

Online Datenreduktion für den Pixel Detektor am Belle II Experiment

Claudio Heller

Andreas Moll

Max-Planck-Institut für Physik, München



Inhalt

Belle 2 Experiment

Pixel-Vertex-Detektor

Datenreduktion

Ergebnisse

Das Belle II Experiment

Upgrade des Belle Experiments am KEK in Tsukuba, Japan (ab 2013)

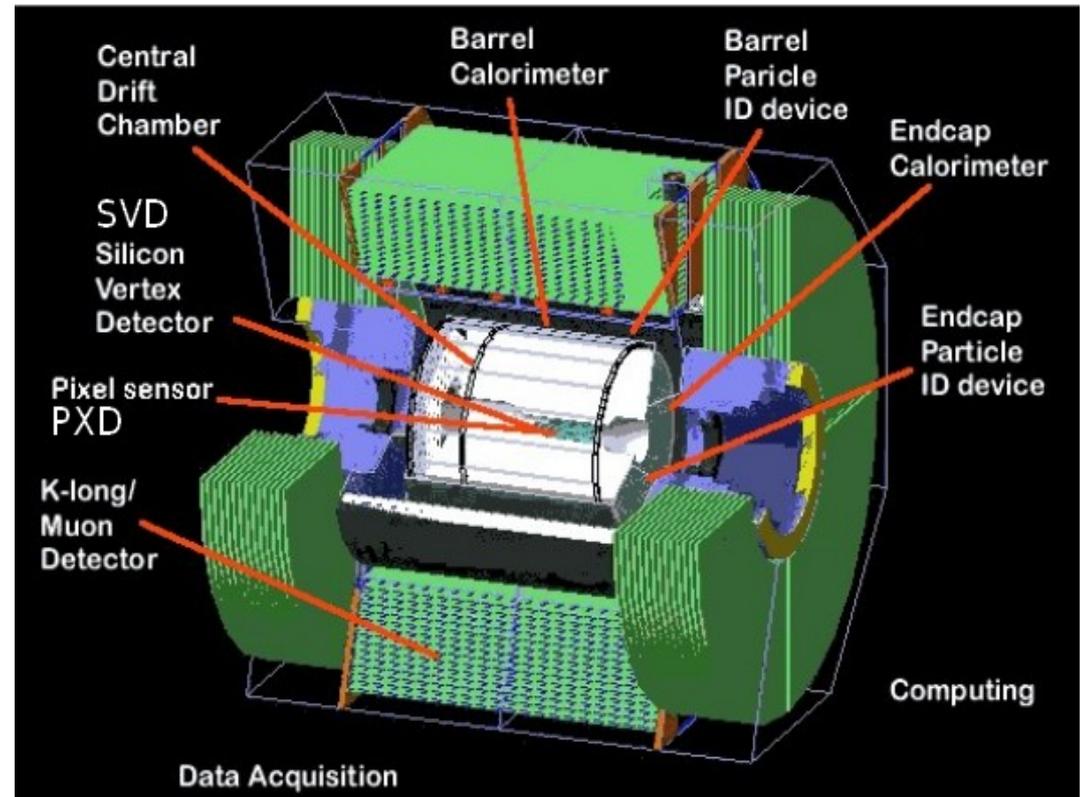
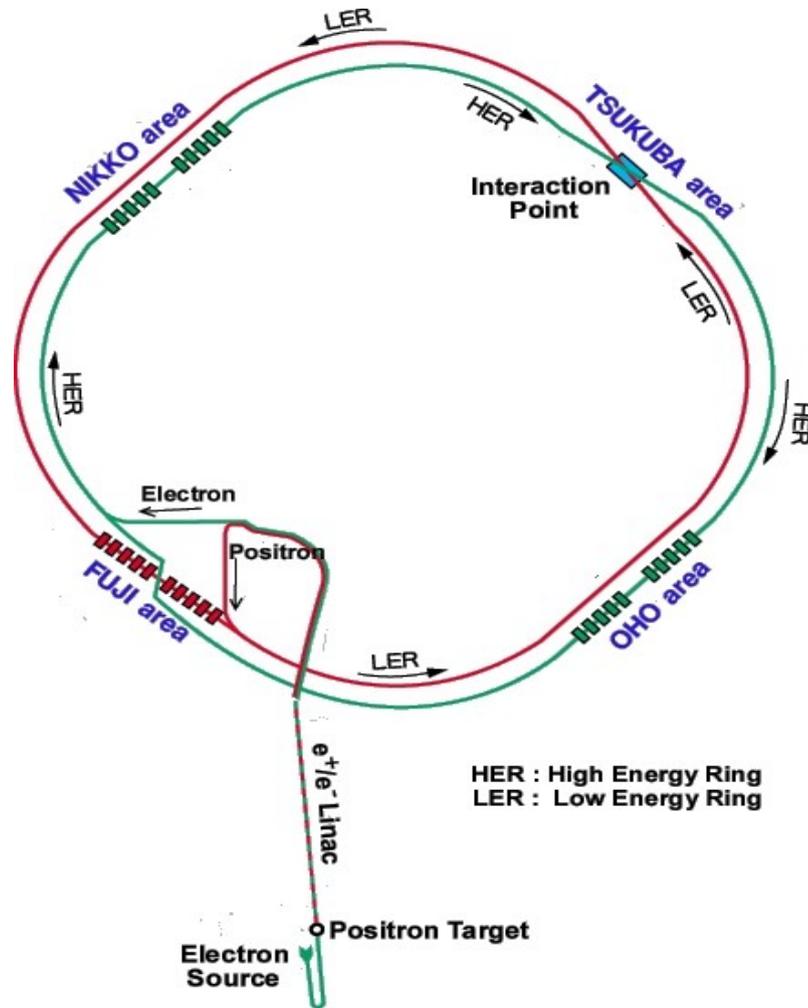
SuperKEKB: asymmetrischer Elektron-Positron-Collider (7 GeV e^- & 4 GeV e^+)

Nano Beam: vertikaler Strahldurchmesser 60 nm

Schwerpunktsenergie 10.58 GeV $\Upsilon(4S)$ Resonanz

Design Luminosität $8 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Der Belle II Detektor

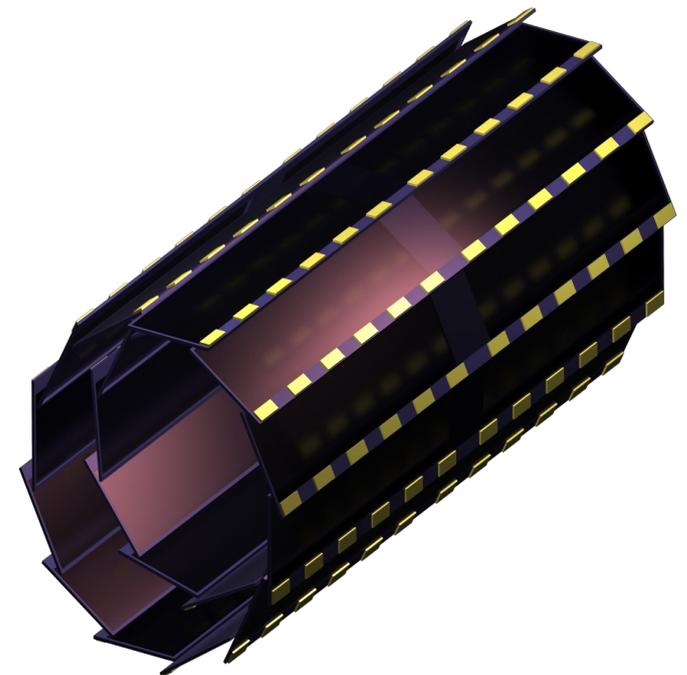
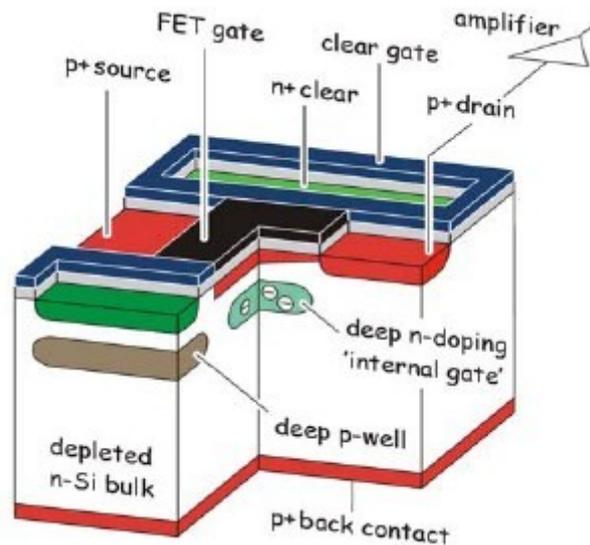


