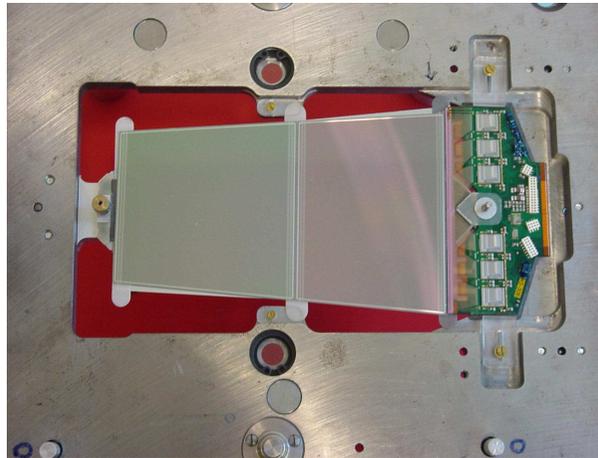




---

# Modulproduktion für den inneren Spurdetektor von ATLAS



DPG Tagung - Aachen, 12 März 2003

Richard Nisius

*MPI München*

*nisius@mppmu.mpg.de*

**(Für die ATLAS SCT Kollaboration)**

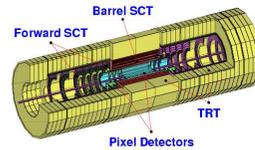
---



# Was Sie erwartet

---

---



## Der ATLAS SemiConductor Tracker



## Die Montageprozedur



