

Diskriminierung von NC π^0 Ereignissen im Flüssigszintillatordetektor LENA

Sebastian Lorenz

**Universität Hamburg
Institut für Experimentalphysik**



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

**DPG-Vortrag
Göttingen, 2. März 2012**

Inhaltsübersicht

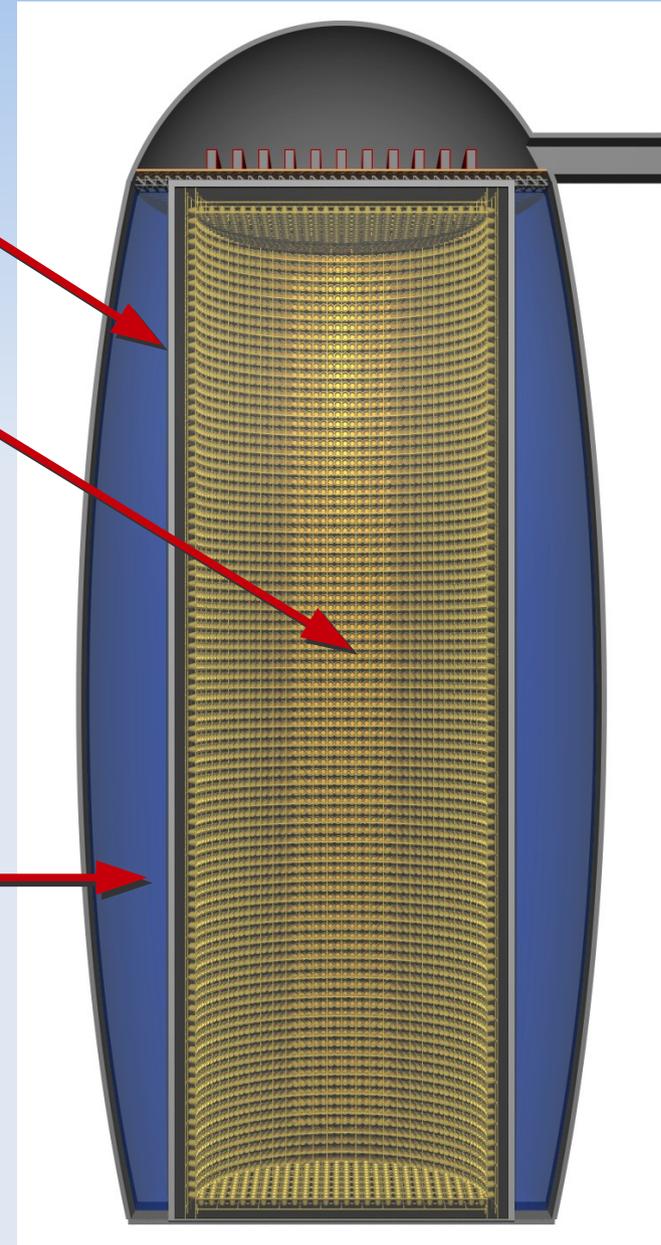
- LENA-Detektor
- π^0 -Untergrund für Suche nach $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ Oszillation
- Multivariate Analyse mit Boosted Decision Trees zur π^0 -Diskriminierung
- Erste Ergebnisse

LENA-Detektor

- **LENA: Low Energy Neutrino Astronomy**
- 50 kt Flüssigszintillatordetektor
- eine Detektor-Option in der europäischen Designstudie LAGUNA-LBNO
- Forschungsprogramm:
 - Niederenergie-Neutrinos
 - Protonzerfall
 - Long-Baseline Oszillationsexperiment (Neutrinostrahl)
- möglicher Standort: Pyhäsalmi-Mine (Finnland)
 - Abschirmung vor kosmischer Strahlung: 4000 mwe

LENA-Detektor

- zylindrischer Betontank
[$h_{\text{innen}} = 100 \text{ m}$, $r_{\text{innen}} = 16 \text{ m}$]
- aktive Targetmasse: 50 kt
- Licht-Detektion durch PMTs mit
Winston-Cones
[30% optische Abdeckung]
 - **29,6k 12" PMTs**
- äußeres Wasservolumen als
Myon-Veto und Abschirmung
gegen Strahlung



LBNO mit LENA

- Baseline CERN - Pyhäsalmi

Distanz: ~2300 km

1. Oszillationsmaximum: ~4,5 GeV

gut geeignet für Messungen bzgl. Θ_{13} , δ_{CP} und
Massenhierarchie durch $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$ Oszillation