Pixel Vertex Detektor (PXD)

2 Lagen Silizium (Radien 14 mm, 22 mm)

20 Module mit jeweils 400 000 Depfet-Pixeln

Depfet: Depleted P- Channel Field Effect Transistor



Warum Datenreduktion?

Hoher Untergrund

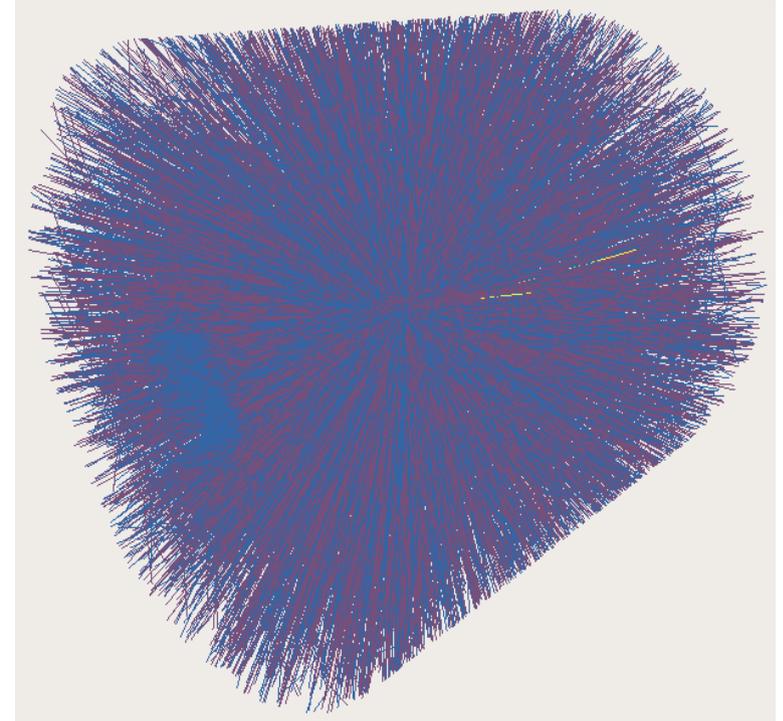
Beamgas, QED (Bhabha, 2-Photon)

Integrationszeit $20 \mu\text{s}$

Erwartete Datenrate 1 MB / Event

-> 25 GB / s

PXD Datenmenge 10 mal so groß wie
die der anderen Detektoren zusammen



Online Datenreduktion

Ziel: Reduktion der Datenmenge um 90 % ohne dabei
physikalisch relevante Daten zu verlieren

Online Datenreduktion

Verwendung von SVD Daten

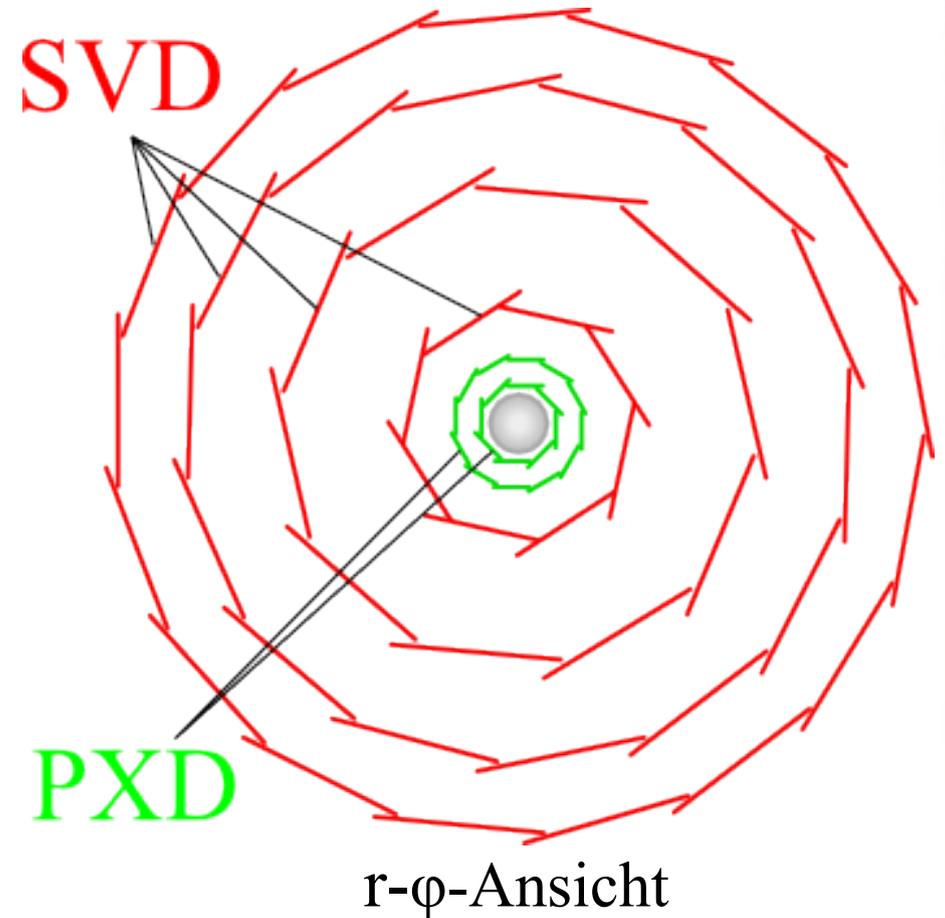
geringe Okkupanz ($< 1\%$)

schnelle Auslesezeit (20 ns)

