

Cherenkov-Licht

(Nobelpreis 1958)



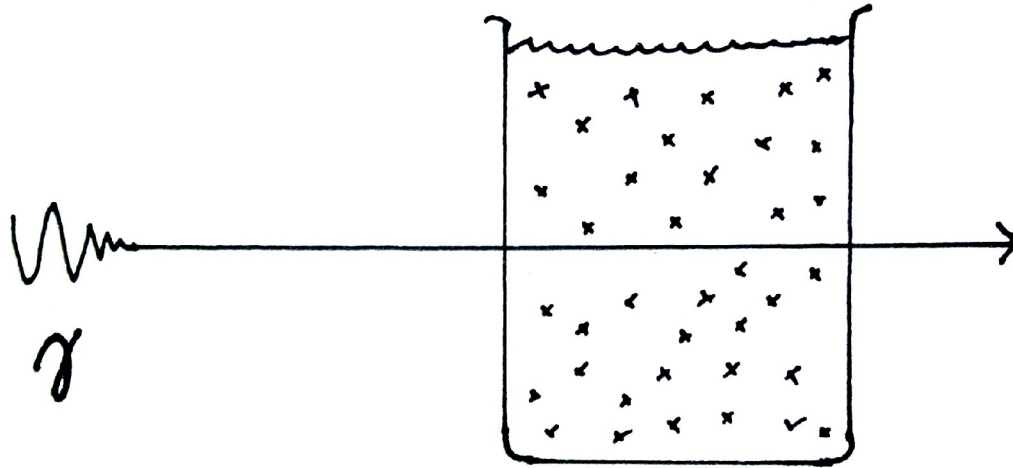
P. A. Cherenkov



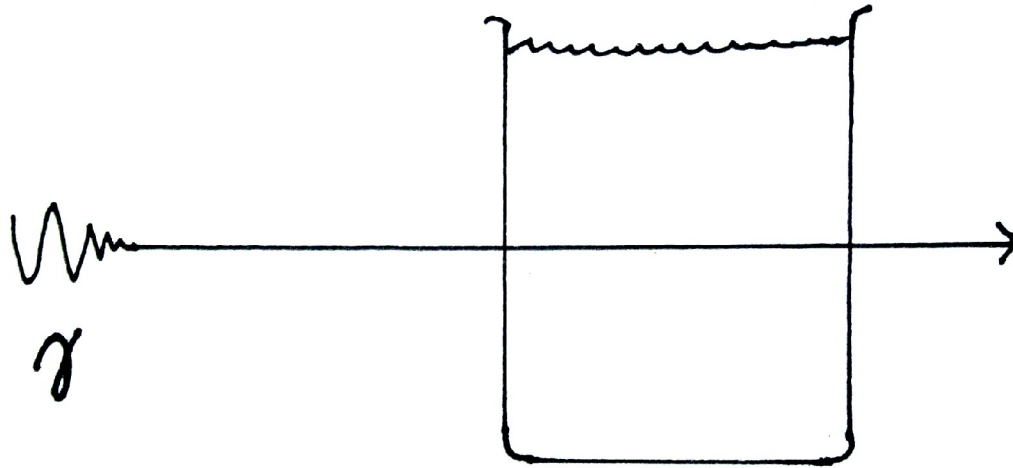
I. M. Frank



I. Y. Tamm



erwartete Beobachtung:
 γ -Bestrahlung einer Lösung führt zu Fluoreszenz



erwartete Beobachtung:
 γ -Bestrahlung einer Lösung führt zu Fluoreszenz

unerwartete Beobachtung:
auch das Lösungsmittel leuchtet! (schwach)

→ **Entdeckung des Cherenkov-Effekts**

schnelle, geladene Teilchen (z.B. Compton-Elektronen) in einem Medium mit

$$v > \frac{c}{n}$$

Inhalt

A) Experimentelle Untersuchung des Cherenkov-Lichts
(P. A. Cherenkov/S. I. Vavilov)

B) Theoretische Interpretation
(I. M. Frank/I. Y. Tamm)

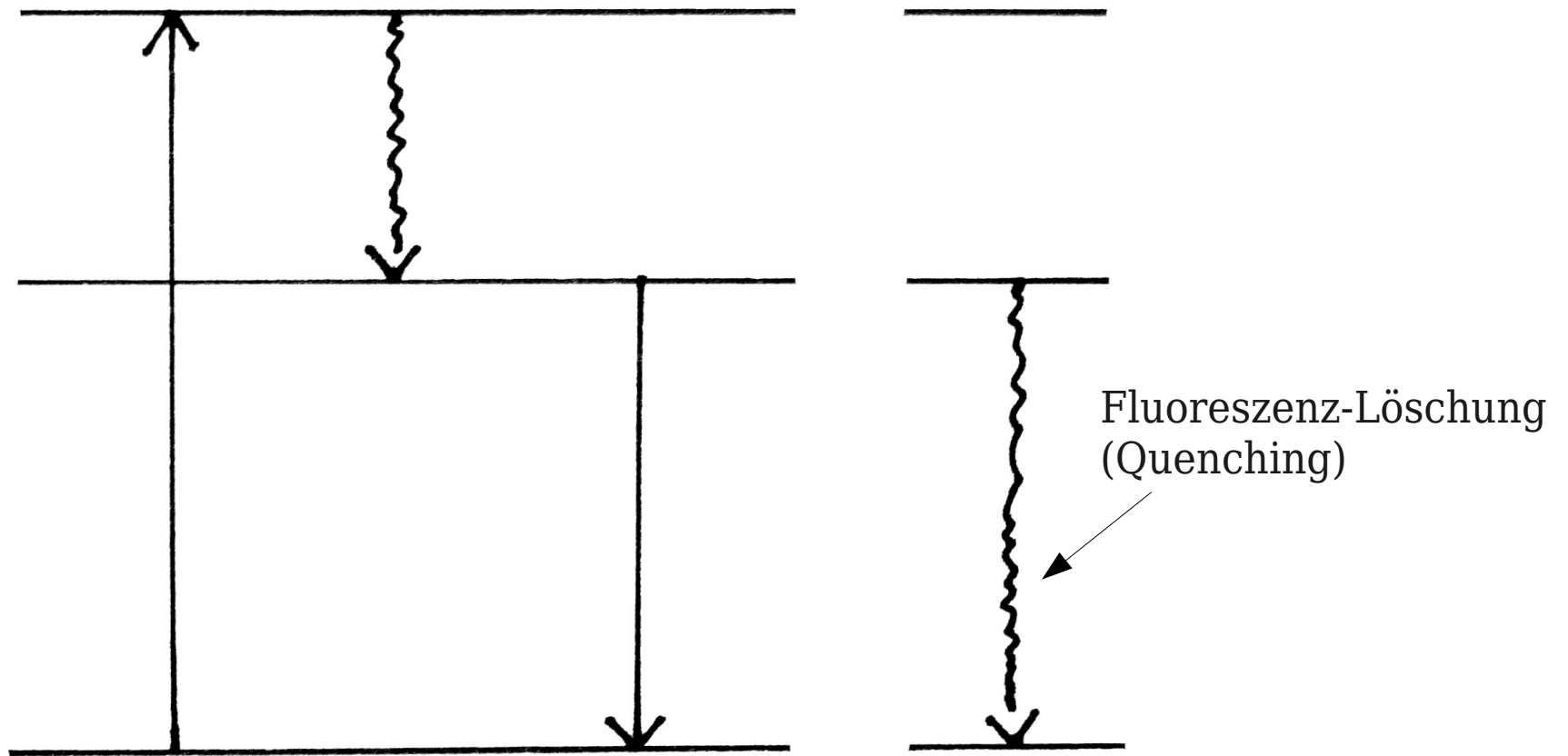
C) Anwendung als Neutrinodetektor
Super-Kamiokande

**unerwartete Beobachtung:
auch das Lösungsmittel leuchtet! (schwach)**

Verunreinigung mit winzigen Partikeln eines
fluoreszenzfähigen Materials?

Fluoreszenz-Eigenschaften:

- Anregungsmethode
- Spektrum
- Polarisation
- Dauer des Anregungszustandes
- ...



$$\lambda_{ab} \leq \lambda_{em}$$

Verunreinigung mit winzigen Partikeln eines
fluoreszenzfähigen Materials?