## Ergebnisse der mechanischen Präzision



## Elektrische Eigenschaften der Module



## Resultate gemeinsamer Tests mehrerer Module

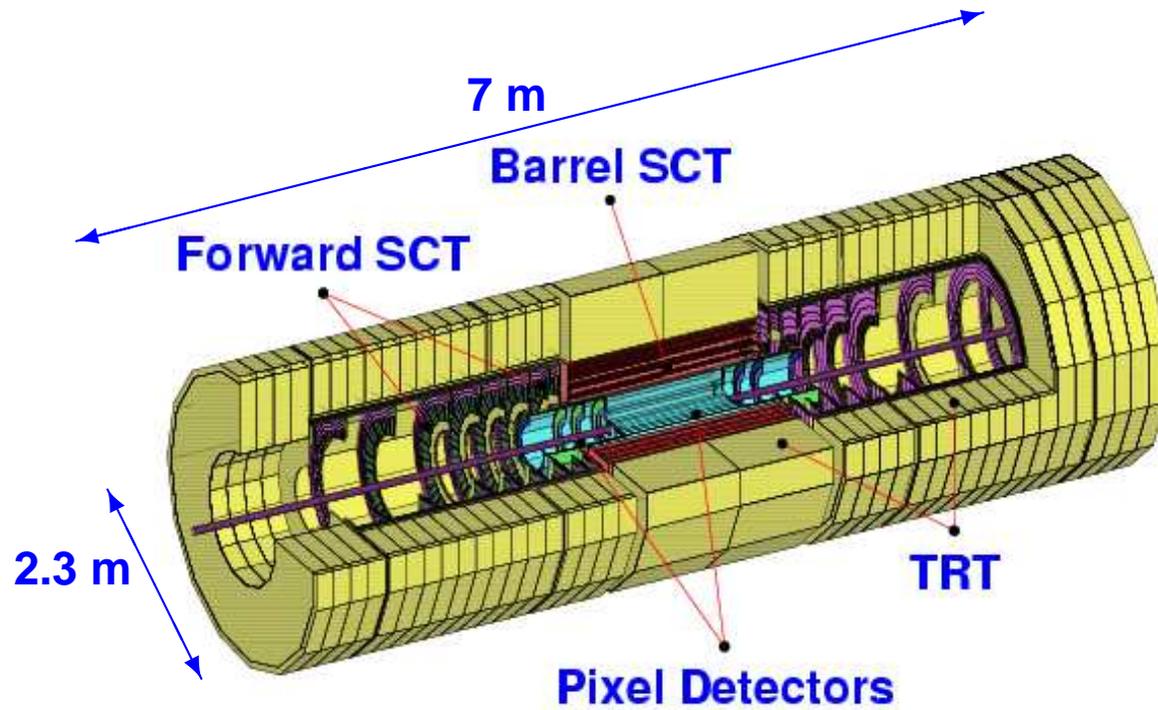


## Resultate von Teststrahlmessungen

## Zusammenfassung und Ausblick

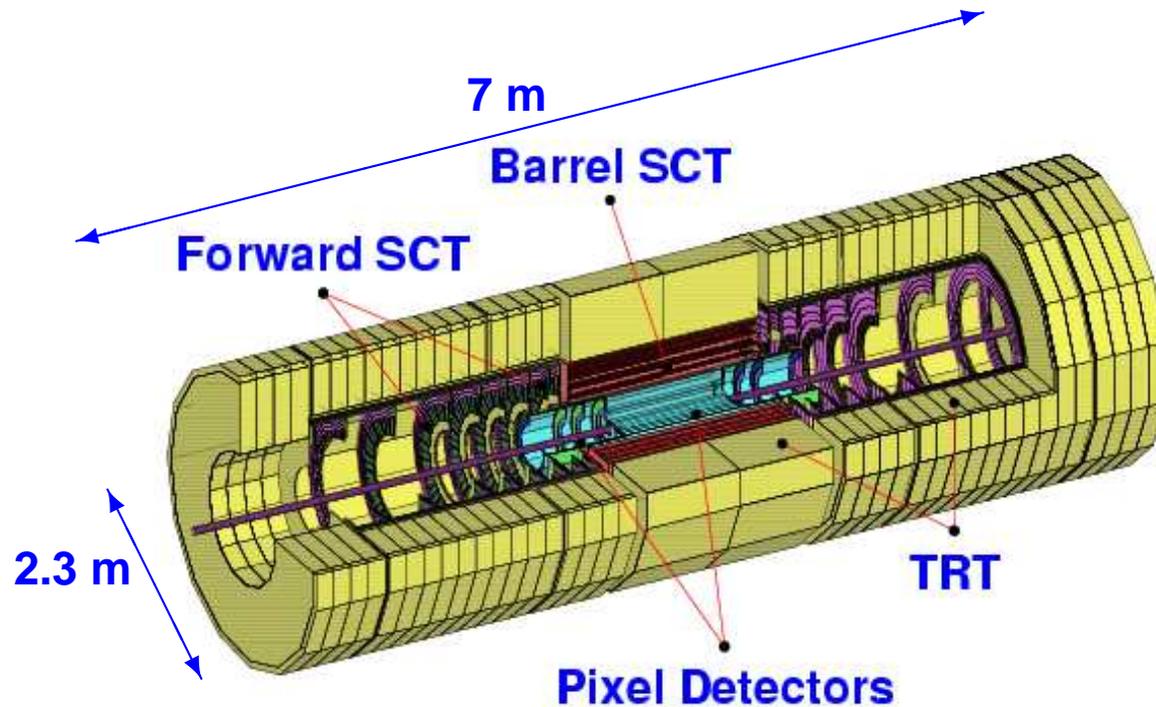


# Der innere Spurdetektor von ATLAS





# Der innere Spurdetektor von ATLAS



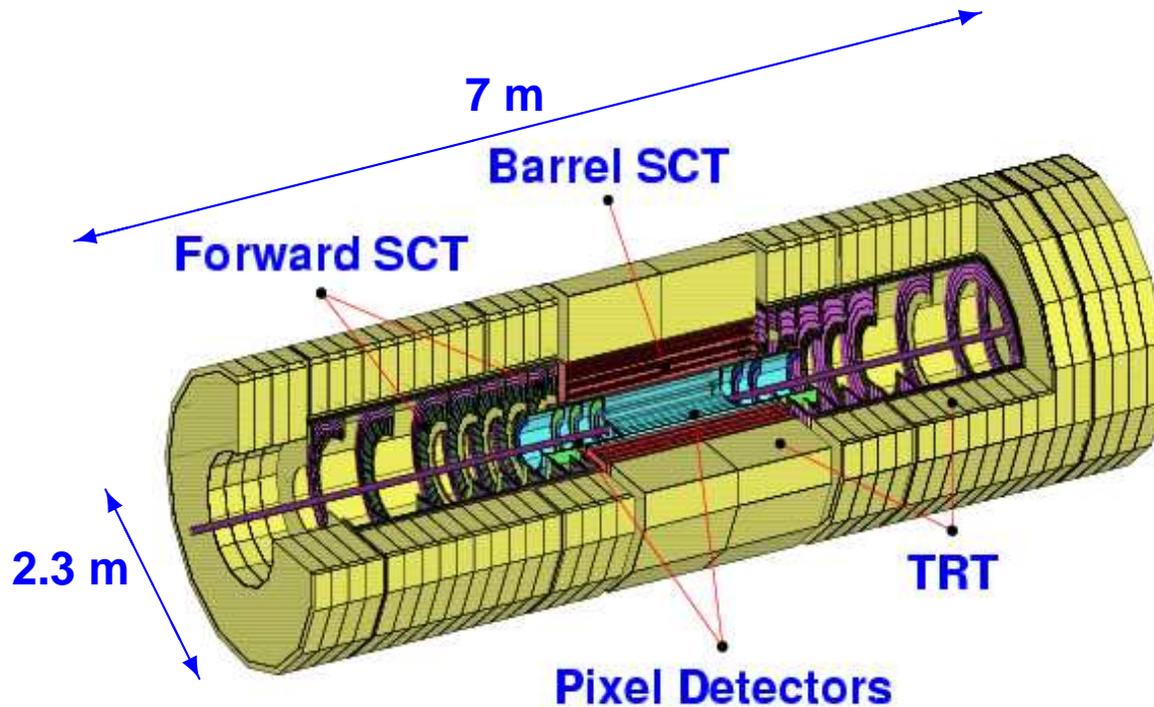