Silizium-Streifen-Detektor

4 Lagen

Radien = 38, 80, 115, 140 mm

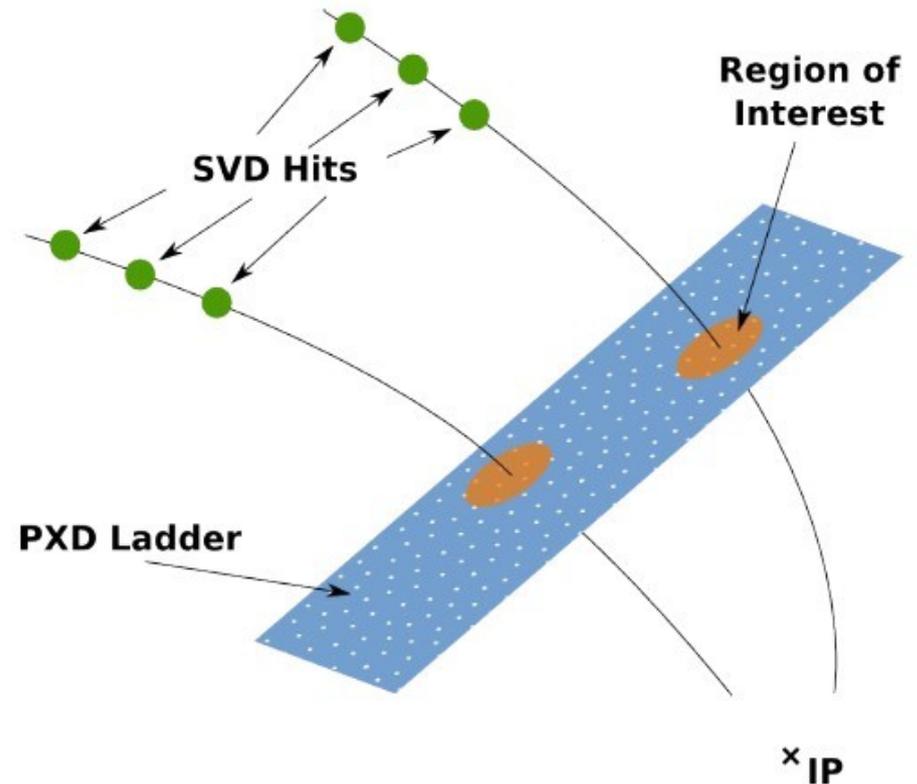


Idee für die Datenreduktion

Finden der Teilchenspuren aus den SVD Hits (Tracking)

Zurückverfolgen der Spuren in Richtung Kollisionspunkt durch den PXD

Bestimmen von Regionen auf dem PXD die behalten werden sollen



2D Projektion

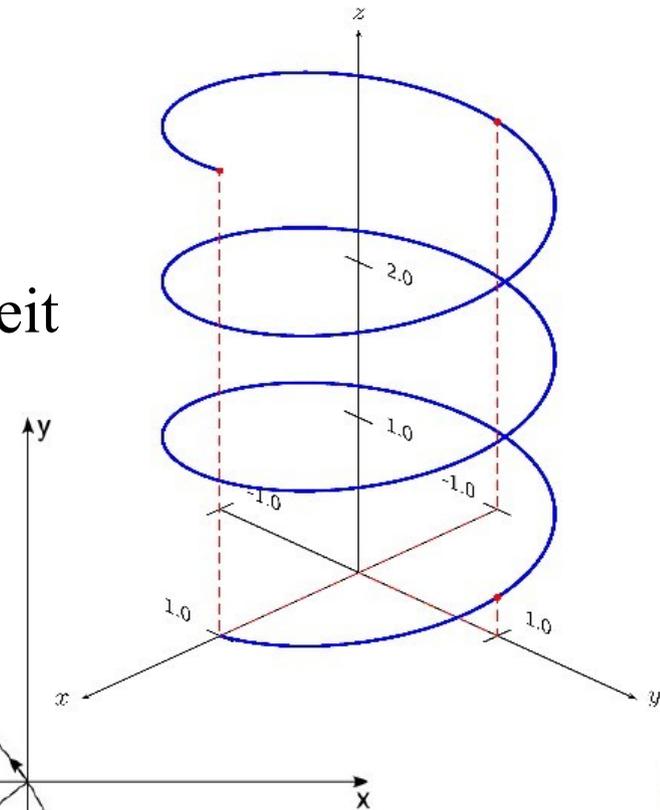
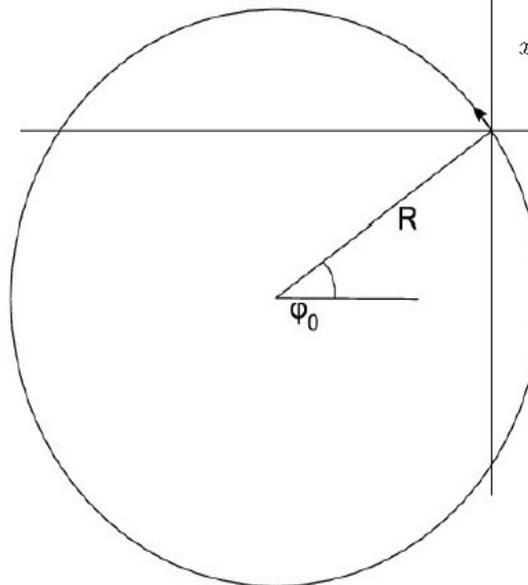
Online Datenreduktion mit hoher Geschwindigkeit

2D - Tracking in r-z-Projektion

$$x = R(\cos(\omega t + \varphi_0) - \cos(\varphi_0))$$

$$y = R(\sin(\omega t + \varphi_0) - \sin(\varphi_0))$$

$$z = vt$$



2D Projektion

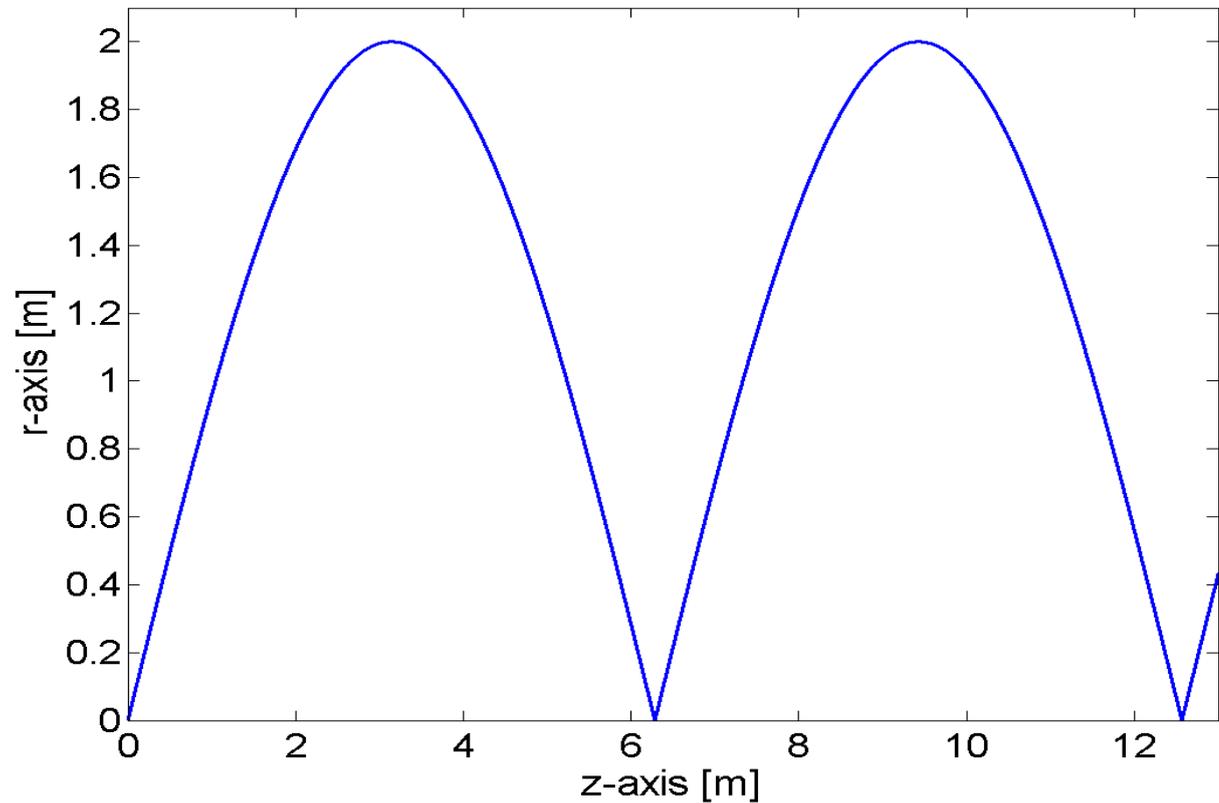
r-z-Projektion einer Helix: $r = \left| \frac{1}{b} \sin(az) \right|$