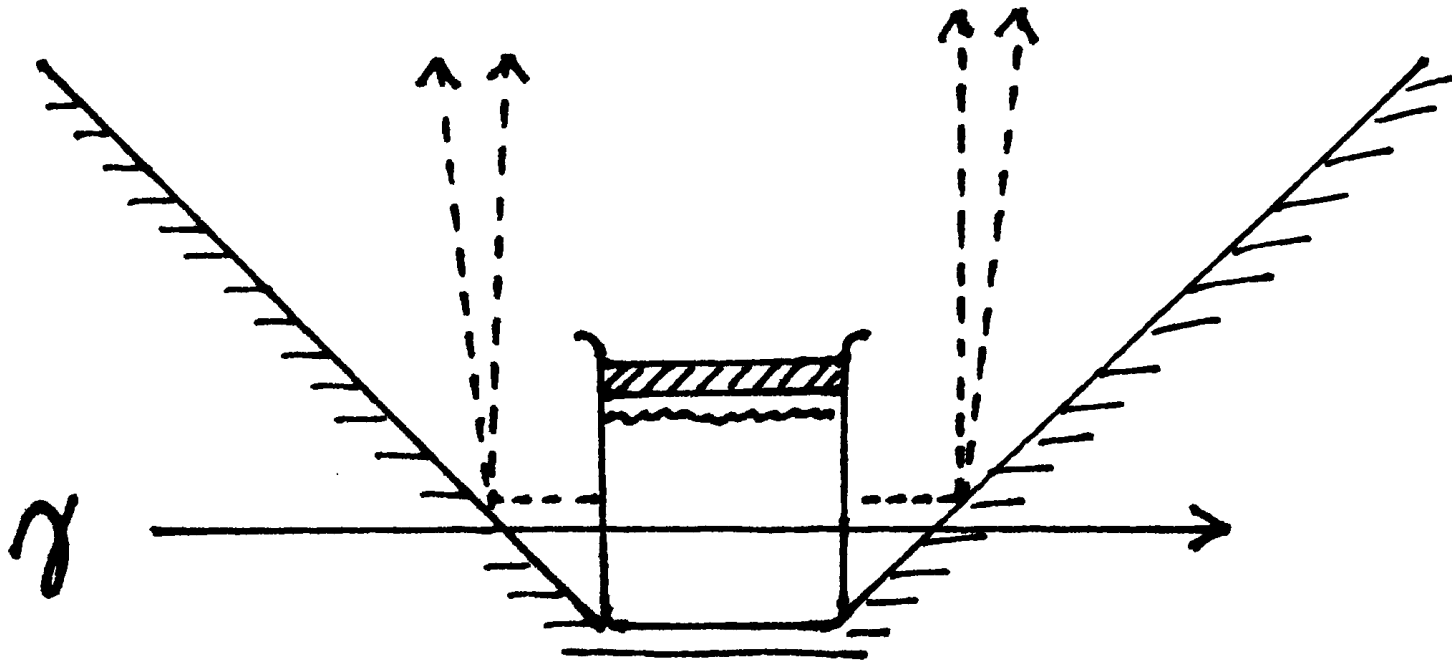
kein Floreszenz-Löschung (z.B. bei Erhitzen)

unerwartete Polarisierung

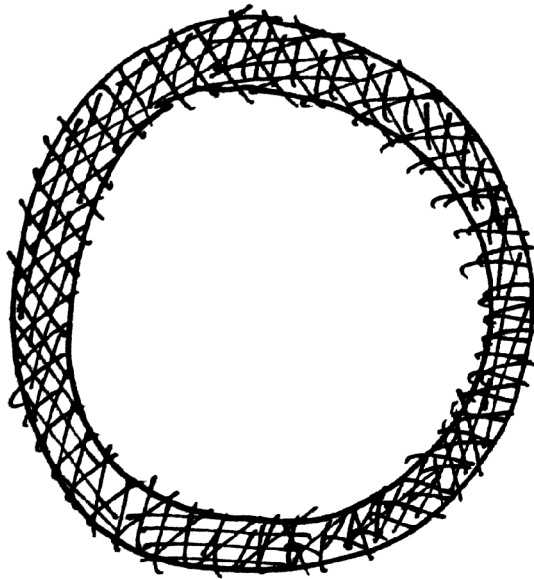
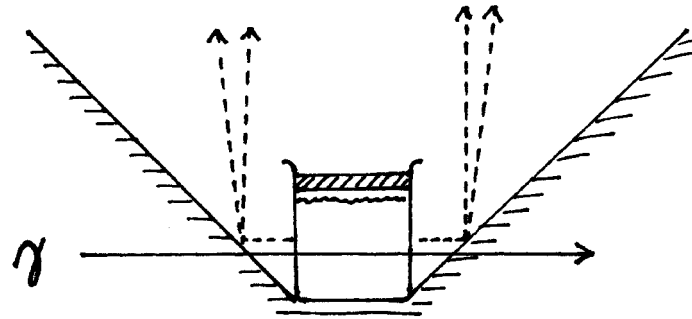
kein Fluoreszenz-Phänomen!

weitere Eigenschaften?

Eigenschaft: Asymmetrie



Eigenschaft: Asymmetrie

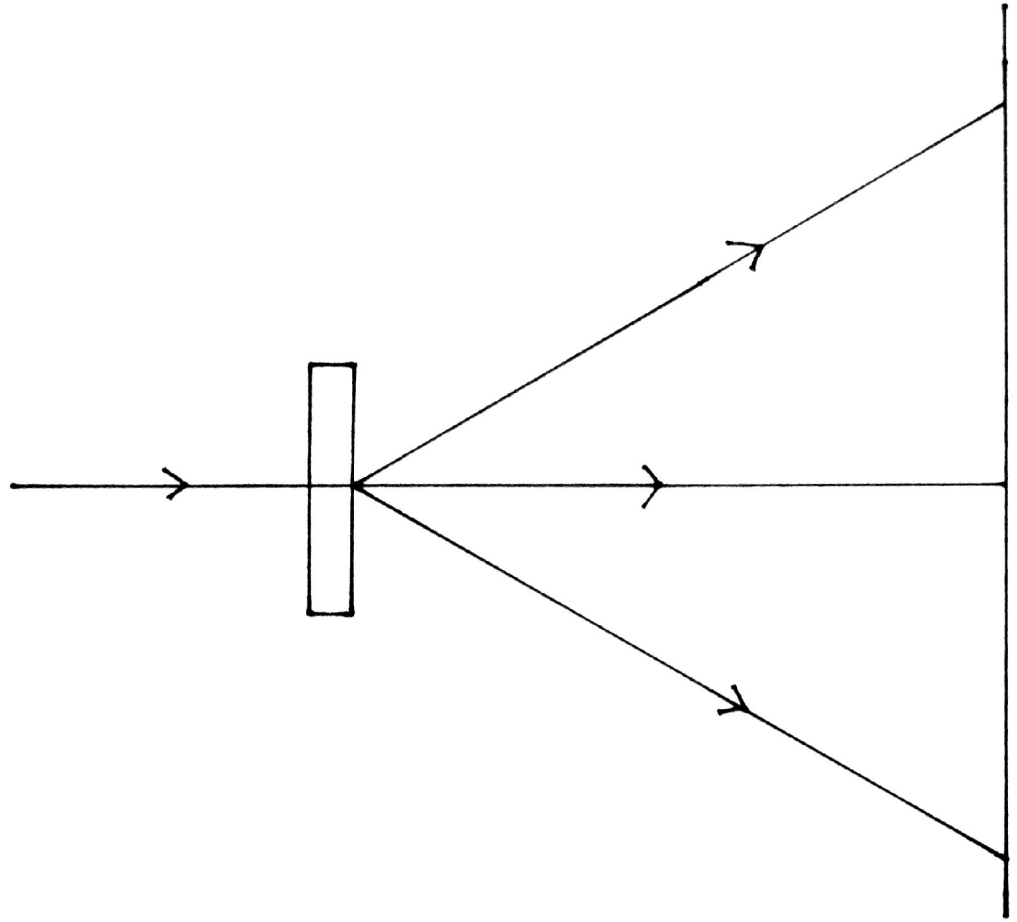


erwartet: homogene Richtungsverteilung

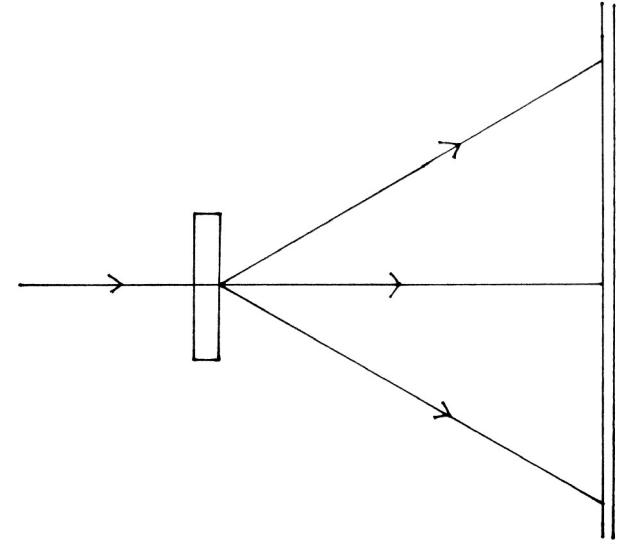
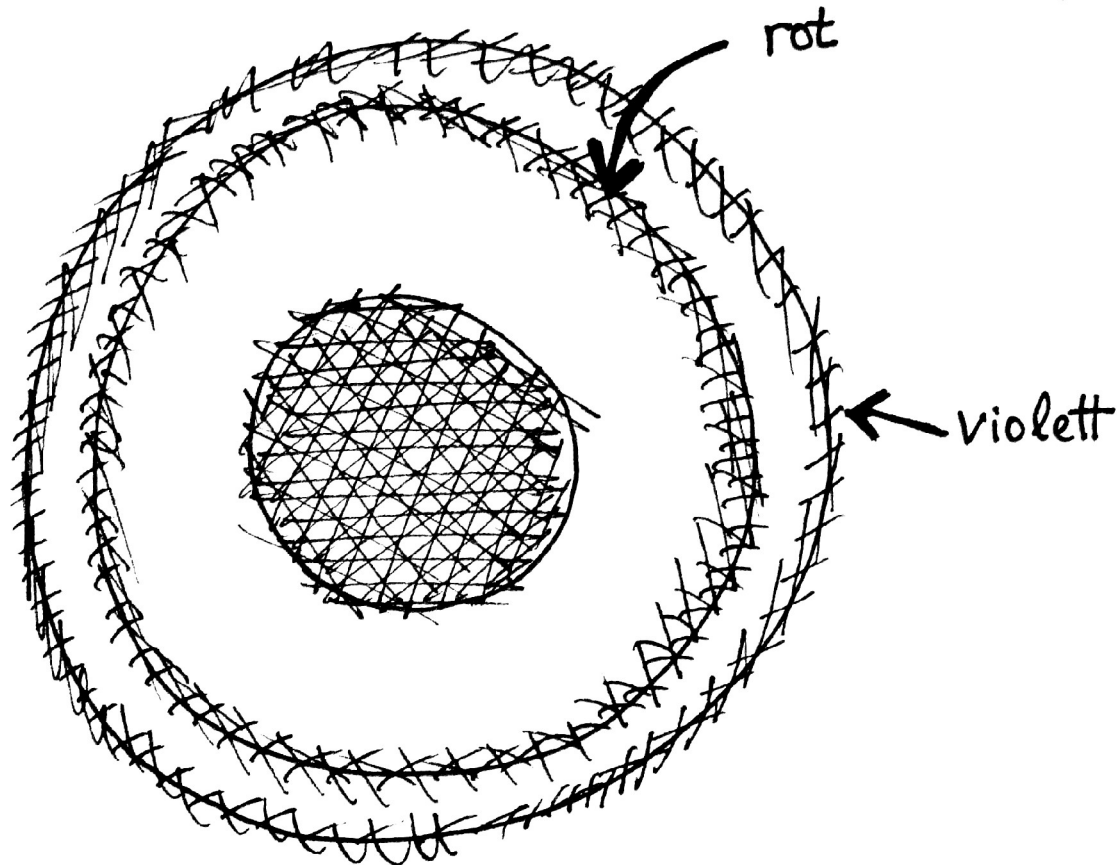