## Die Silizium Detektoren

### Der Pixel Detektor

- Radius 4.8 – 16 cm
- 3 Lagen, 8 Scheiben
- $1.4 \cdot 10^8$  Auslesekanäle



# Der innere Spurdetektor von ATLAS



## Die Silizium Detektoren

### Der Pixel Detektor

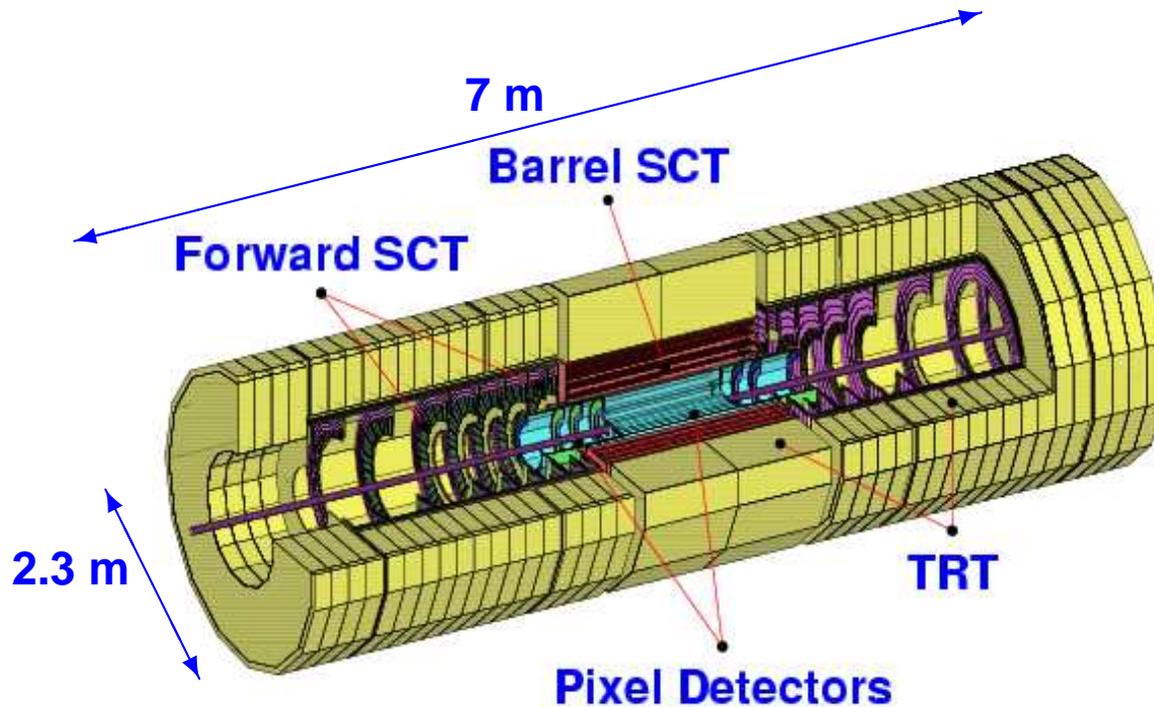
- Radius 4.8 – 16 cm
- 3 Lagen, 8 Scheiben
- $1.4 \cdot 10^8$  Auslesekanäle