$$a = \frac{qB}{2p_L}$$

$$b = \frac{qB}{2p_T} = \frac{1}{2R}$$

Magnetfeld $B=1.5\text{T}$

Teilchenladung q



Finden der Spuren: Hough Transformation

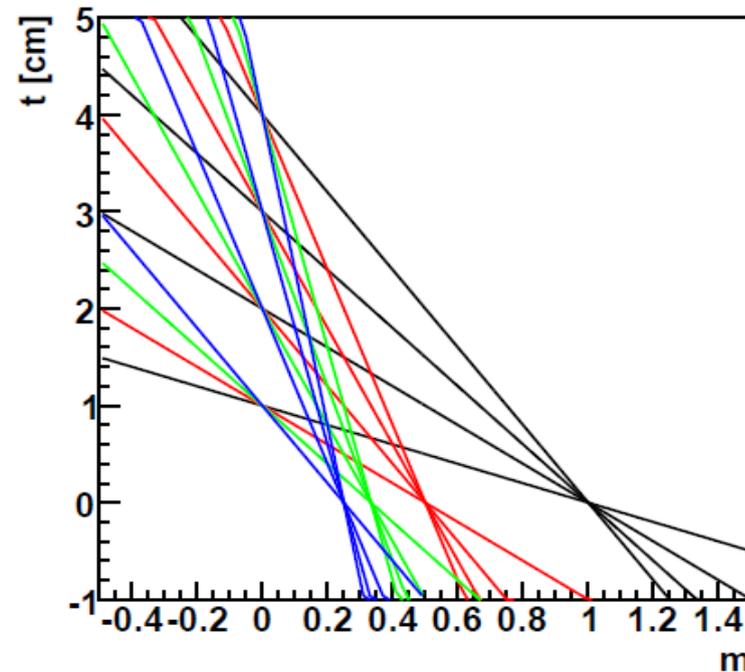
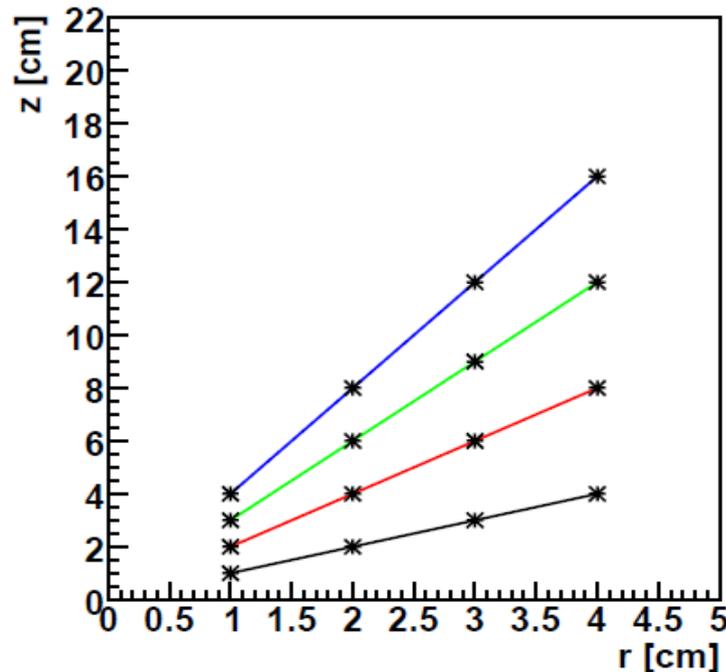
Transformation in einen 2D Parameterraum (Houghraum)

Beispiel: Gerade $z = mr + t$ \longrightarrow $t = z - mr$

SVD Hits werden Hough transformiert

Schnittpunkte im Houghraum entsprechen den Parametern der Tracks

Houghraum



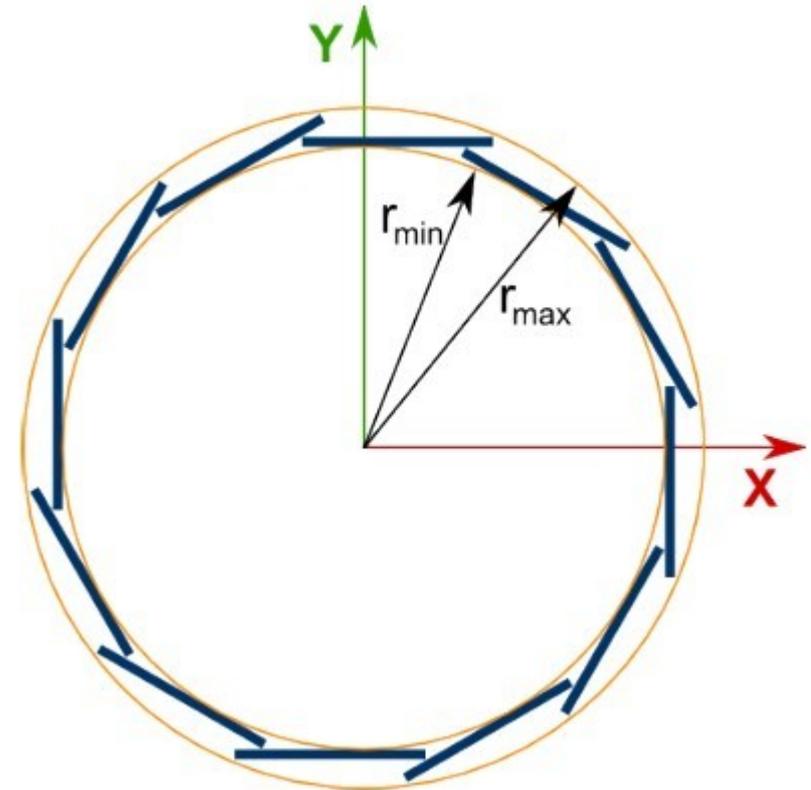
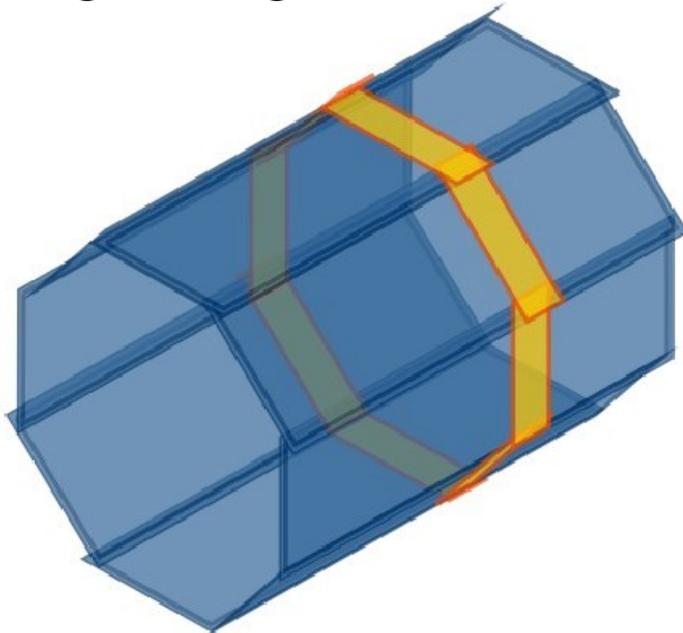
Rücktransformation