beobachtet

Eigenschaft: Asymmetrie



Eigenschaft: Asymmetrie



$$\eta = n(\omega)$$

Eigenschaft: Energetische Grenze

	$n = 1.3$ $\beta = 0.29$	$n = 1.5$ $\beta = 0.67$	$n = 2.0$ $\beta = 0.5$
Proton $m_0 = 938 \text{ MeV}/c^2$	520 MeV	320 MeV	143 MeV
π -Meson (?) $m_0 = 140 \text{ MeV}/c^2$	79.0 MeV	47.0 MeV	21.5 MeV
Elektron $m_0 = 0.511 \text{ MeV}/c^2$	0.29 MeV	0.2 MeV	0.078 MeV

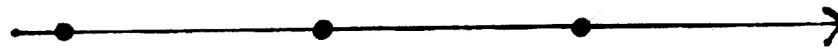
energetischer Grenzwert für die Beobachtung
von Cherenkov-Licht

Eigenschaften des Cherenkov-Lichts:

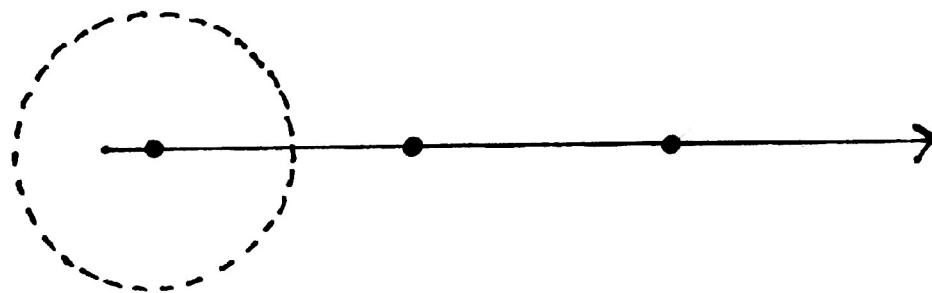
- keine symmetrische Abstrahlung
(Cherenkov-Kegel)
- es existiert ein energetischer Grenzwert
- Polarisation
- verschiedene Farben
- ...

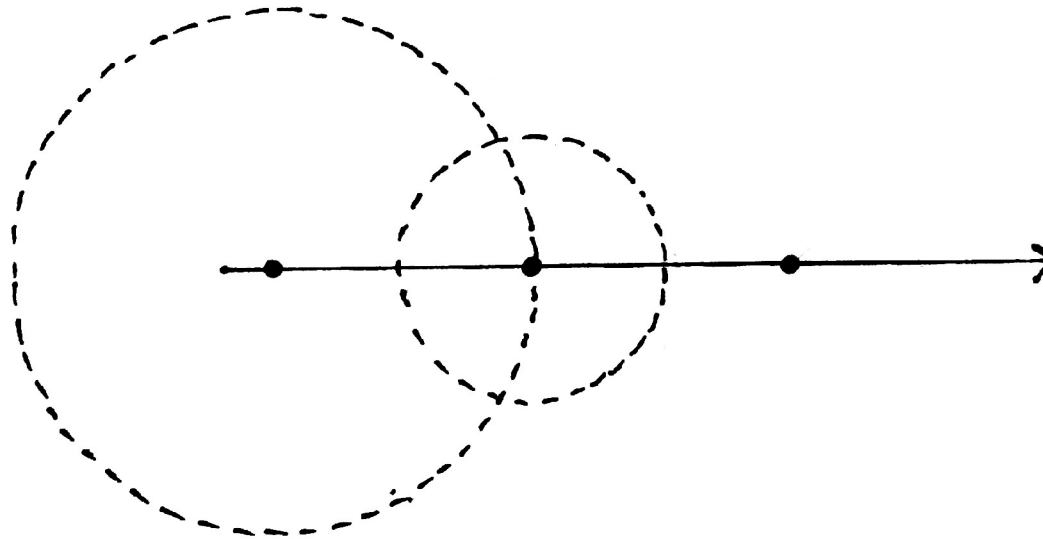
wie lassen sich diese Eigenschaften erklären?