### Der SemiConductor Tracker

- Radius 27 – 52 cm
- 4 Lagen, 18 Scheiben
- $6.3 \cdot 10^6$  Auslesekanäle
- 4088 Module, 61 m<sup>2</sup> Silizium



# Der innere Spurdetektor von ATLAS



## Die Silizium Detektoren

### Der Pixel Detektor

- Radius 4.8 – 16 cm
- 3 Lagen, 8 Scheiben
- $1.4 \cdot 10^8$  Auslesekanäle

### Der SemiConductor Tracker

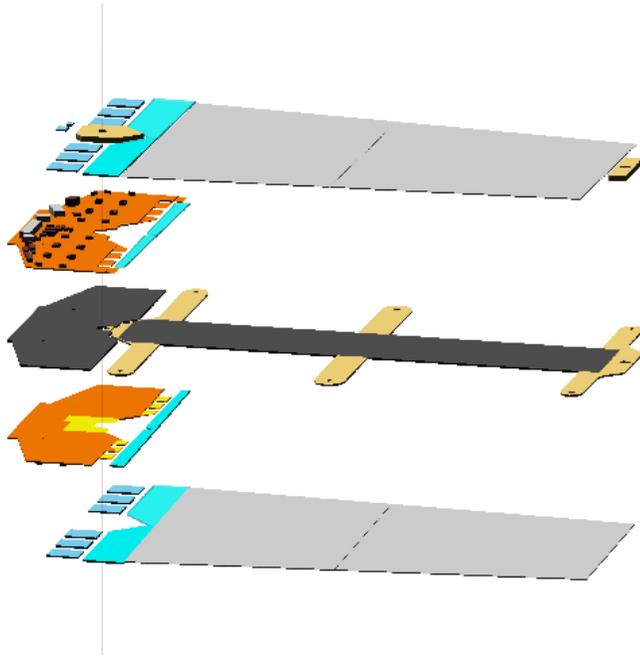
- Radius 27 – 52 cm
- 4 Lagen, 18 Scheiben
- $6.3 \cdot 10^6$  Auslesekanäle
- 4088 Module, 61 m<sup>2</sup> Silizium

**Am MPI bauen wir 400 Module des SCT Vorwärtsbereichs.**



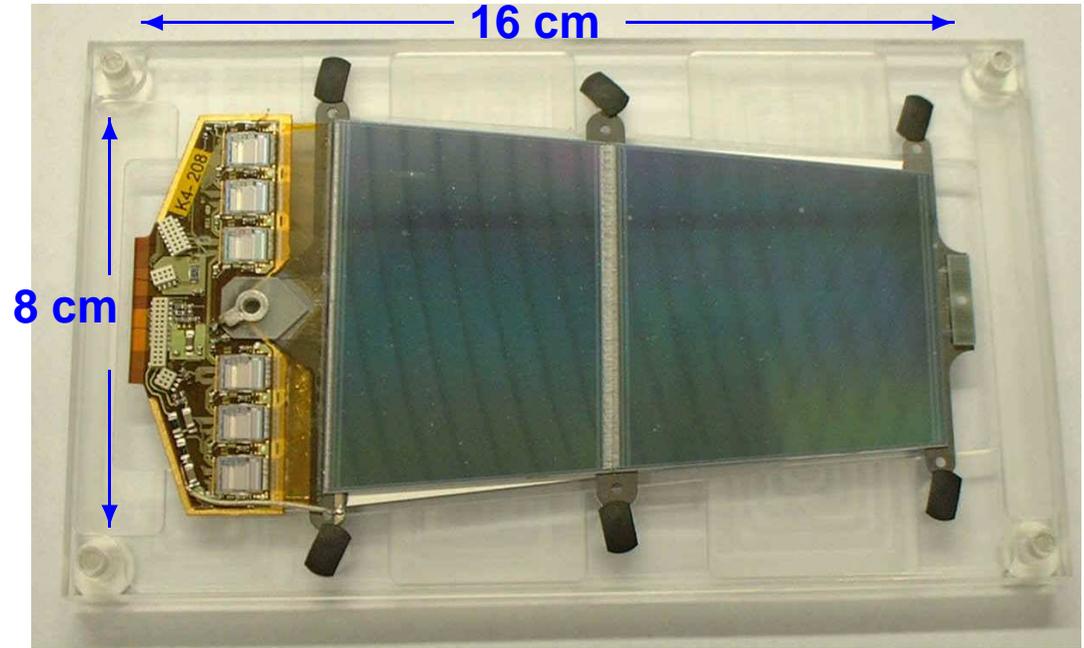
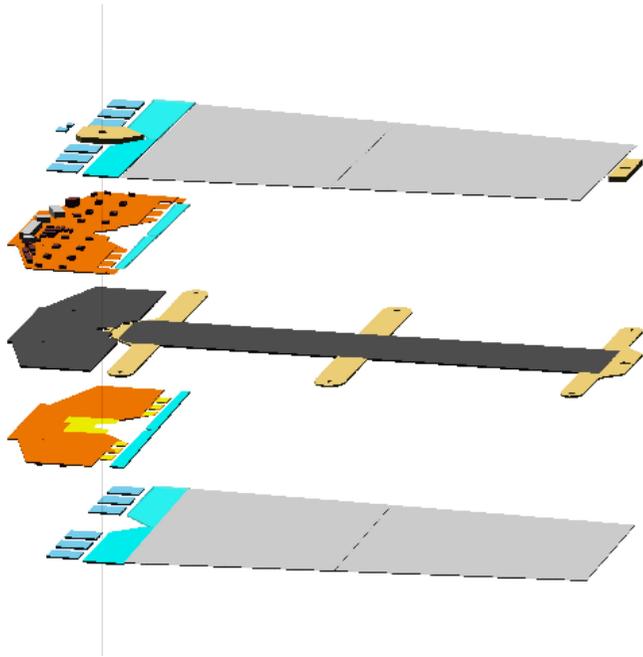
# Vom Modell