$$z = mr + t$$

Bereich für r $[r_{\min}, r_{\max}]$

Berechne z_{\min}, z_{\max}

Ringförmige Bereiche auf dem PXD



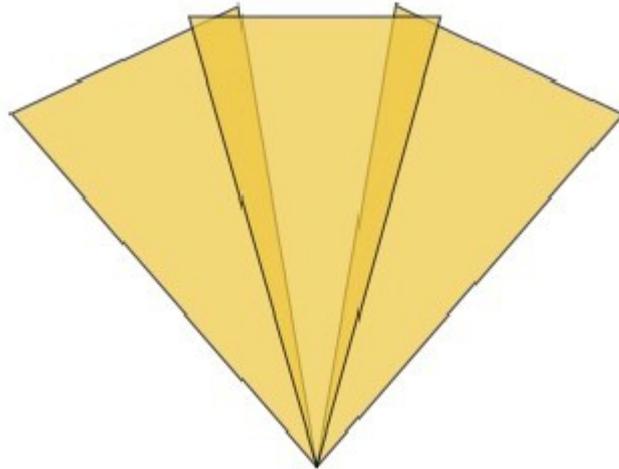
Flächen sind zu groß



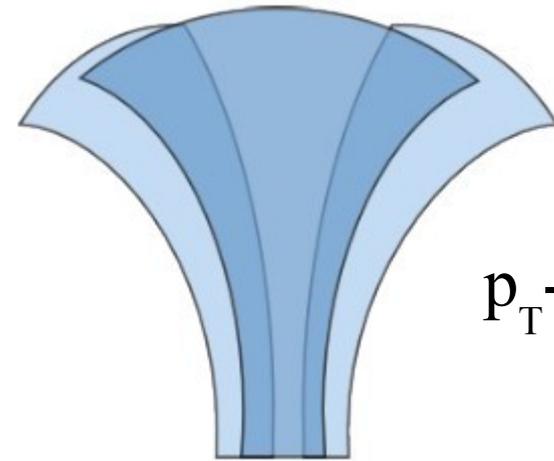
Unterteilung in Sektoren

Sektoren in $r-\varphi$

Verschieden Sektoren für unterschiedliche Transversalimpulse der Teilchen



Hohe Transversalimpulse
 $p_T > 150 \text{ MeV}$
Suche nach Geraden

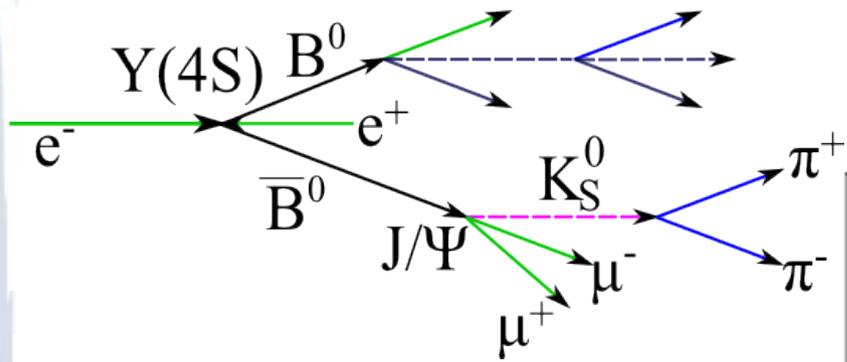


p_T -Cut

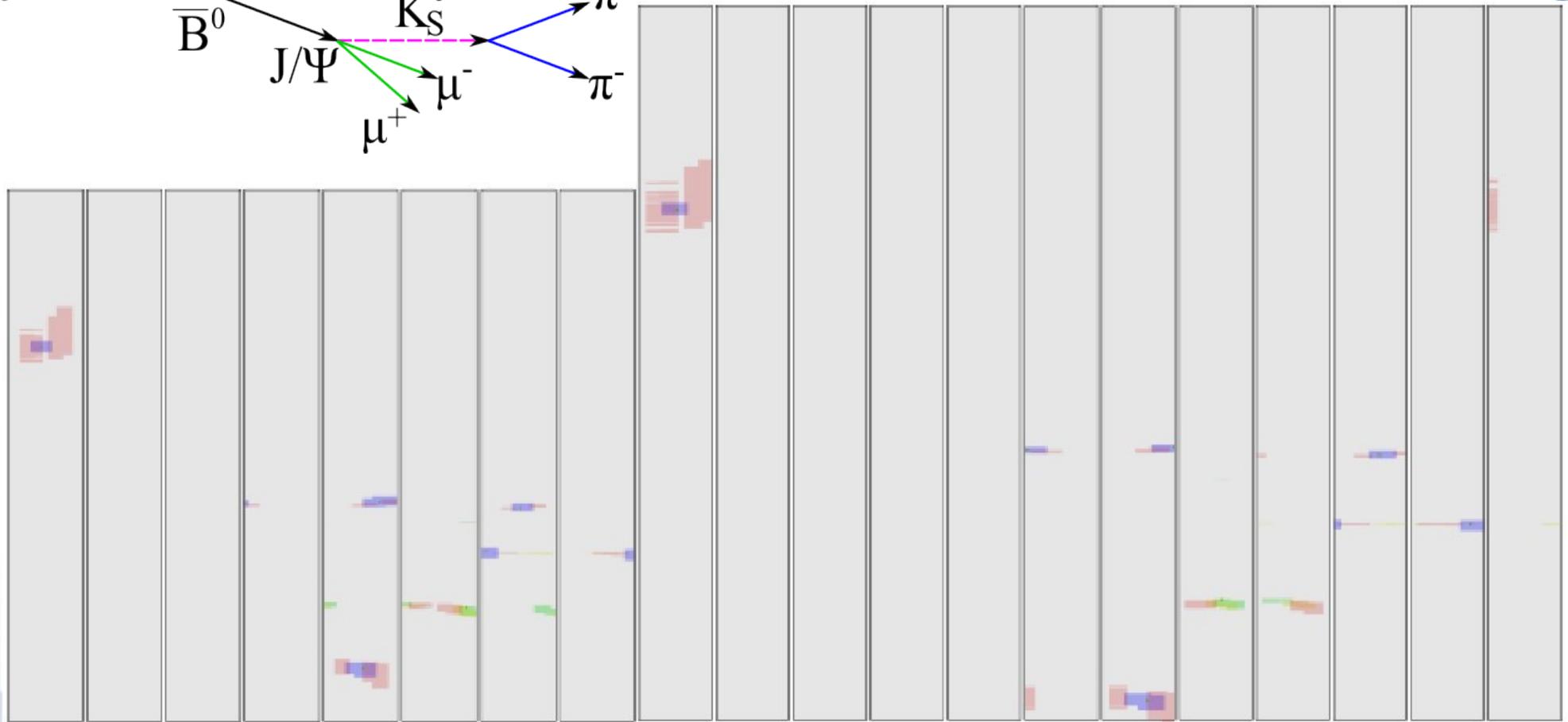
Niedrige Transversalimpulse
Suche nach Sinuskurven