B) Theoretische Interpretation

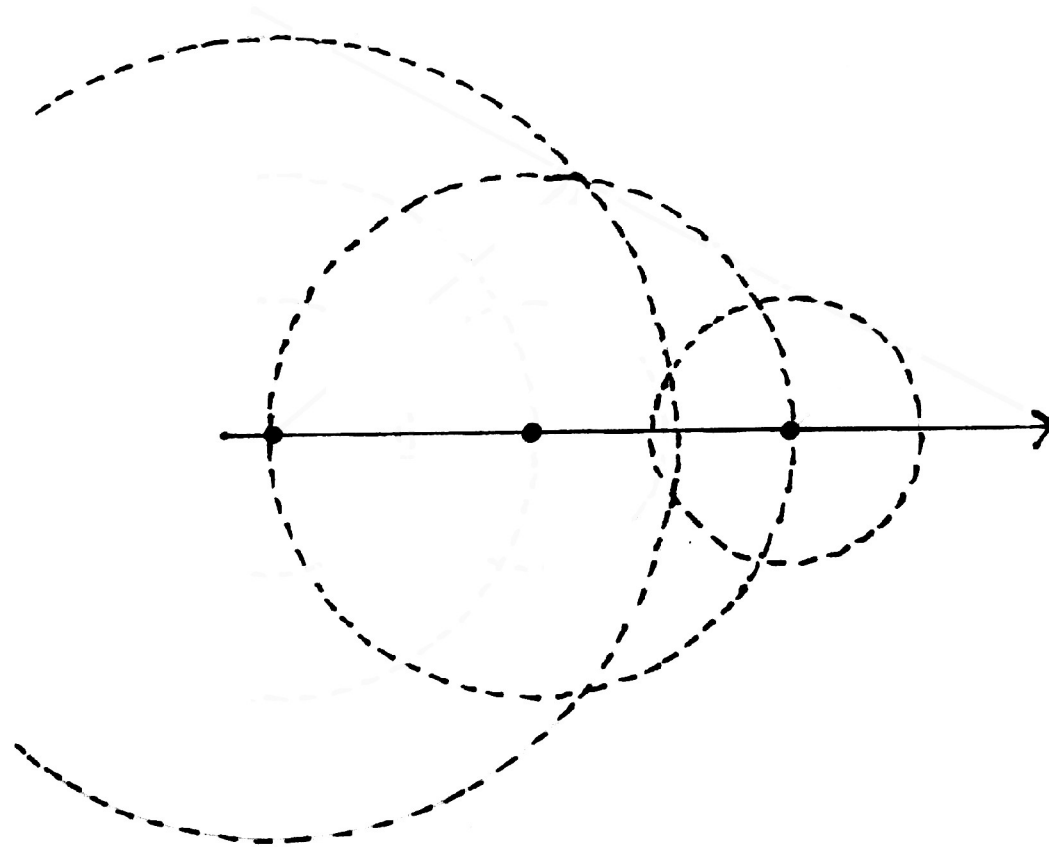


ein geladenes Teilchen passiert die Atome
in einem Medium

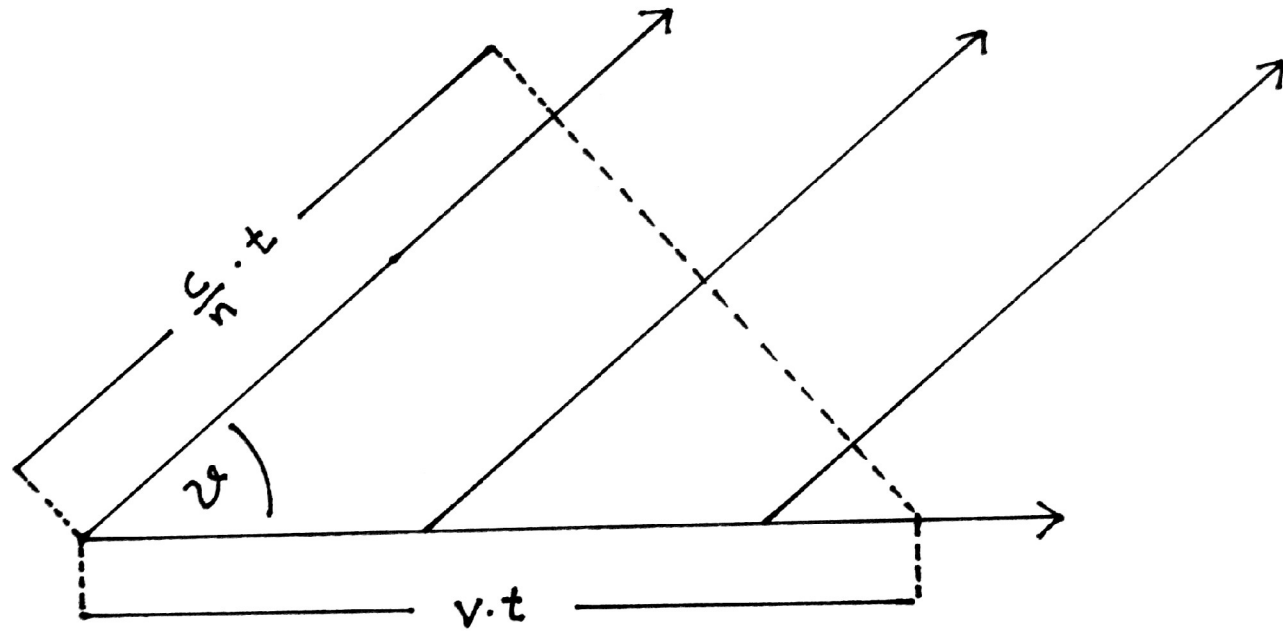




die Geschwindigkeit des Teilchens ist so groß, dass es
zu einer Überlagerung kommt



es entsteht eine Wellenfront



$$v \cdot t \cdot \cos(\psi) = \frac{c}{n} \cdot t$$

$$\cos(\psi) = \frac{1}{\beta \cdot n} \quad , \quad \beta = \frac{v}{c}$$

$$\Rightarrow \beta n > 1$$

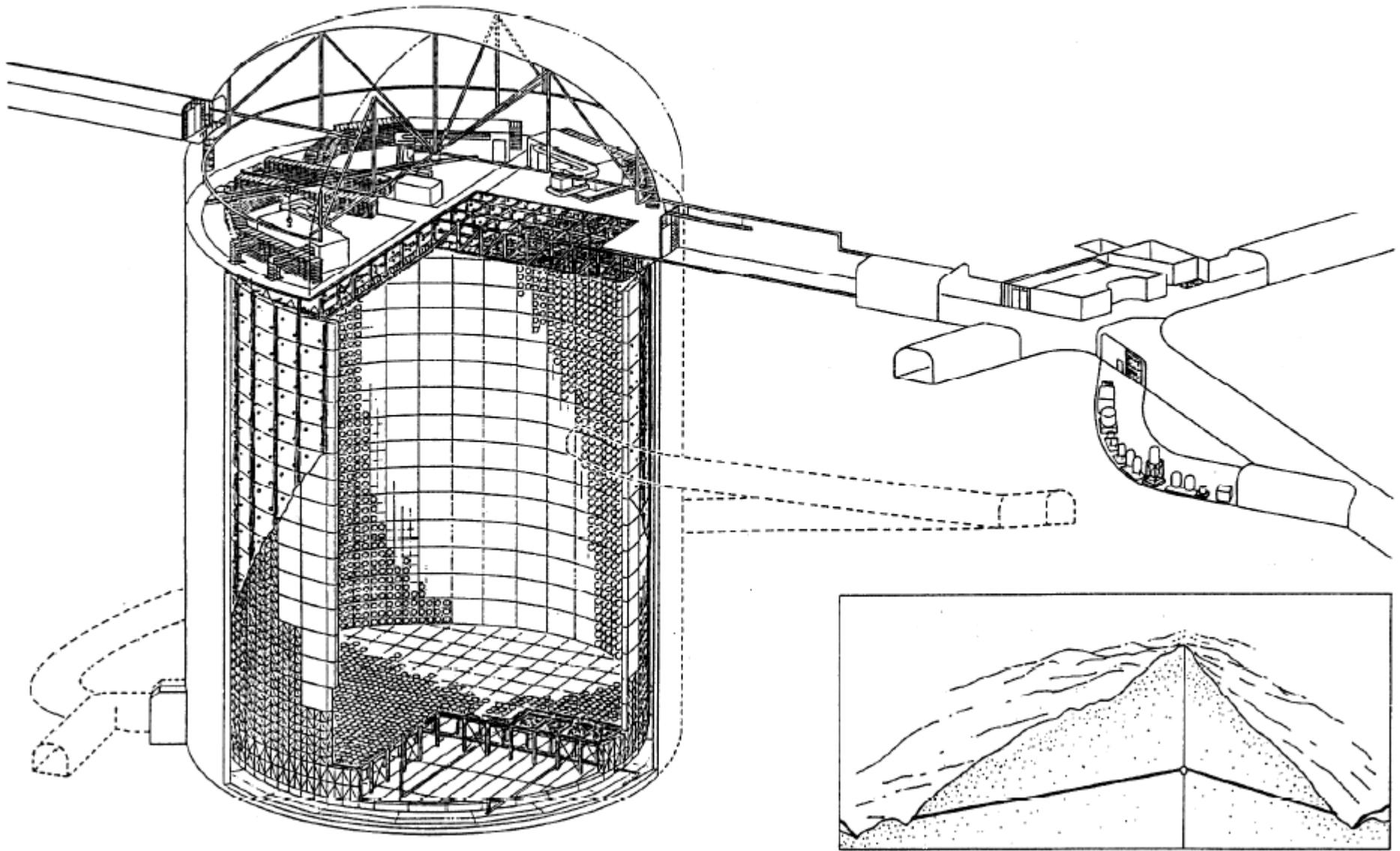
C) Anwendung

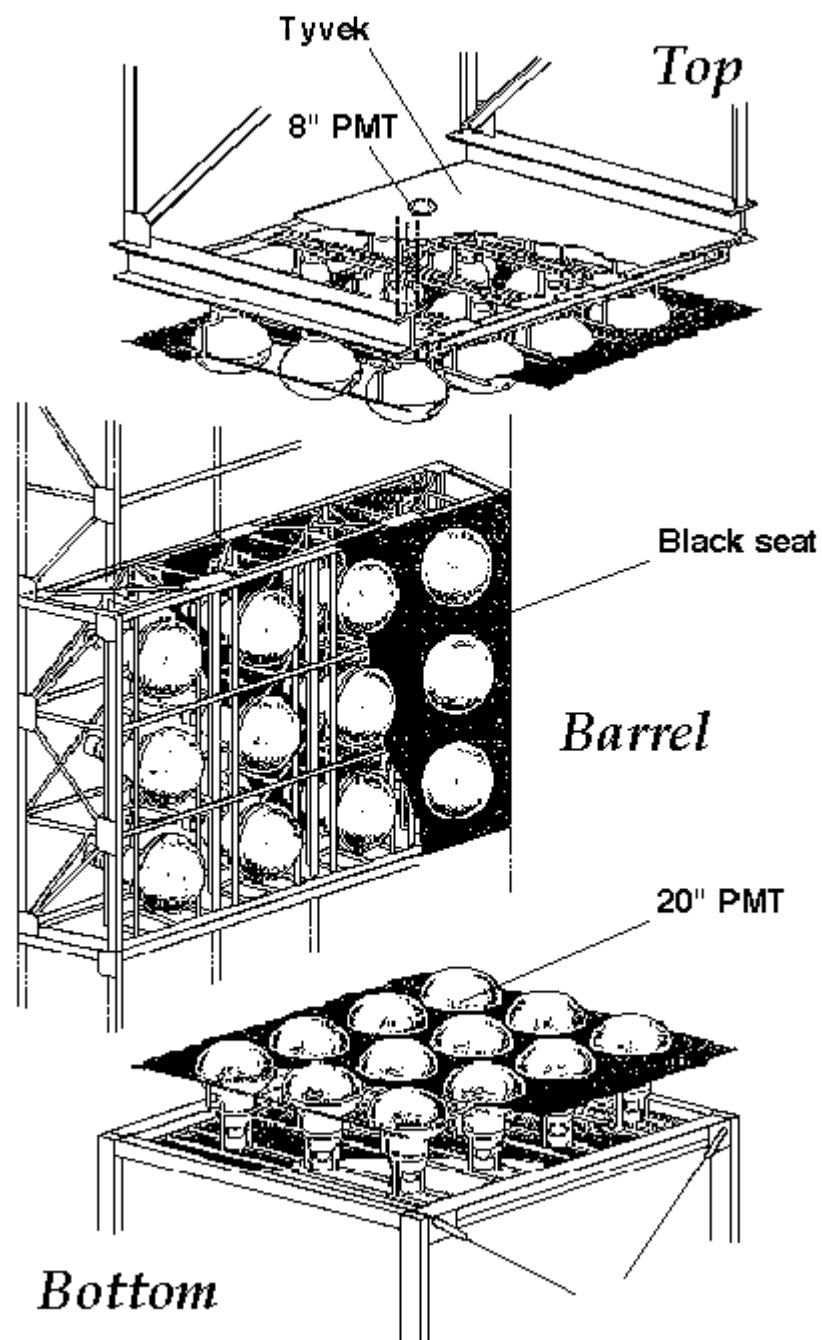
Man könnte einen Teilchendetektor bauen, der den Cherenkov-Effekt ausnutzt!