- Sensitivität bzgl. der Mischungsparameter auch von
Detektor-Performance abhängig

LBNO mit LENA

- Baseline CERN - Pyhäsalmi
Distanz: ~2300 km
1. Oszillationsmaximum: ~4,5 GeV
gut geeignet für Messungen bzgl. Θ_{13} , δ_{CP} und
Massenhierarchie durch $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$ Oszillation
- Sensitivität bzgl. der Mischungsparameter auch von
Detektor-Performance abhängig

Flüssigszintillatordetektoren wurde Fähigkeit
abgesprochen geladene Teilchen auf Grundlage von
isotropem Szintillationslicht zu tracken / identifizieren

→ **sie wurden noch nie als dedizierte
Ferndetektoren in LBNO-Experimenten
verwendet**

Ereignisrekonstruktion in Flüssigszintillator

- Licht wird im Szintillator isotrop emittiert
- bei längeren Teilchentracks ist die Lichtemission ausgedehnt
- Ankunftszeiten der ersten Photonen bietet Möglichkeiten zur Ereignisrekonstruktion

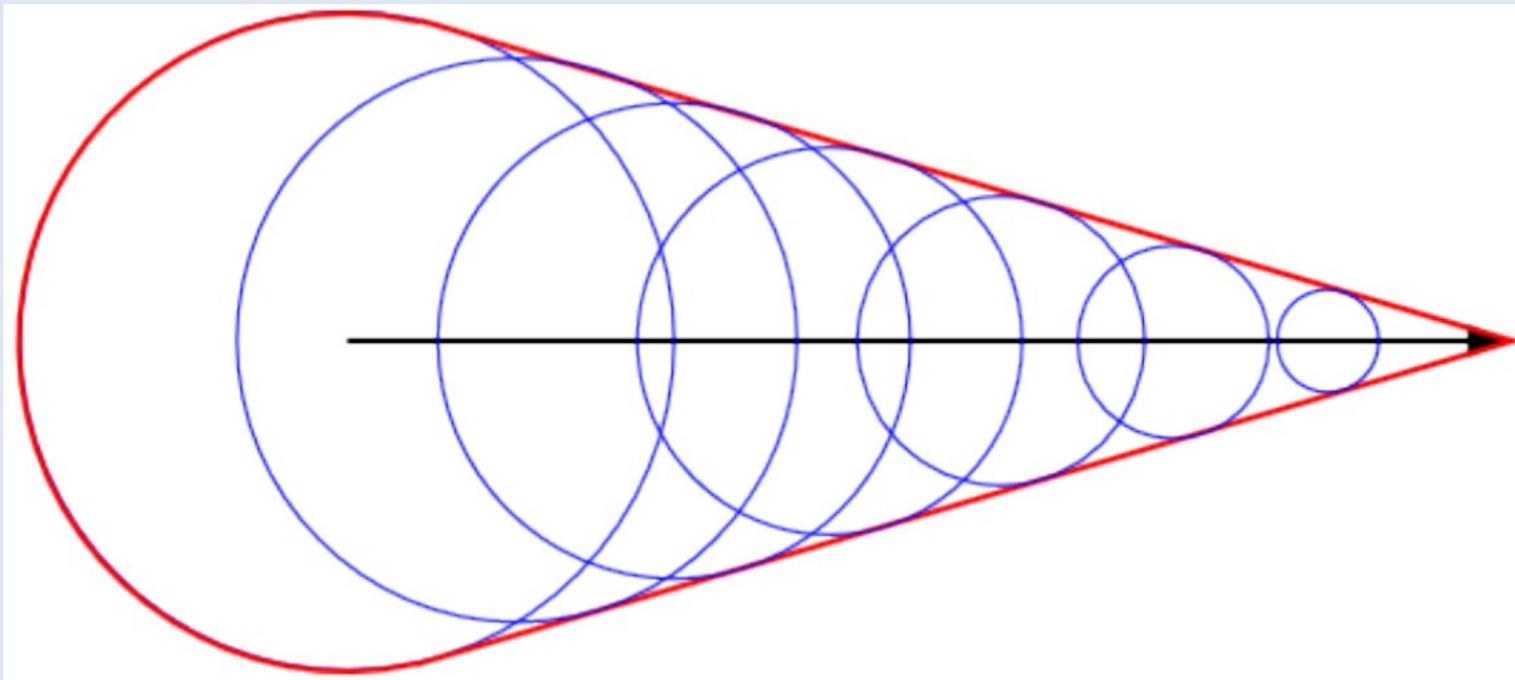


Abbildung von D. Hellgartner

π^0 -Untergrund

- π^0 S
 - entstehen u.a. durch NC Neutrino-Interaktionen mit einem Nukleon (resonant) oder einem ganzen Kern (kohärent)
 - zerfallen nach $\tau_\pi \approx 8 \cdot 10^{-17}$ s bevorzugt in $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ (98,8% BR)
- stark asymmetrische Energieverteilung oder kleine Zwischenwinkel bei den γ s durch relativistischen Boost möglich
- „EM-Schauer“ von e^- und γ schwer zu unterscheiden!