Rotation der Sektoren um den vollen φ -Bereich mit
Überlappung abzudecken

Test der Datenreduktion ohne Untergrund



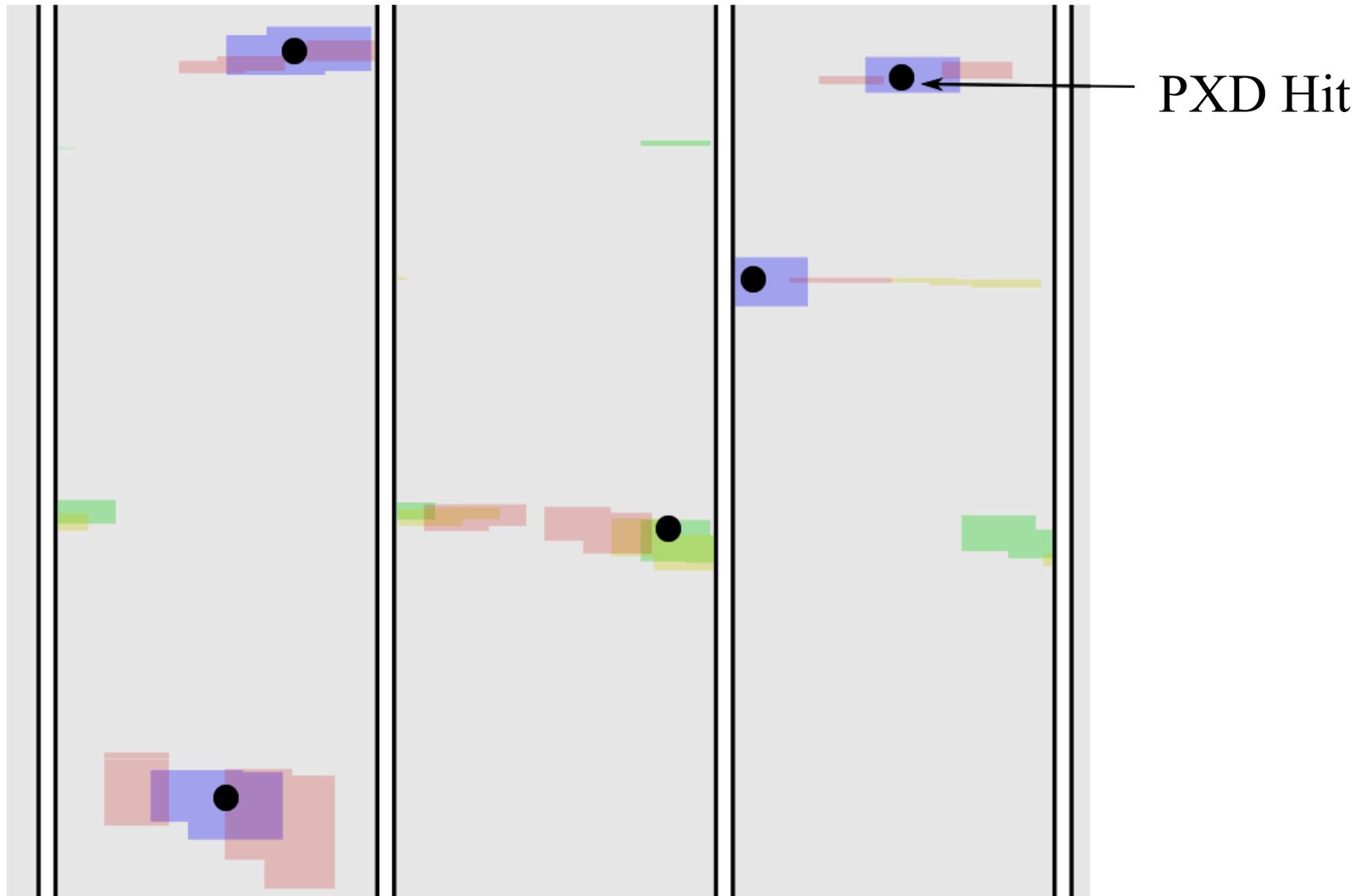
Simulation eines $J/\psi K_S^0$ Events



Innere Lage

Äußerer Lage

Test der Datenreduktion: Zoom

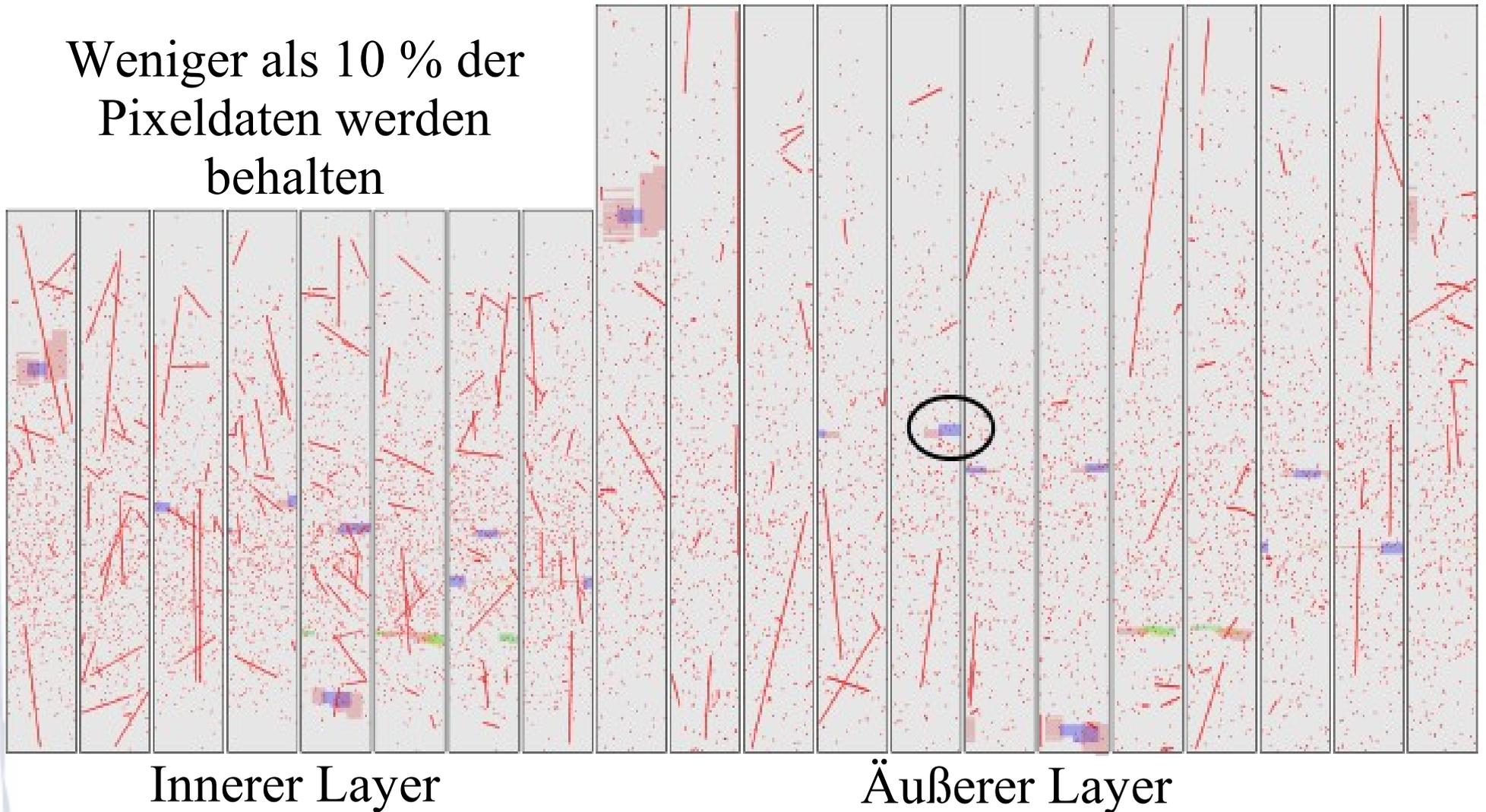


Claudio Heller, DPG Tagung Bonn, 17. Mär:

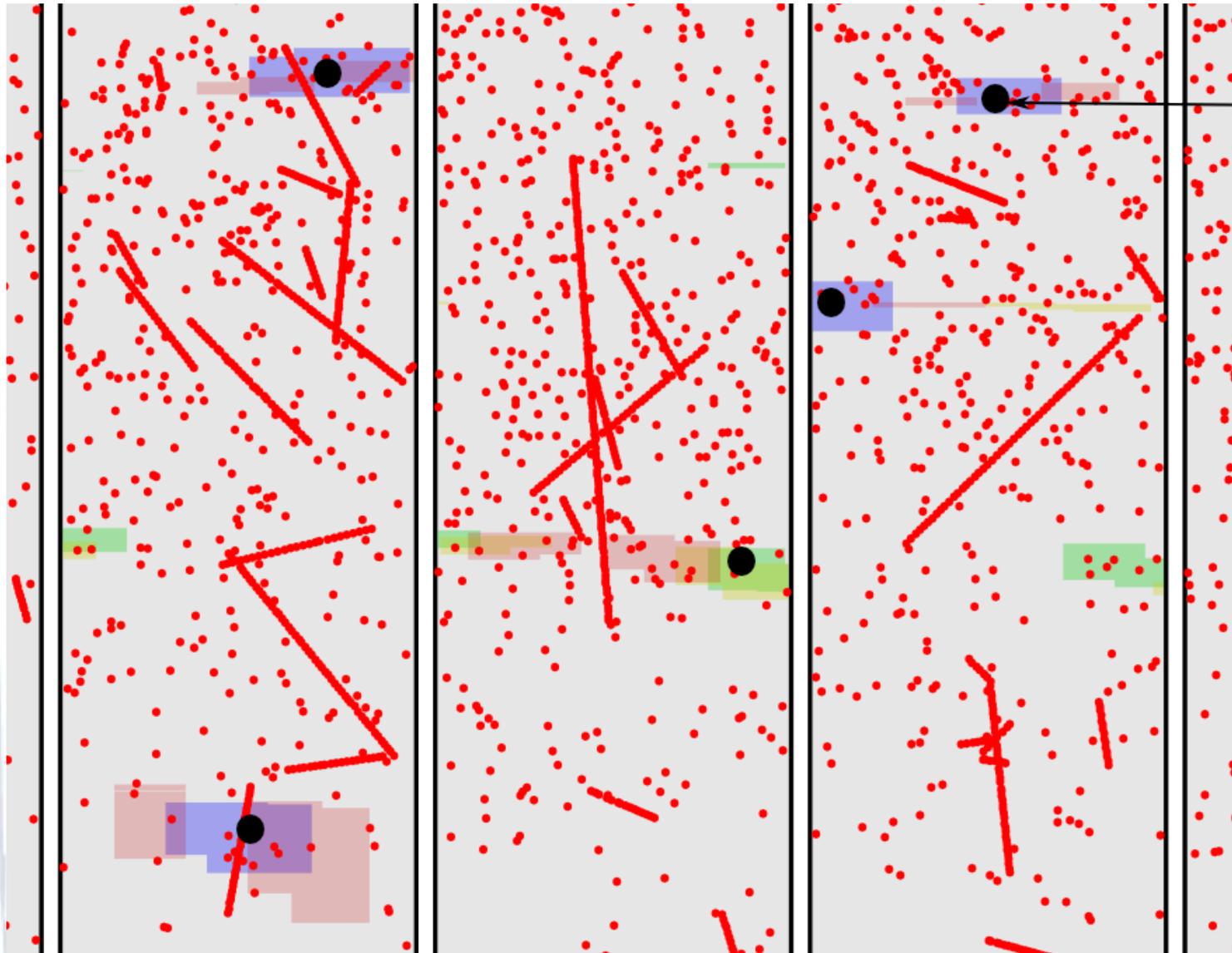
Test der Datenreduktion mit Untergrund

Das selbe $J/\psi K_s^0$ Event mit Untergrund

Weniger als 10 % der
Pixeldaten werden
behalten

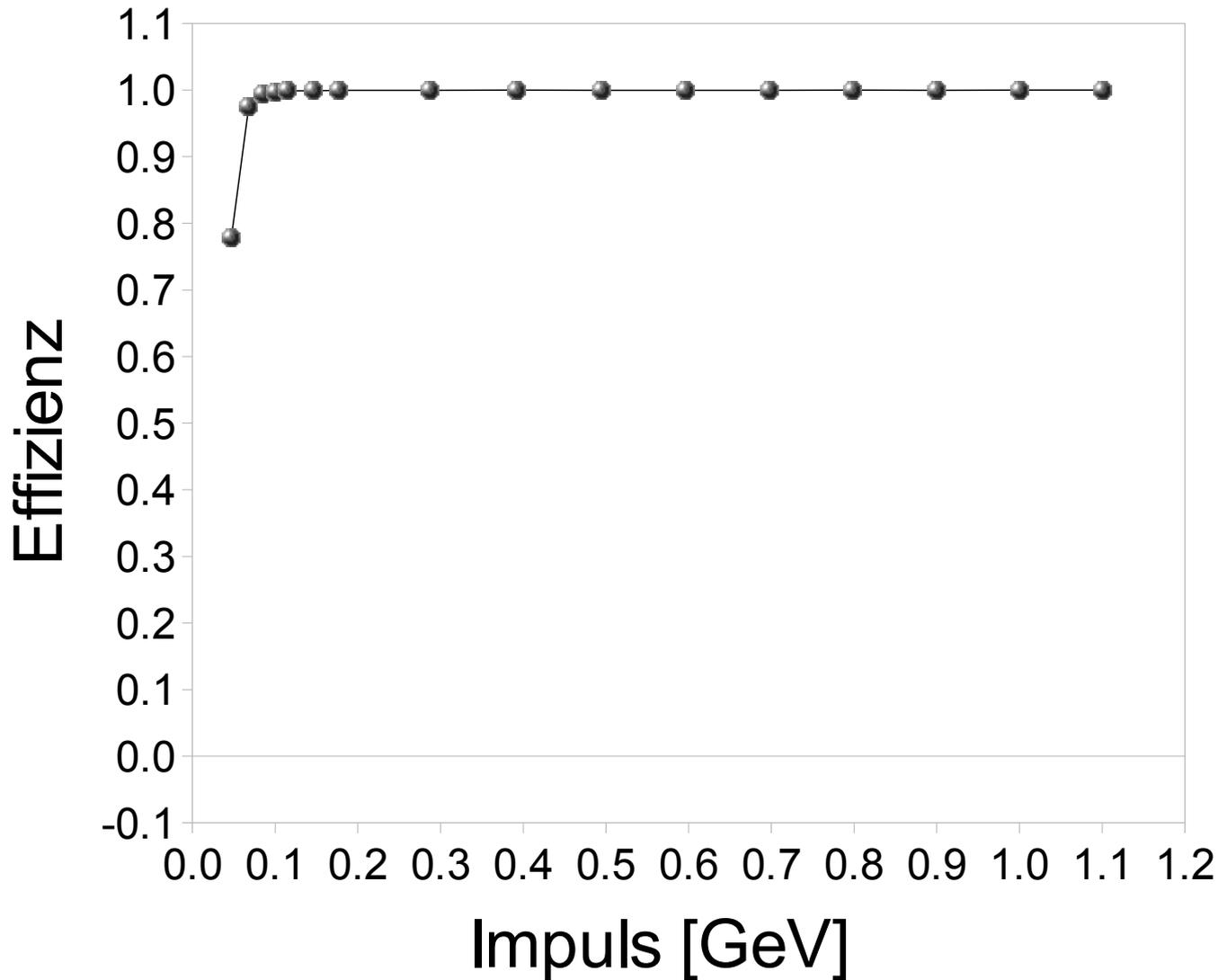


Test der Datenreduktion: Zoom



Echter PXD
Hit

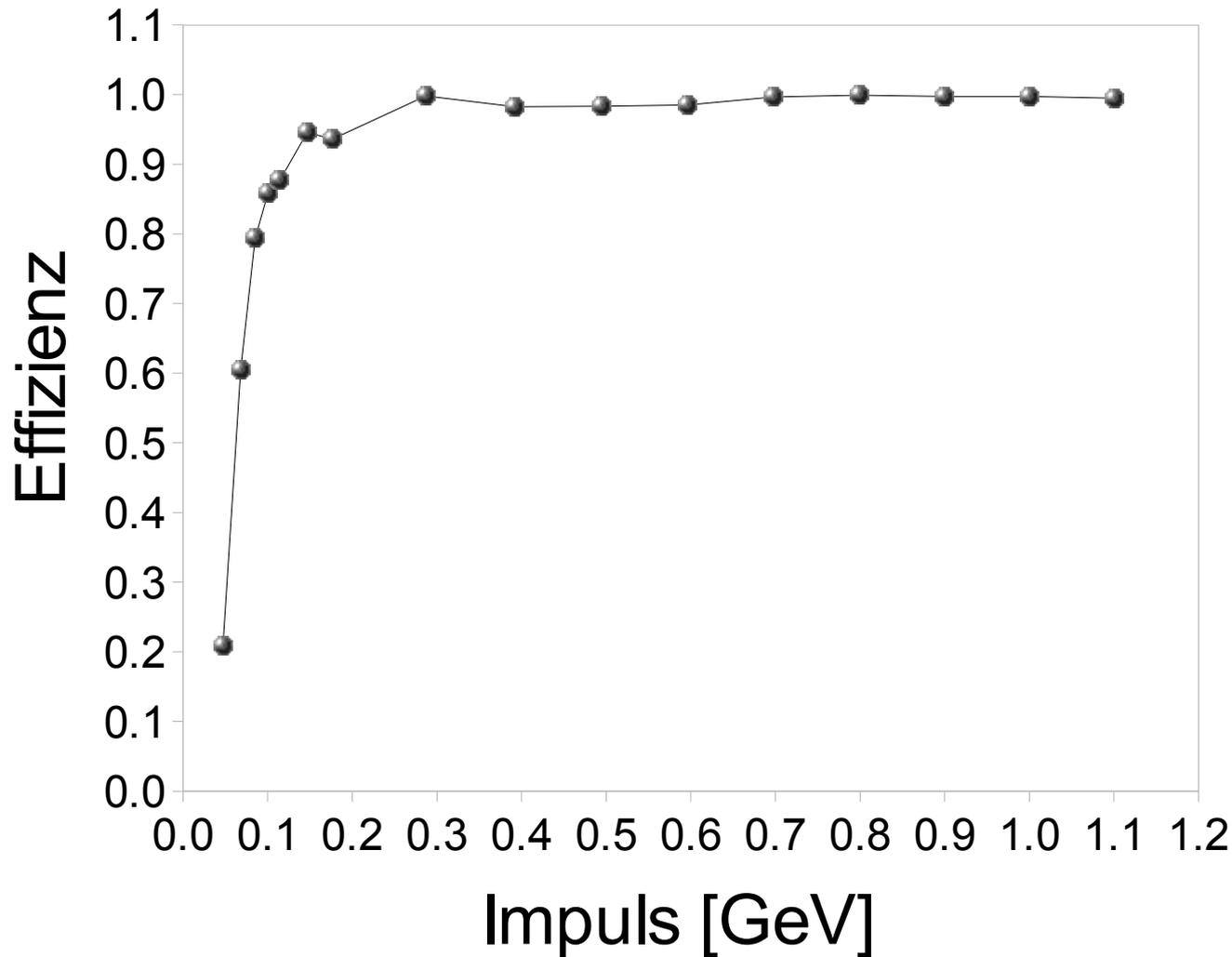
Effizienz der Datenreduktion ohne Sektoren



Test mit einzelnen Myonen, die vom Ursprung aus in den Detektor geschossen werden

Aber: bei Physik-Events
Datenreduktion schlechter als Faktor 2!

Effizienz der Datenreduktion mit Sektoren



Test mit einzelnen Myonen, die vom Ursprung aus in den Detektor geschossen werden

Test mit Physik-Events ergibt Datenreduktion um Faktor 10

Fazit und Ausblick

Tests mit Untergrund sind positiv verlaufen

Effizienz von mindestens 99 % für 300 MeV und höher

