronenstern dargestellt. Das ihn umgebende Gas wird durch die Wechselwirkung mit Neutrinos geheizt und gerät dabei in heftige Wallung, ähnlich dem kochenden Wasser in einen Topf auf einer Herdplatte.

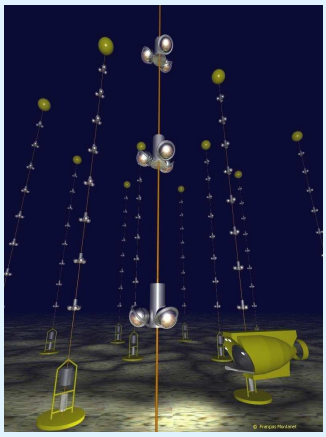


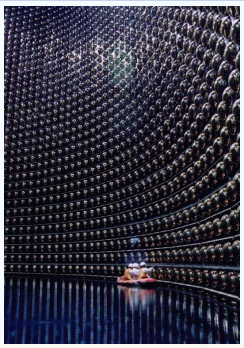


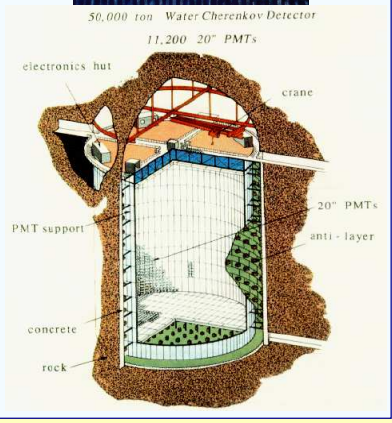

Das AMANDA Experiment am Südpol, bei dem lichtempfindliche Messgeräte ("Photomultiplier") zum Nachweis von Neutrinos rund 2000 Meter tief im Eis versenkt werden.



Das ANTARES Experiment, das in 2500 Metern Tiefe im Mittelmeer vor der französischen Küste die Wechselwirkung von Neutrinos im Meerwasser messen soll.








Das japanische Super–Kamiokande Experiment. Ein unterirdischer Tank mit 50.000 Tonnen reinen Wassers ist hier von 11.200 Photomultipliern umgeben. Mit diesem Gerät werden wichtige Messungen von Neutrinos aus der Sonne und der Erdatmosphäre durchgeführt.