π^0 -Untergrund

- π^0 S

- ent... mit
 - e... n
 - z... (I
 - z... n
 - π
- Wenn die beiden γ s nicht einzeln identifiziert werden, ist das Ereignis nicht von einem CC-QEL ν_e -Ereignis zu unterscheiden!**

- star
- Zwis
- mög



Untergrund für Suche nach $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ Oszillation

- „EM-S

ost

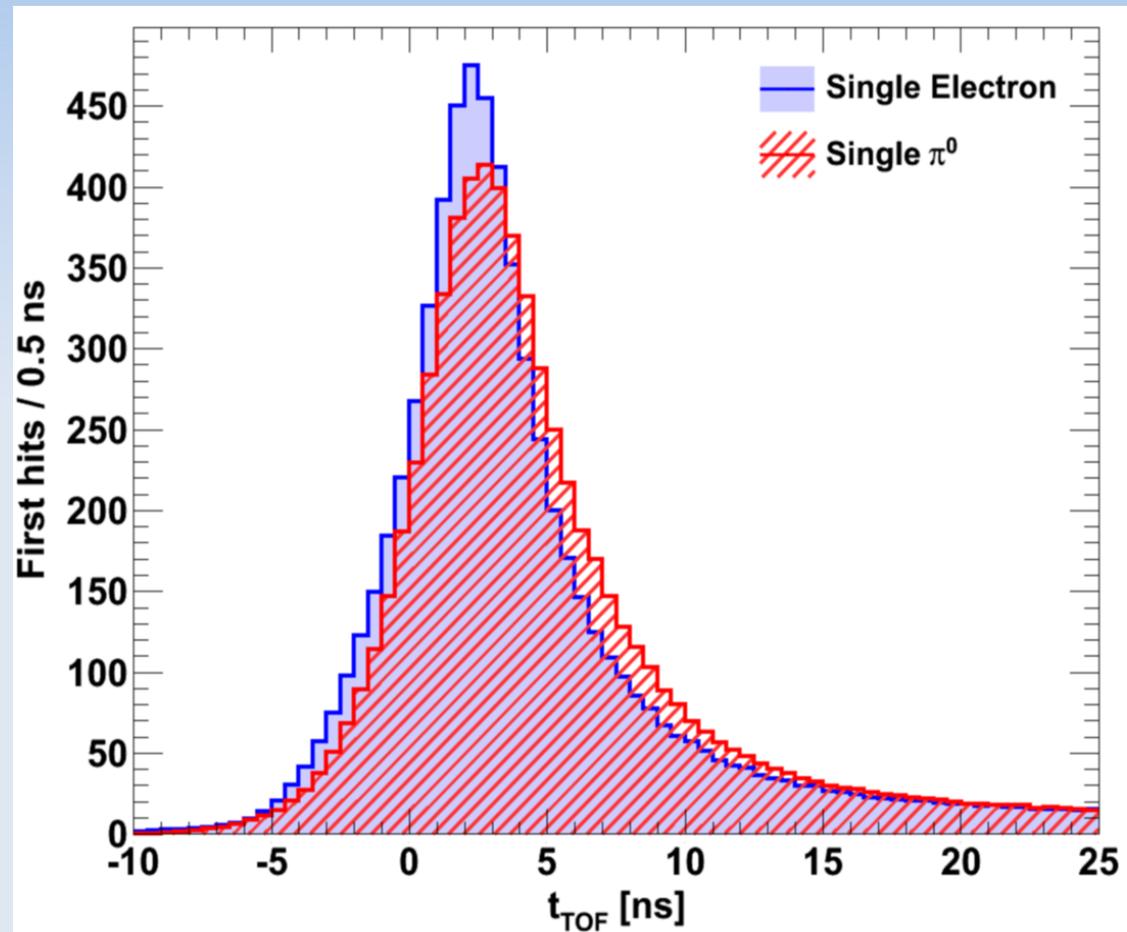
π^0 -Diskriminierung

- Multivariate Analyse (MVA) mit **Boosted Decision Trees** (BDTs) zur Klassifizierung der Ereignisse als e^- (Signal) oder π^0 (Untergrund)
 - 1) Konstruktion von Ereignis-Variablen auf Grundlage der Verteilung der Ladung über die PMTs / TOF-korrigierten Ankunftszeiten der ersten Photonen