---



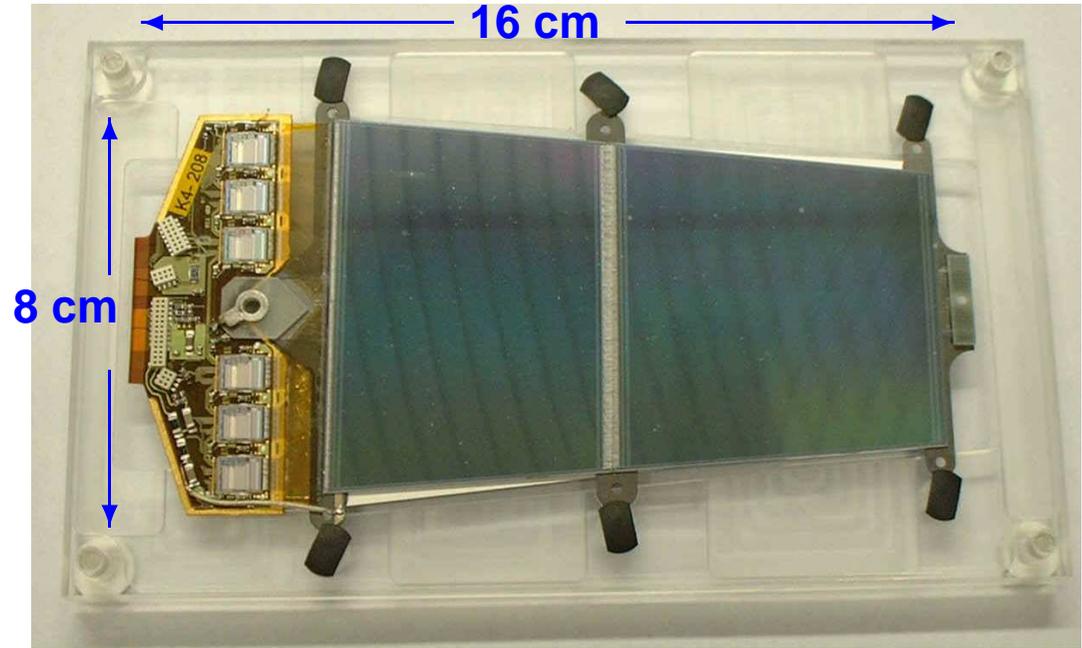
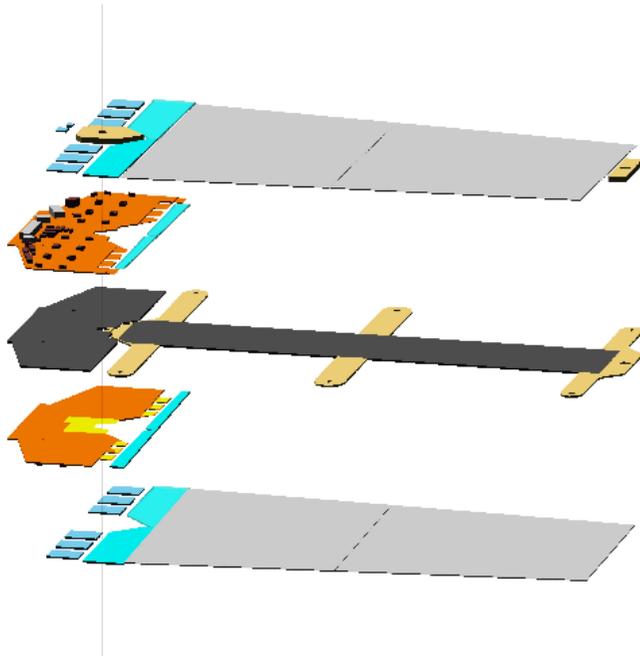