Durchschnittliche Datenreduktion um Faktor 10 erreicht

Nächste Schritte:

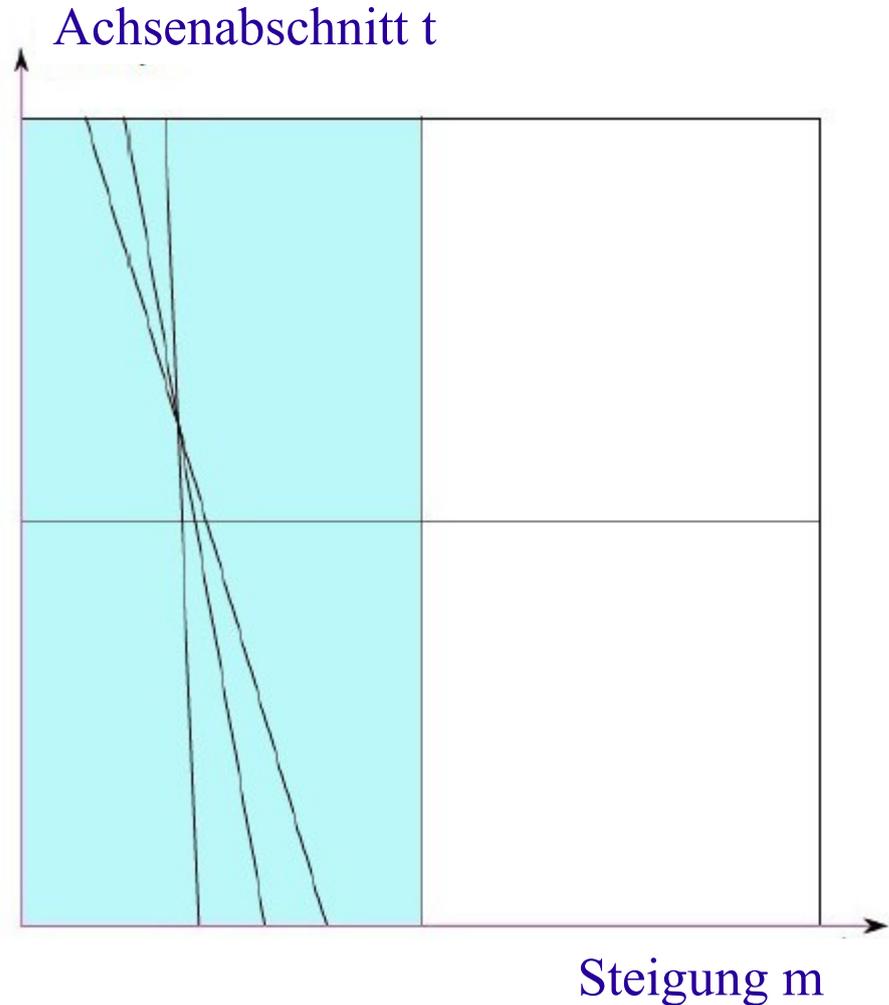
Test von verschiedenen Sektorkonfigurationen

Verbessern der Effizienz für niedrige Impulse

Bonus Slides

Finden der Schnittpunkte im Houghraum

- Halbierung der Achsen des Houghraumes und dadurch Unterteilung in 4 Rechtecke
- Überprüfe für jede Linie durch welche Rechtecke sie verläuft
- Behalte nur Rechtecke mit mindestens 3 Linien
- Wiederholung mit den übrig gebliebenen Rechtecken



Verkleinerung der Rechtecke

Nach einigen Wiederholungen
bleiben nur noch sehr kleine
Rechtecke übrig

Stopp der Prozedur bei einer
festgelegten Seitenlänge

Parameterwerte in der Mitte eines
Rechtecks

Breite und Höhe des Rechtecks
liefern den Fehler dazu

Rücktransformation