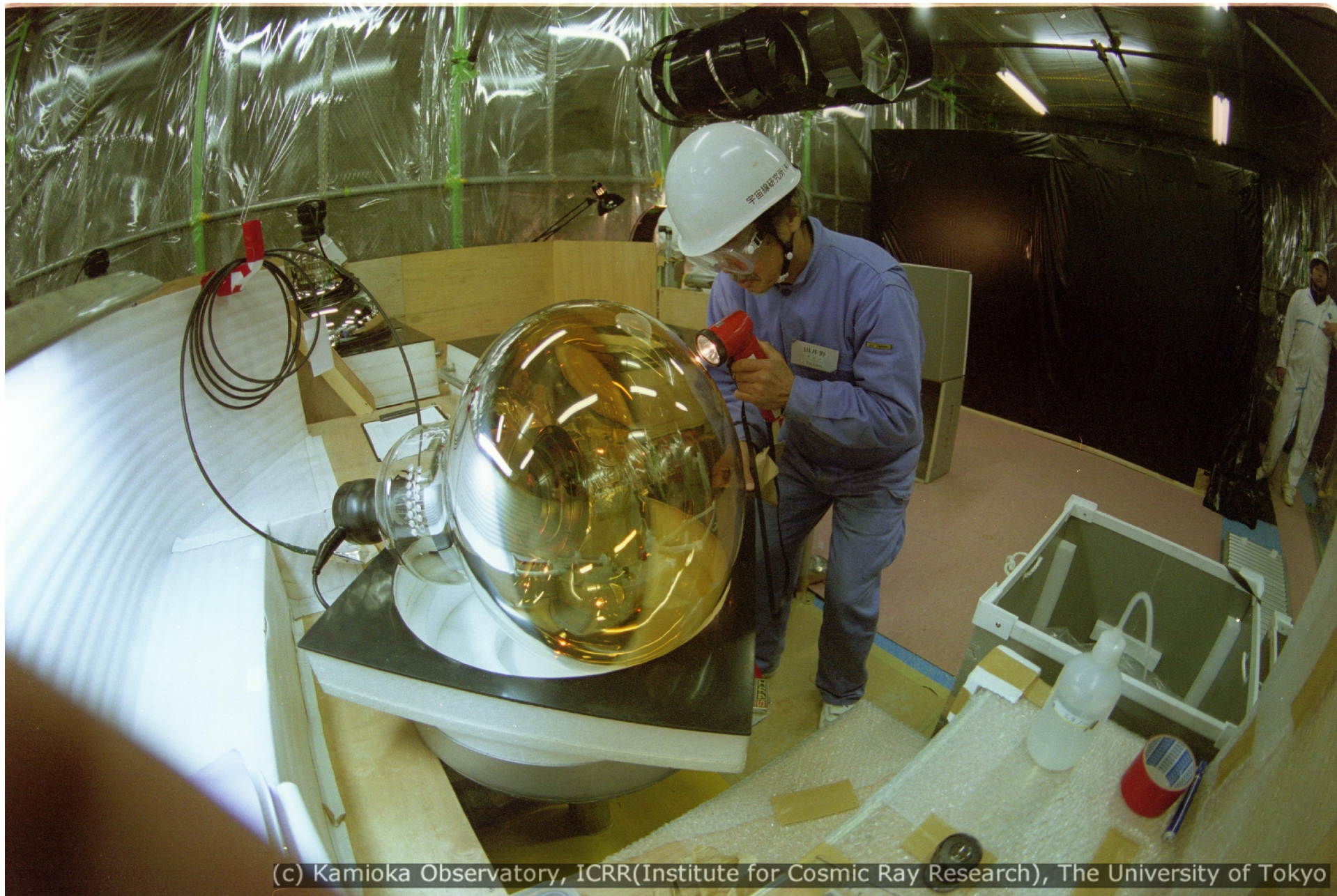
Vorteile:

- sensitiv für die Einfallrichtung (Asymmetrie)
- einstellbarer Energiebereich (n ändern)
- Echtzeit
- hohe Geschwindigkeiten