π^0 -Diskriminierung

- Multivariate Analyse (MVA) mit **Boosted Decision Trees** (BDTs) zur Klassifizierung der Ereignisse als e^- (Signal) oder π^0 (Untergrund)
 - 1) Konstruktion von Ereignis-Variablen auf Grundlage der Verteilung der Ladung über die PMTs / TOF-korrigierten Ankunftszeiten der ersten Photonen
 - 2) Training & Test eines Klassifikators mit MC-Daten
 - GEANT4 Detektorsimulation
 - $\sim 210\text{k } e^-$ & $\sim 210\text{k } \pi^0$ im Zentrum des Detektors mit horizontalem Impuls direkt simuliert
 - flaches Spektrum der deponierten Energie
 $E_{\text{dep}} \in [135 \text{ MeV}, 1000 \text{ MeV}]$

Ereignis-Variablen für MVA



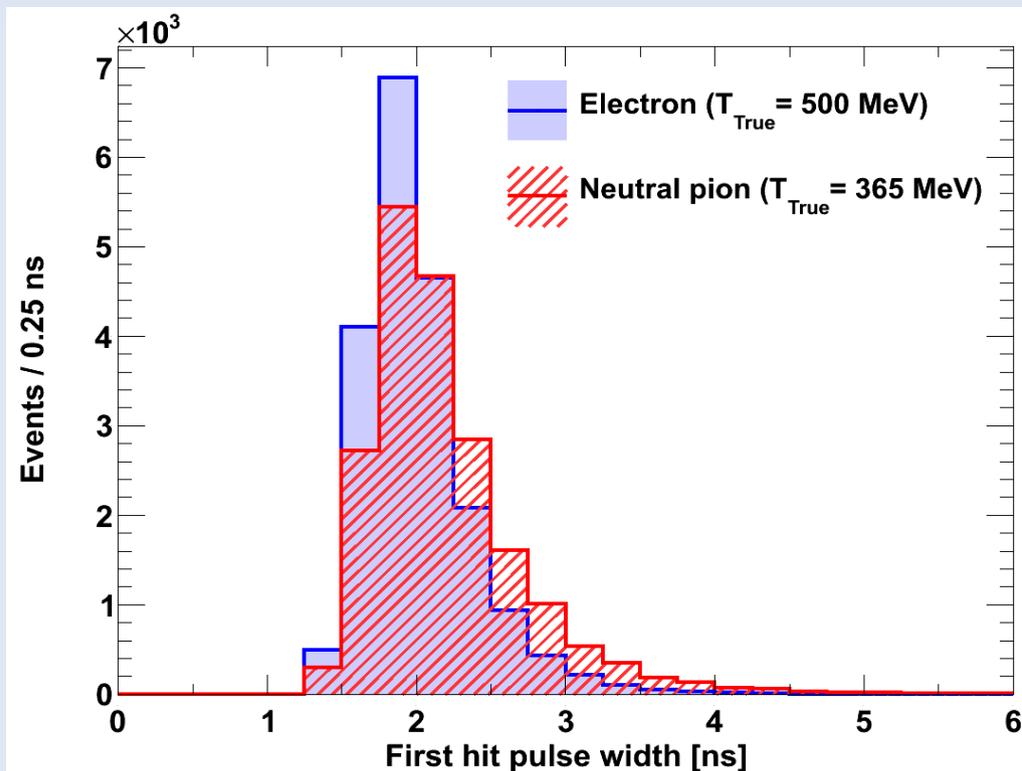
- Insgesamt 9 Ereignis-Variablen, u.a.
 - rekonstruierte Energie
 - 5 Variablen aus TOF-korrigierter Pulsform der ersten Photonen an den PMTs

Mittlere TOF-korrigierte Pulsformen von 100 π^0 & e^- Ereignissen mit 500 MeV deponierter Energie