# Vom Modell zum Modul





# Vom Modell zum Modul ist ein langer Weg



## Die wichtigsten Dinge sind

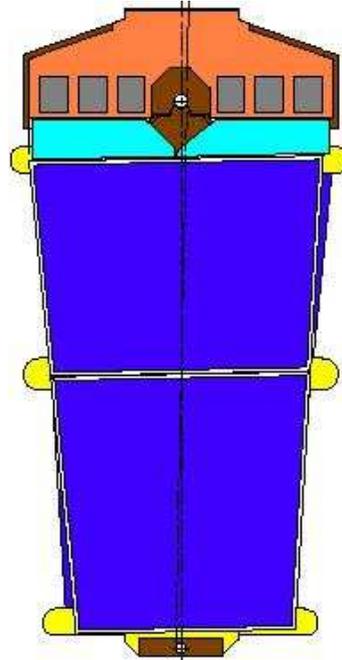
- ein Roboter zum Ausrichten der Detektoren mit einer Genauigkeit von besser als  $5 \mu\text{m}$ ,
- ein Kleberoboter,
- und viel Ruhe und Geduld, Bauzeit: 1 Tag/Modul.





# Die Modultypen

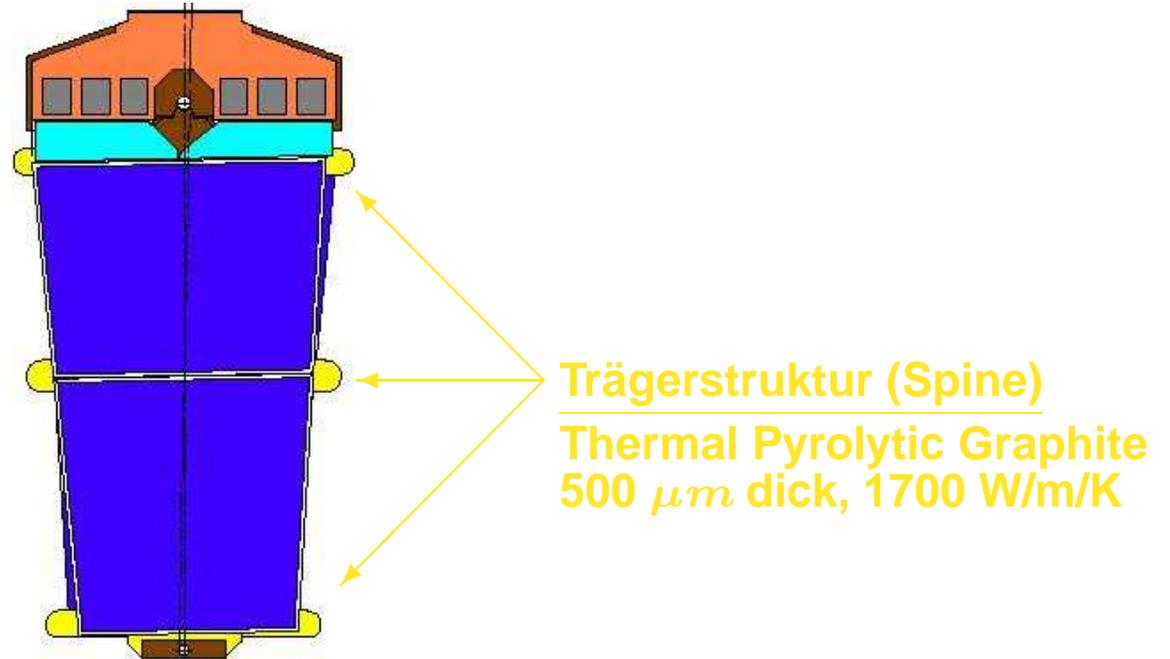
---



**Mittleres Modul**



# Die Modultypen

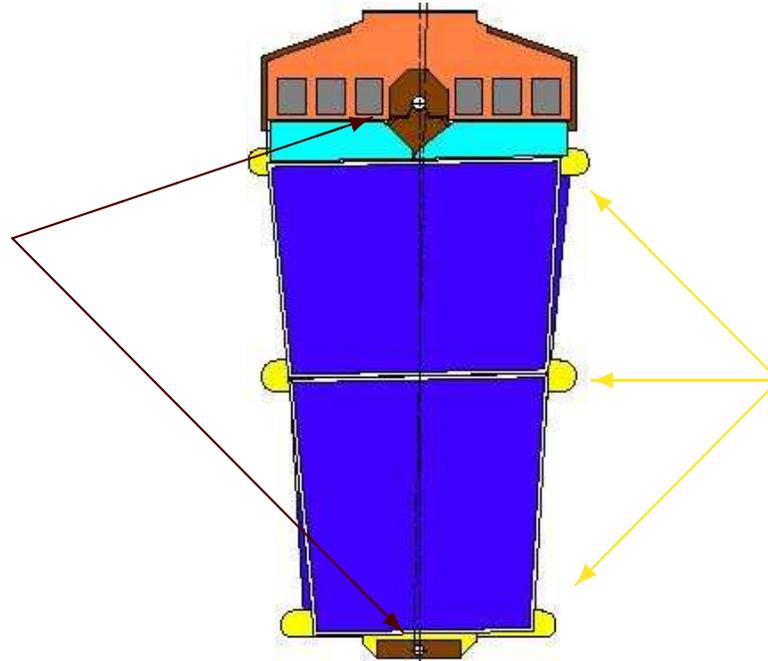


**Mittleres Modul**



# Die Modultypen

Befestigungspunkte  
Genauigkeit  $20 \mu m$

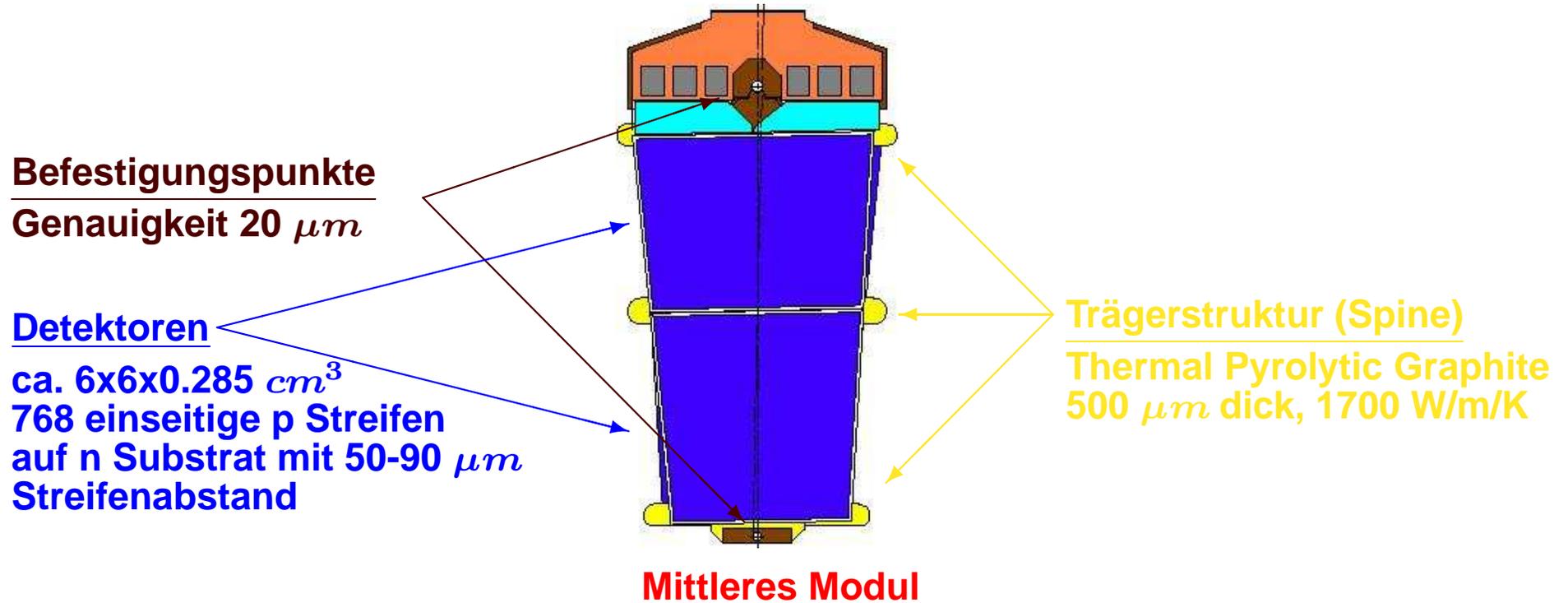


Trägerstruktur (Spine)  
Thermal Pyrolytic Graphite  