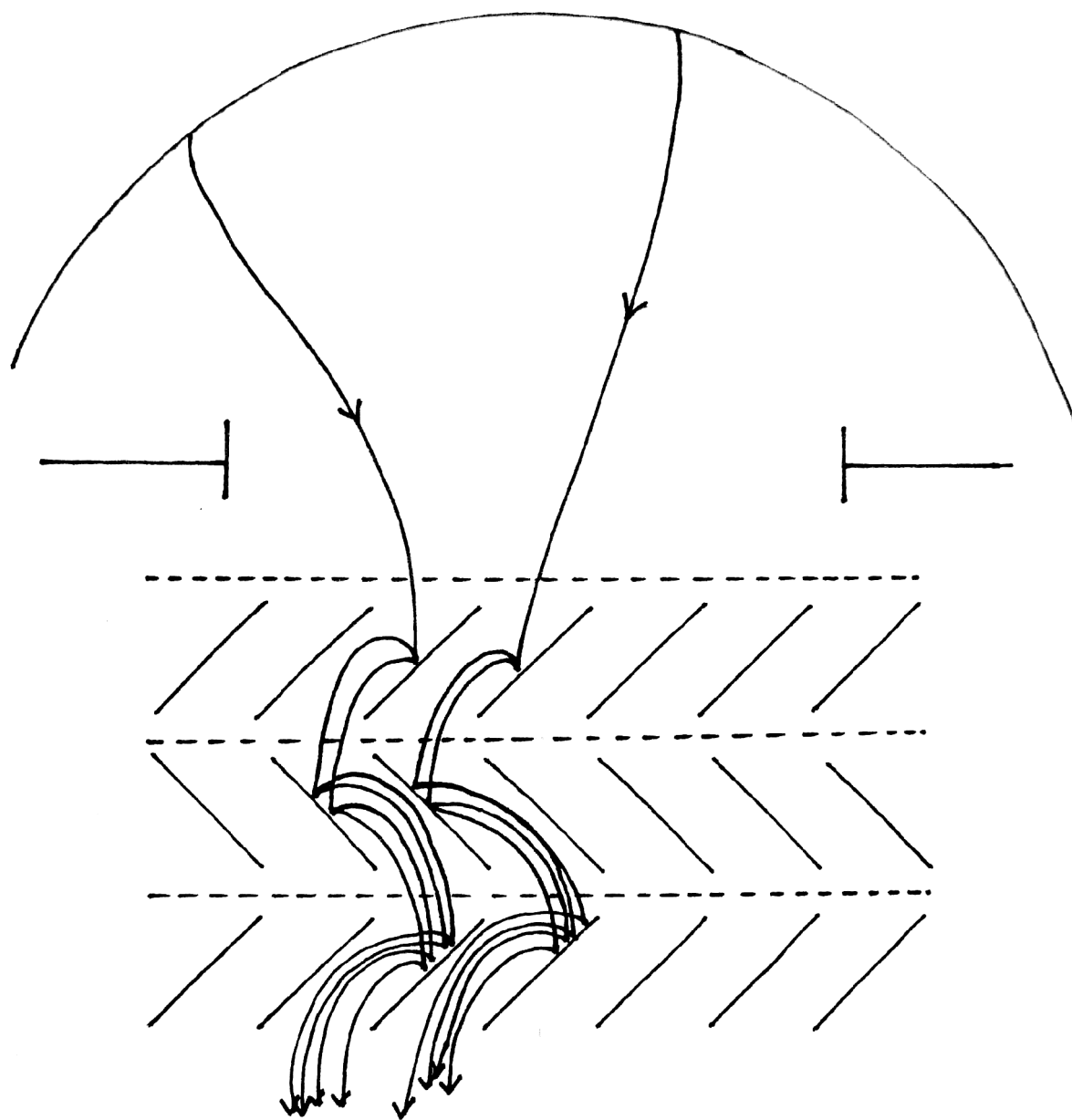
Super-Kamiokande



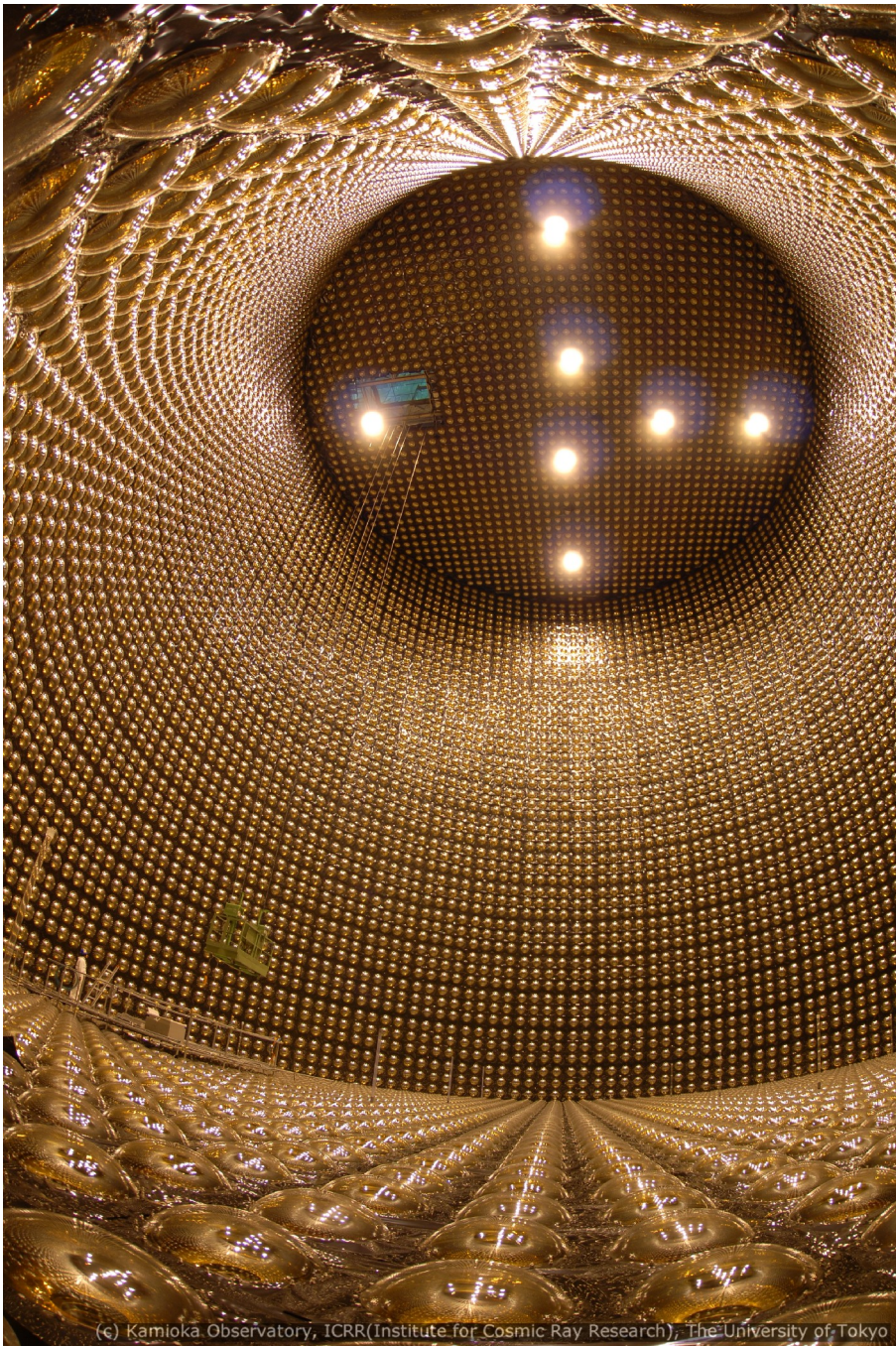




(c) Kamioka Observatory, ICRR(Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo



'venetian-blind type' PMT

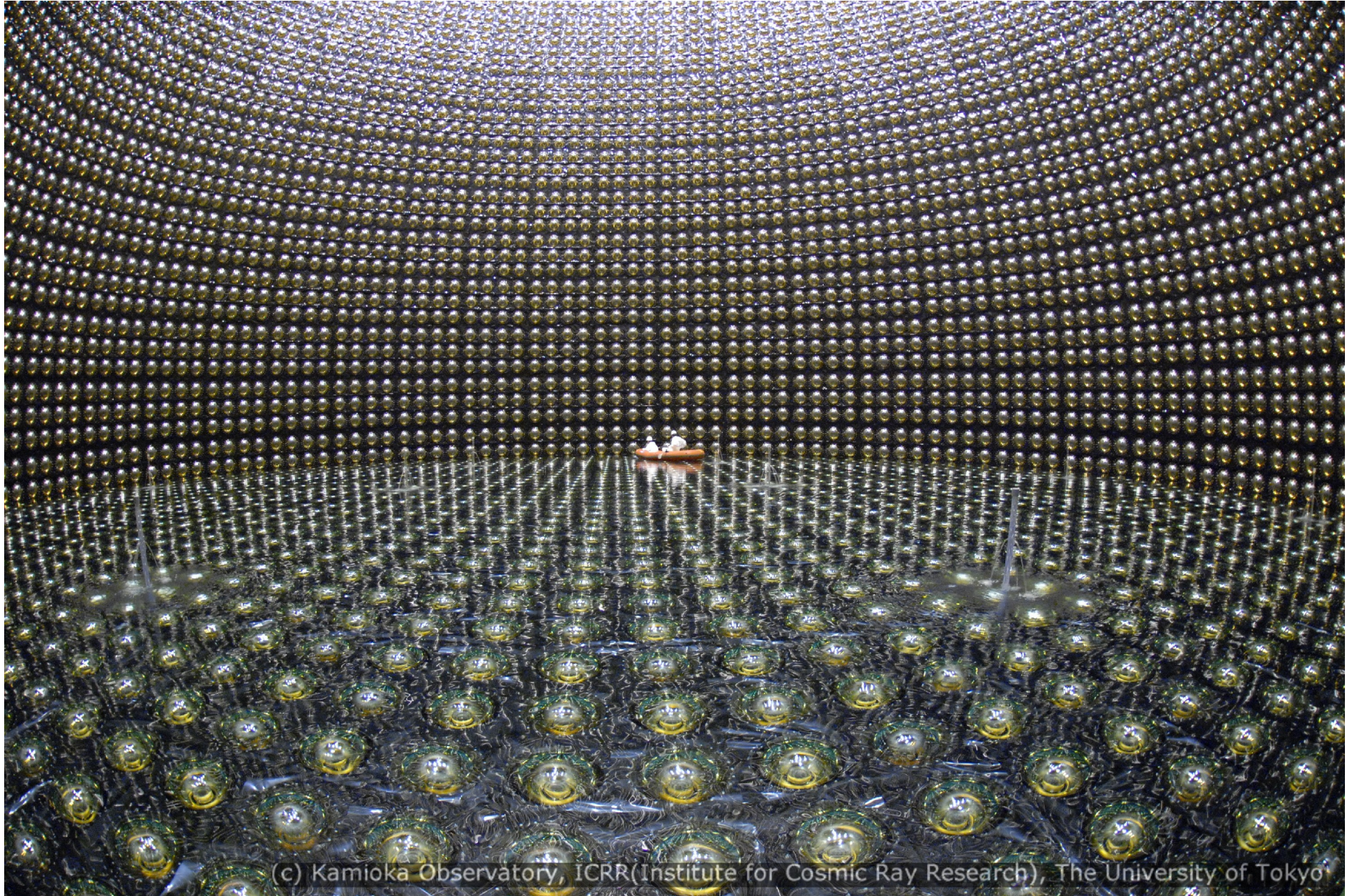


innere Detektor

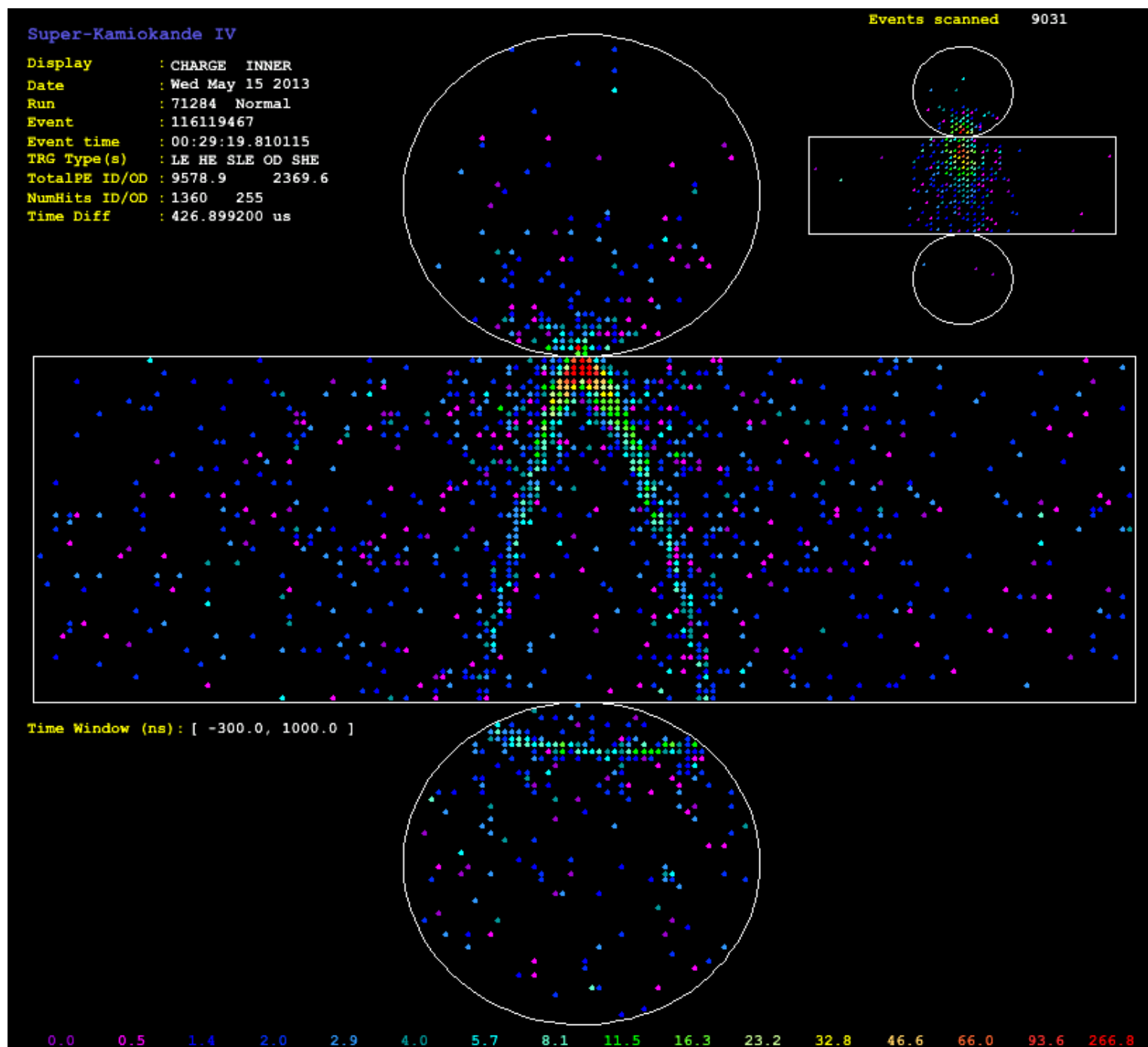


äußere Detektor

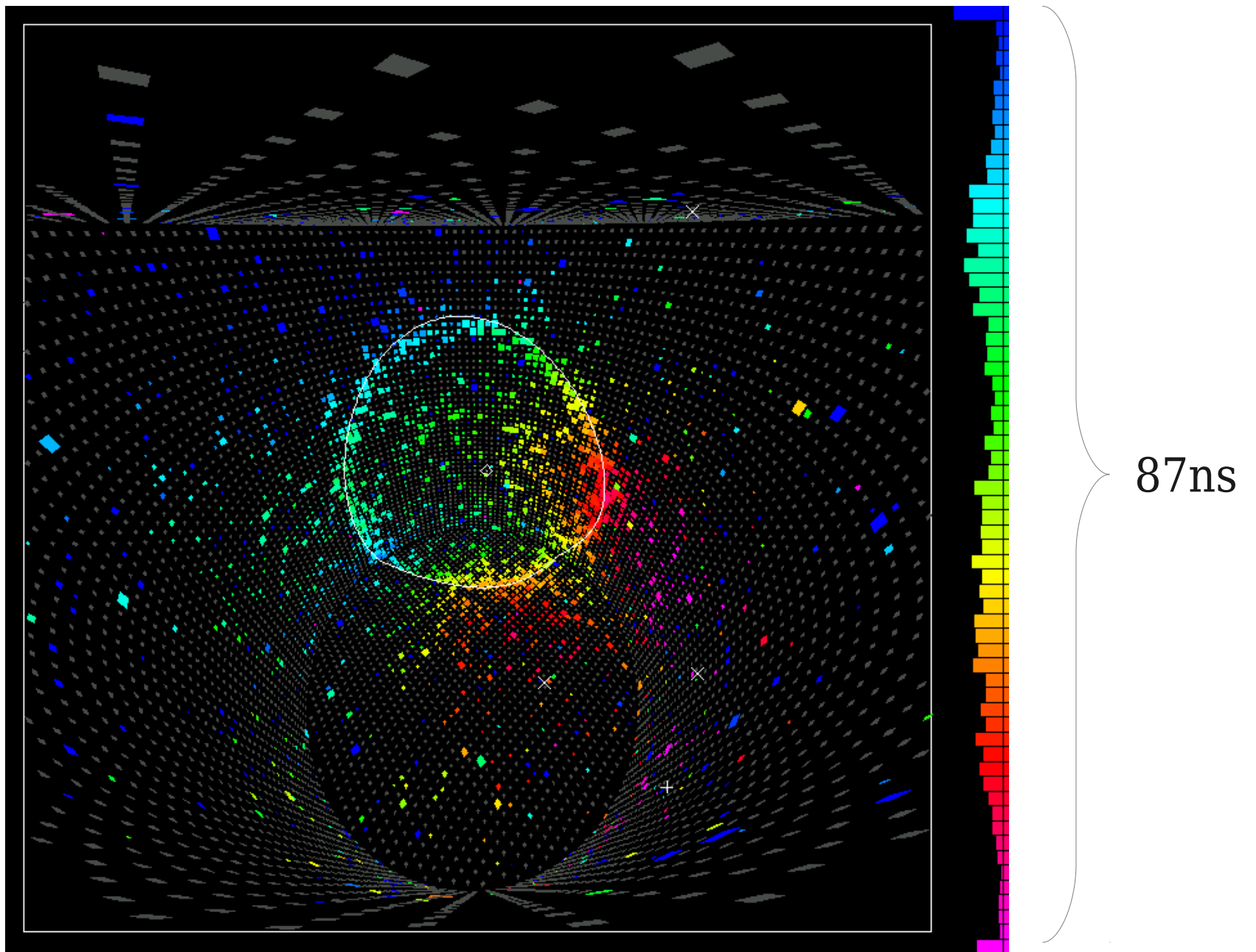




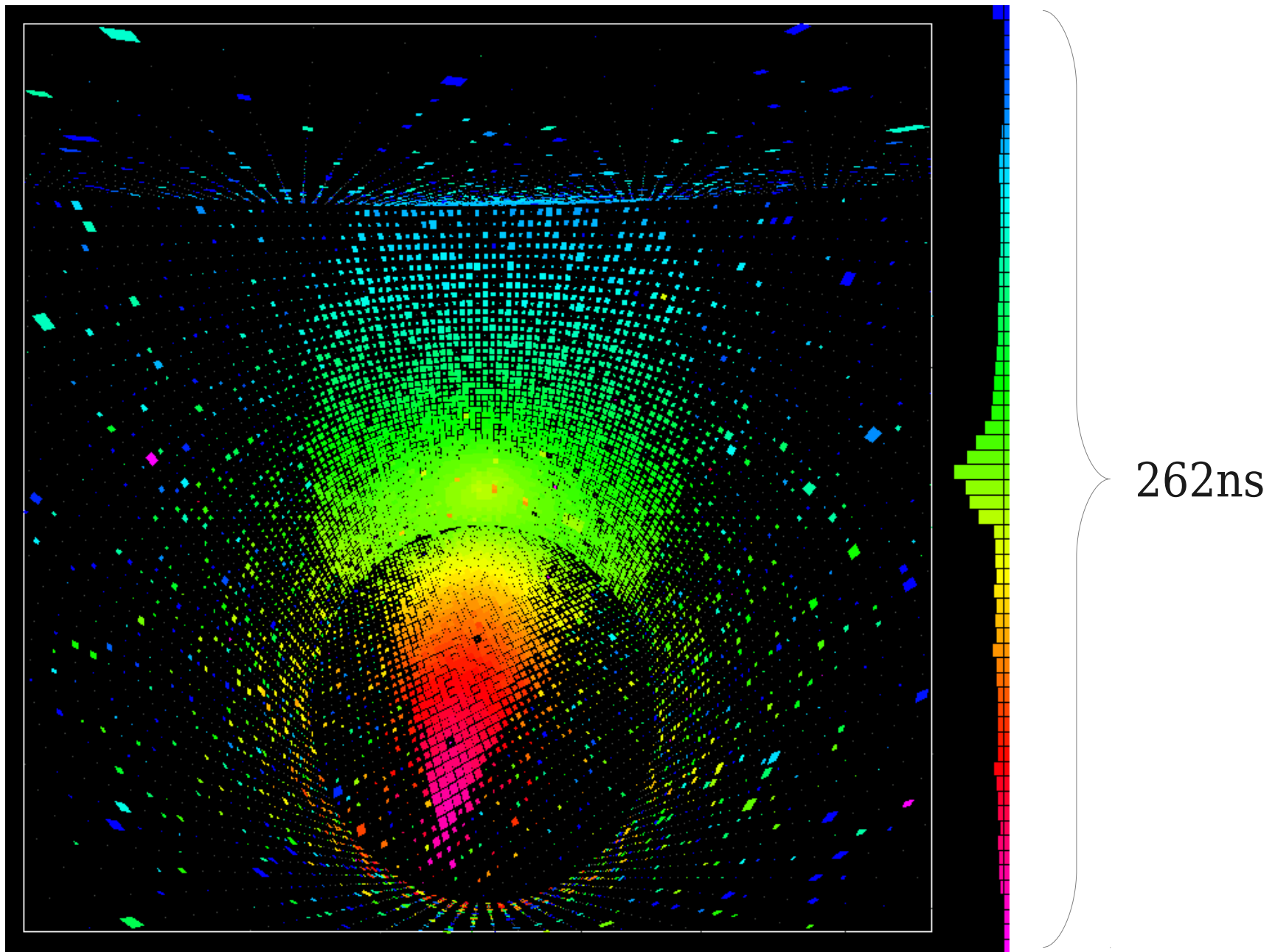
(c) Kamioka Observatory, ICRR(Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo



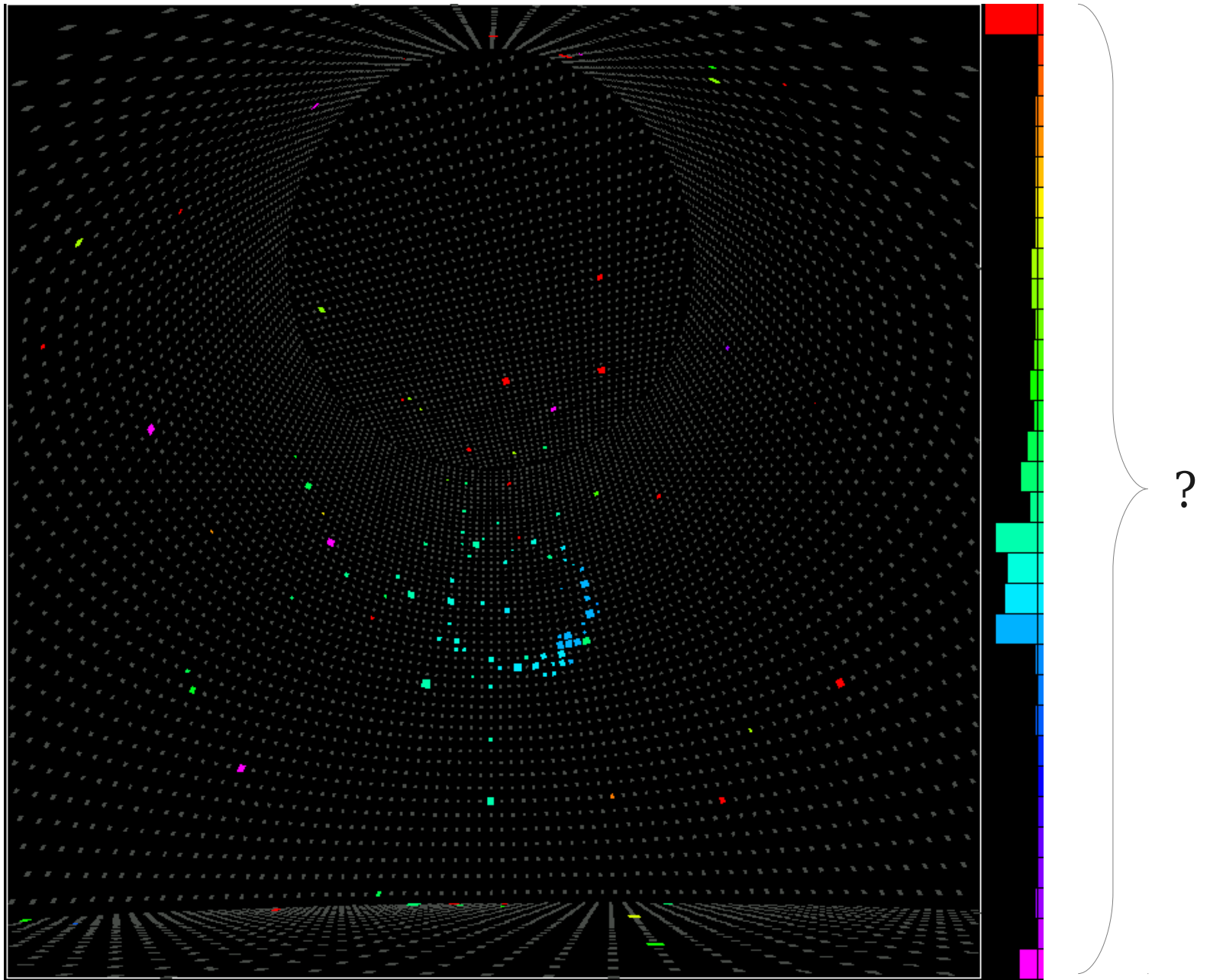
Superkamiokande-Ereignis, gestern nachmittags (MEZ)



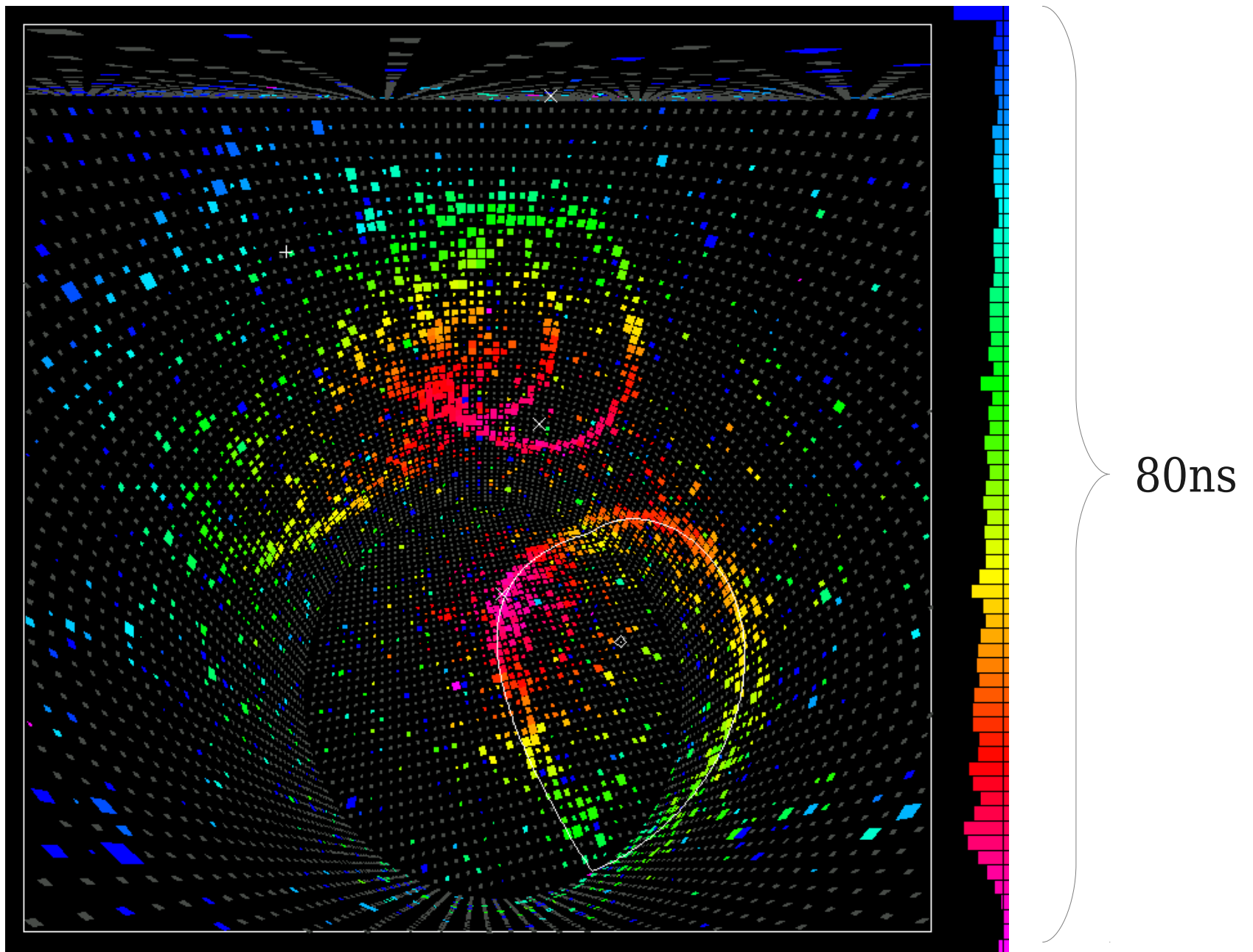
Elektron-Ereignis (600MeV, März 1999)



durchfliegendes Myon (Mai 1996)



Neutrino-Ereignis (12.5 MeV, März 1998)

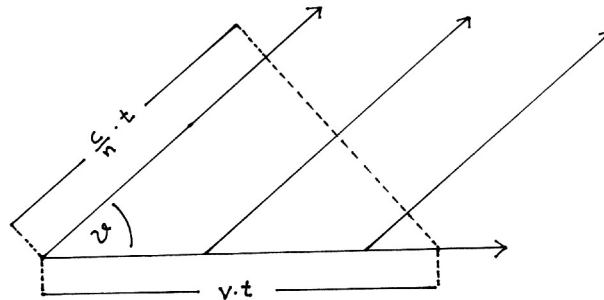


Mehrfach-Ereignis, Kandidat für Protonen-Zerfall (September 1997)

Zusammenfassung

- Der Cherenkov-Effekt tritt auf bei schnellen, geladene Teilchen in Materie
- entscheidend bei Entdeckung:
keine Fluoreszenz-Löschung
- Schlüssel zur Interpretation: Asymmetrie

$$v > \frac{c}{n}$$



- es gibt eine anschauliche Analogie zum Schallkegel beim Flug mit Über-Schallgeschwindigkeit
- Anwendung: Teilchendetektor (Super-Kamiokande)

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/realtime-monitor/>
(Super-Kamiokande Echtzeit-Bilder)

Quellen

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1958/cerenkov-lecture.pdf
(abgerufen am 12.5.2013 16:15)

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1958/frank-lecture.pdf
(abgerufen am 14.5.2013 21:00)

<http://cerncourier.com/cws/article/cern/29202>
(abgerufen am 14.5.2013 21:30)

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/detector/detail-e.html>
(abgerufen am 14.5.2013 21:05)

psec.uchicago.edu/links/pmt_handbook_complete.pdf
(abgerufen am 14.5.2013 21:10)

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/techniques/fluorescence/fluorescenceintro.html>
(abgerufen am 12.5.2013 15:55)

P. A. Tipler u. R. A. Llewellyn, Moderne Physik, 2. Auflage, Oldenbourg, München 2010

D. Meschede, Gerthsen Physik, 24. Auflage, Springer, Berlin u. Heidelberg 2010

Abbildungsnachweis

1. Folie: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1958/
(abgerufen am 15.5.2013 12:55)

9.-13., 19. u. 32. Folie: nach http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1958/cerenkov-lecture.pdf
(abgerufen am 12.5.2013 16:15)

21.-22. Folie: <http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/ykphd/chap3-3.html>
(abgerufen am 14.5.2013 21:10)

23. u. 25.-26. Folie: <http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/gallery/index-e.html>
(abgerufen am 14.5.2013 21:05)

28.-31. Folie: <http://www.ps.uci.edu/~tomba/sk/tscan/pictures.html>
(abgerufen am 14.5.2013 21:05)