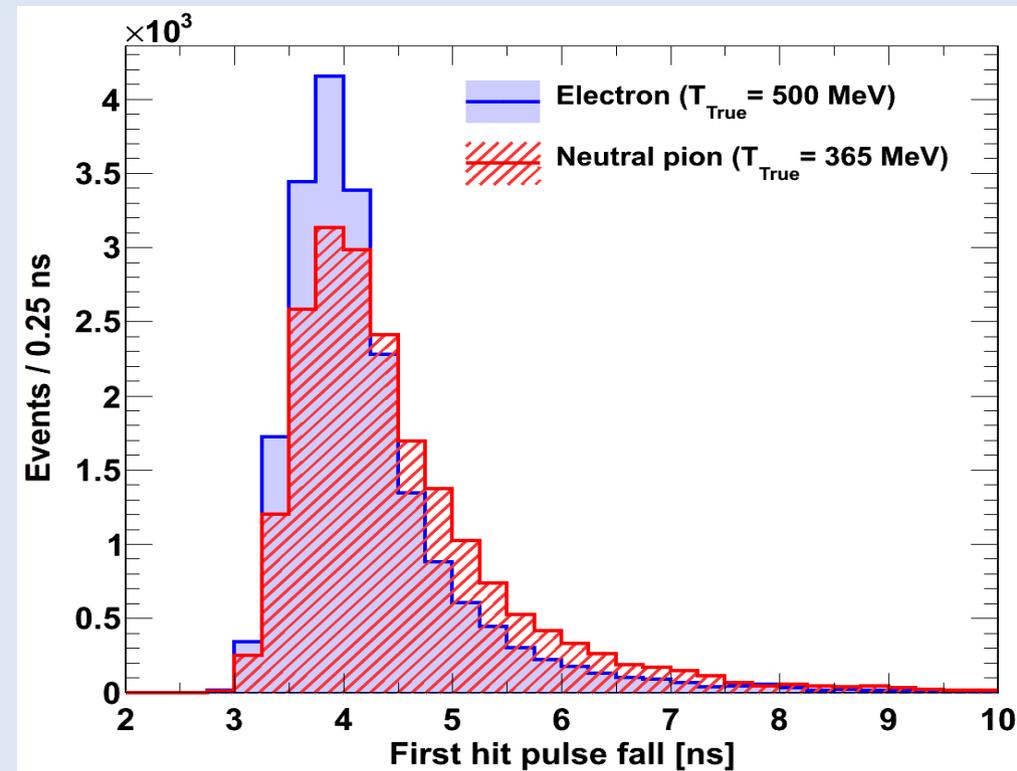
Ereignis-Variablen für MVA

- Verteilung der Pulsbreite und der Pulsabfallszeit für 20k e^- & und 20k π^0 mit 500 MeV deponierter Energie

Pulsbreite @ 80% Level



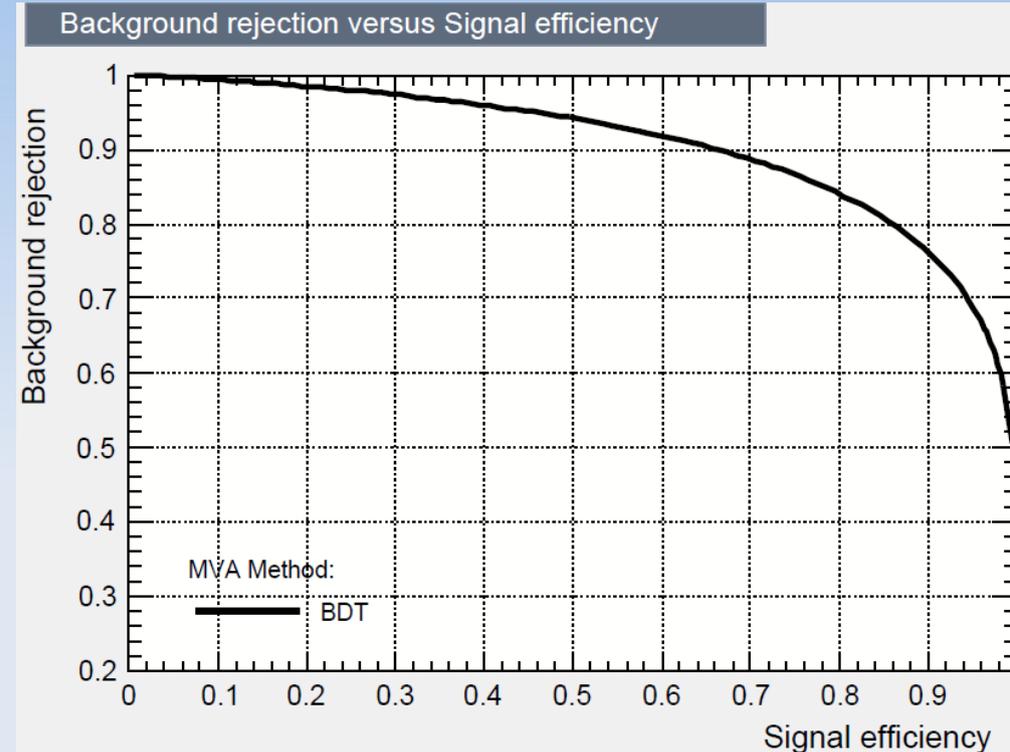
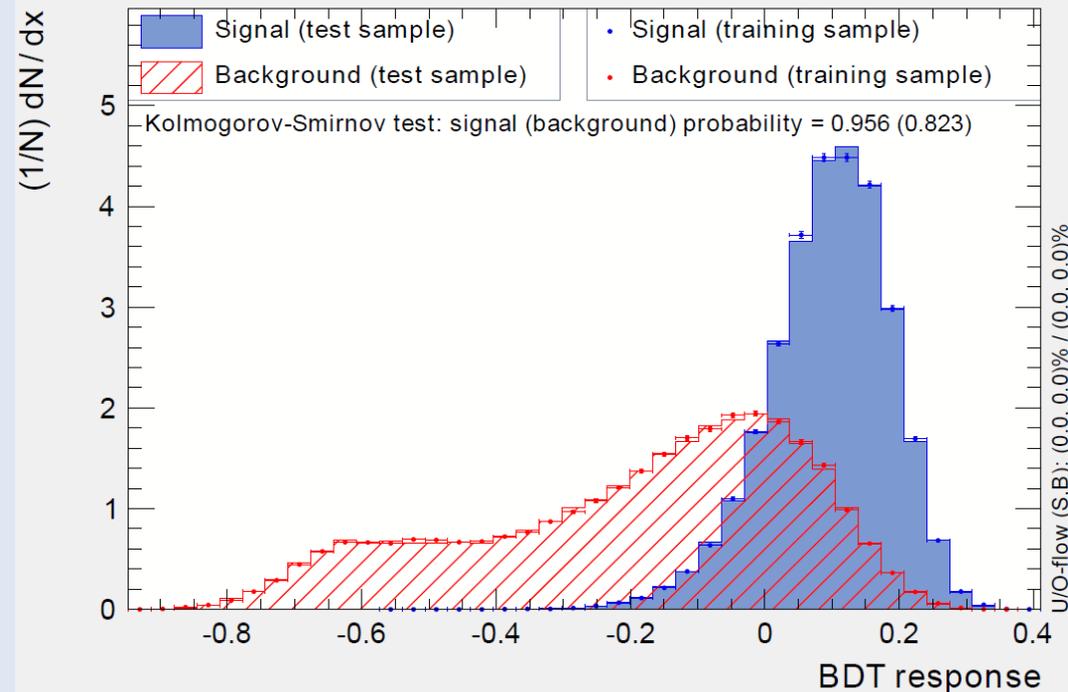
Pulsabfallszeit 90% \rightarrow 20% Level



MVA mit Boosted Decision Trees

- Klassifikatoren mit 25, 100 oder 400 BDTs der max. Tiefe 2 oder 3
- 50% der MC-Ereignisse jeweils zum Training und Testen der Klassifikatoren zufällig ausgewählt

TMVA overtraining check for classifier: BDT



Plots mit Hilfe vom TMVA-Toolkit erstellt
[physics/0703039]

Generelle Gefahr:
„Übertraining“!

MVA mit Boosted Decision Trees

	Signal-Effizienz					
	30% Untergrund		10% Untergrund		1% Untergrund	
	(Test)	(Training)	(Test)	(Training)	(Test)	(Training)
Trees: 25 Tiefe : 2	85,5% +/- 1,1%	85,6% +/- 1,0%	49,6% +/- 1,2%	50,0% +/- 1,3%	8,8% +/- 1,0%	8,8% +/- 1,0%
Trees: 25 Tiefe : 3	87,9% +/- 0,9%	87,8% +/- 0,8%	53,5% +/- 1,3%	53,7% +/- 1,5%	10,2% +/- 0,9%	10,2% +/- 0,9%
Trees: 400 Tiefe : 2	91,9% +/- 0,5%	92,0% +/- 0,5%	59,3% +/- 1,0%	59,6% +/- 1,1%	11,3% +/- 0,5%	11,6% +/- 0,7%
Trees: 400 Tiefe : 3	94,1% +/- 0,2%	94,3% +/- 0,3%	65,3% +/- 0,4%	65,8% +/- 0,6%	14,2% +/- 0,6%	15,2% +/- 0,3%

- Erstes Ergebnis (400 Trees der Tiefe 2):

(91,9 +/- 0,5)% Sig.-Eff. @ 30% Untergrund

(59,3 +/- 1,0)% Sig.-Eff. @ 10% Untergrund

(11,3 +/- 0,5)% Sig.-Eff. @ 1% Untergrund

Zusammenfassung & Ausblick

- LENA: 50 kt Flüssigszintillatordetektor
- LBNO-Experiment zur Suche nach $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ Oszillation
 - Unterscheidung von π^0 und e^- notwendig
- π^0 -Diskriminierung: erste Ergebnisse aus multivariater Analyse mit Boosted Decision Trees für vereinfachte MC-Ereignisse bis 1 GeV
- Zukunft: realistischere Analyse-Bedingungen (Neutrino-Vertex, höhere Energien, ...) & Optimierung der Boosted Decision Trees

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**

Backup Folien

TOF-Korrektur

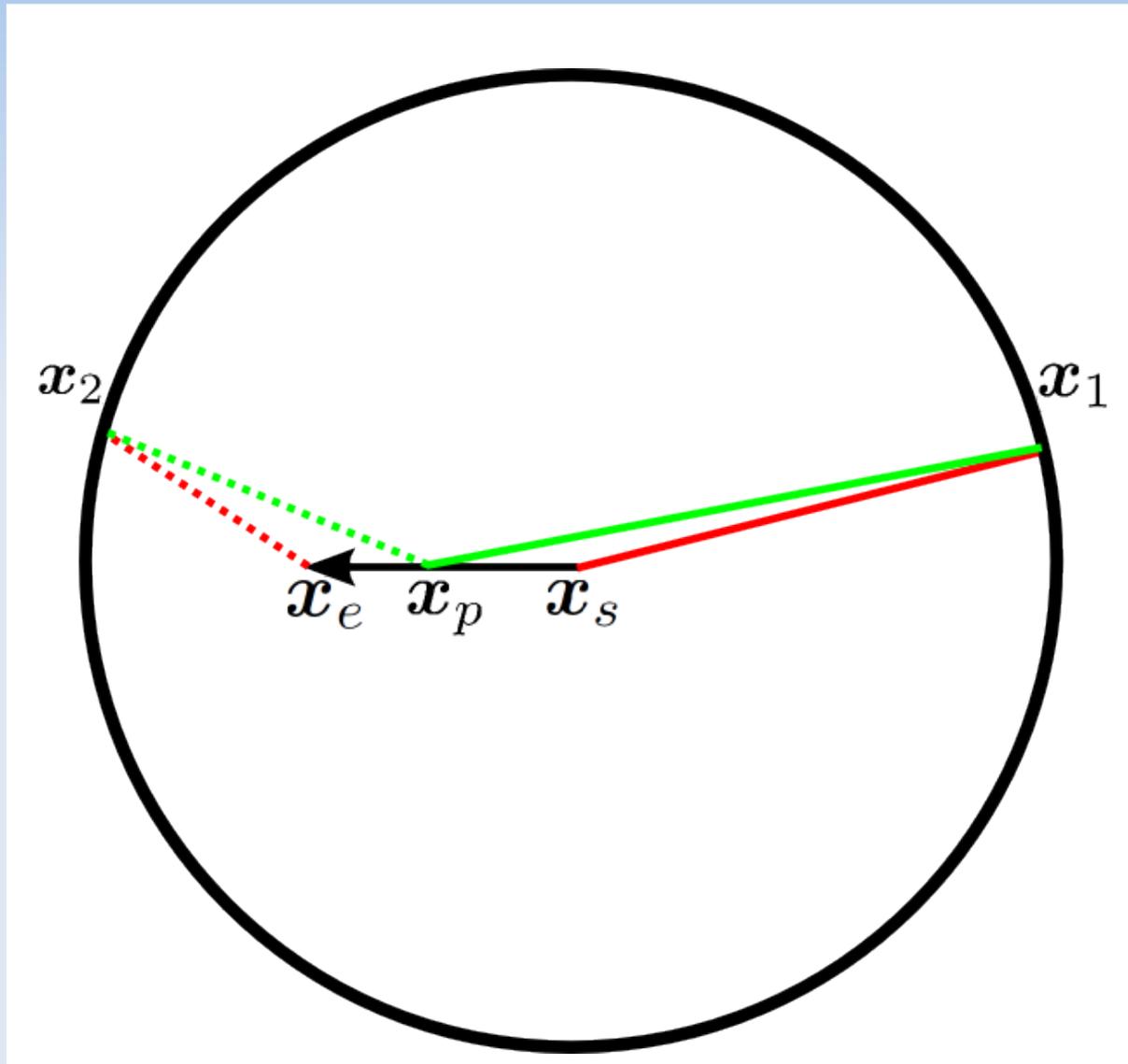


Abbildung von D. Hellgartner

Boosted Decision Trees

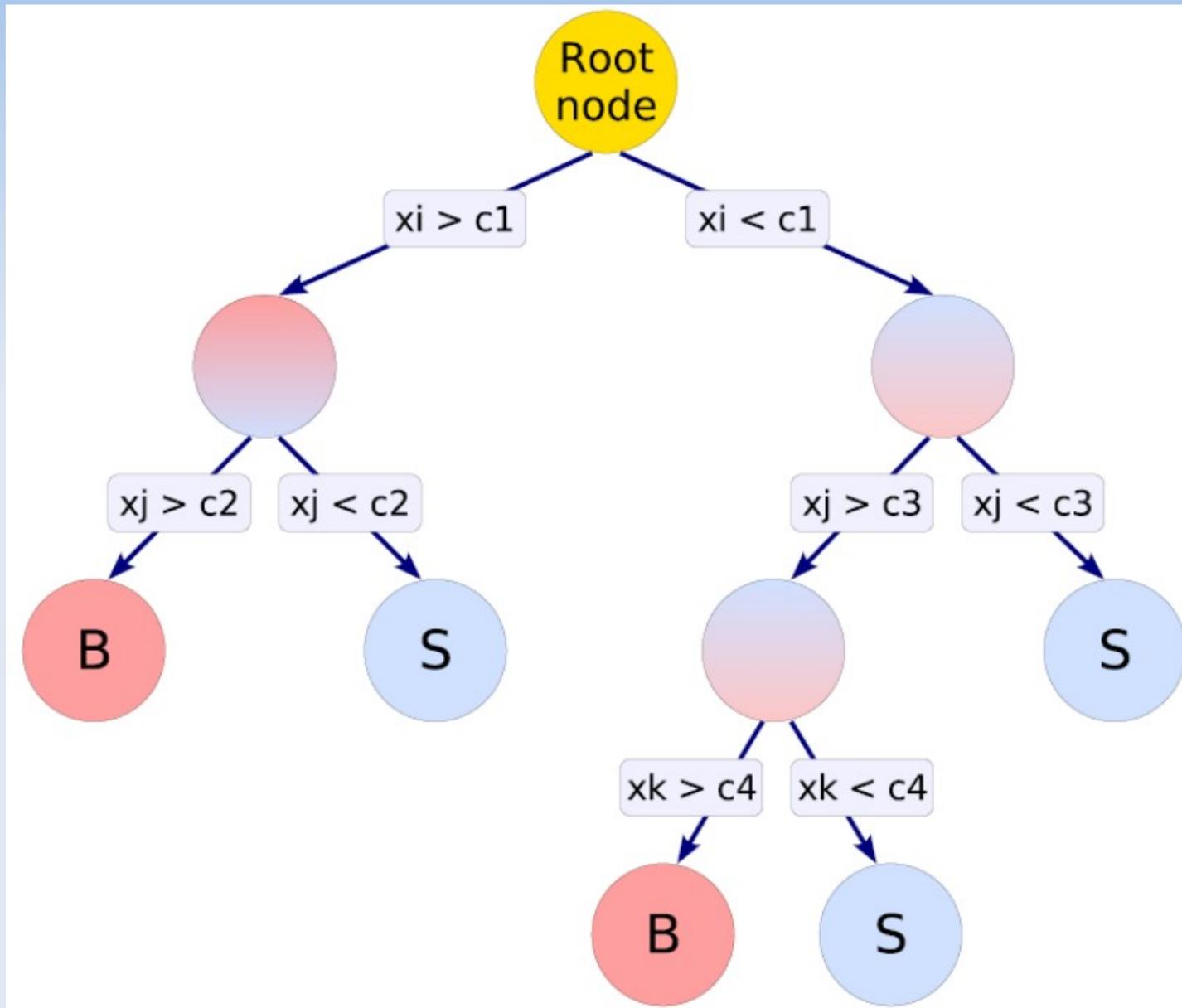


Abbildung aus [physics/0703039]