 $500 \mu m$  dick,  $1700 W/m/K$

**Mittleres Modul**



# Die Modultypen





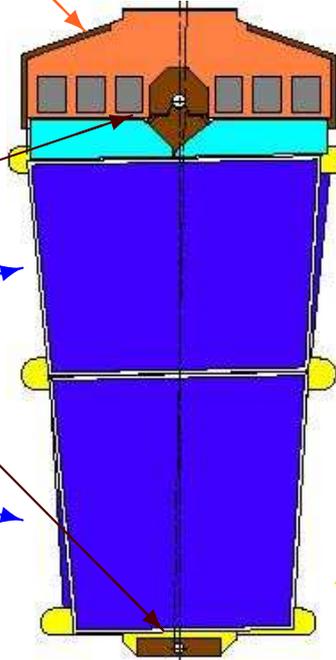
# Die Modultypen

## Hybrid

6-lagige Kupfer-Polyimid  
Flex auf Carbon-Substrat

Befestigungspunkte  
Genauigkeit  $20 \mu m$

Detektoren  
ca.  $6 \times 6 \times 0.285 \text{ cm}^3$   
768 einseitige p Streifen  
auf n Substrat mit  $50-90 \mu m$   
Streifenabstand



Trägerstruktur (Spine)  
Thermal Pyrolytic Graphite  
 $500 \mu m$  dick,  $1700 \text{ W/m/K}$

Mittleres Modul



# Die Modultypen

## Hybrid

6-lagige Kupfer-Polyimid  
Flex auf Carbon-Substrat

## Befestigungspunkte

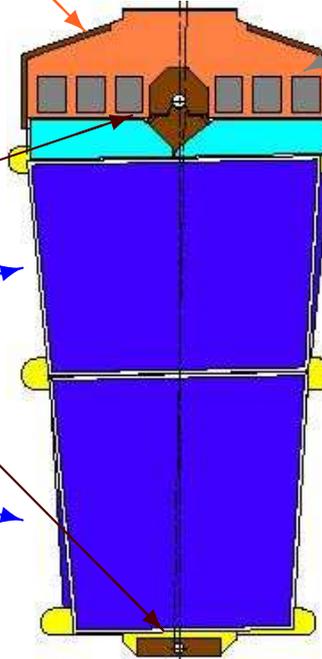
Genauigkeit  $20 \mu m$

## Detektoren

ca.  $6 \times 6 \times 0.285 \text{ cm}^3$   
768 einseitige p Streifen  
auf n Substrat mit  $50-90 \mu m$   
Streifenabstand

## Auslesechips

6 ABCD3T Chips pro Seite,  
binäre Auslese



## Trägerstruktur (Spine)

Thermal Pyrolytic Graphite  
 $500 \mu m$  dick,  $1700 \text{ W/m/K}$

Mittleres Modul



# Die Modultypen

## Hybrid

6-lagige Kupfer-Polyimid  
Flex auf Carbon-Substrat

## Befestigungspunkte

Genauigkeit  $20 \mu m$

## Detektoren

ca.  $6 \times 6 \times 0.285 \text{ cm}^3$   
768 einseitige p Streifen  
auf n Substrat mit  $50-90 \mu m$   
Streifenabstand

## Auslesechips

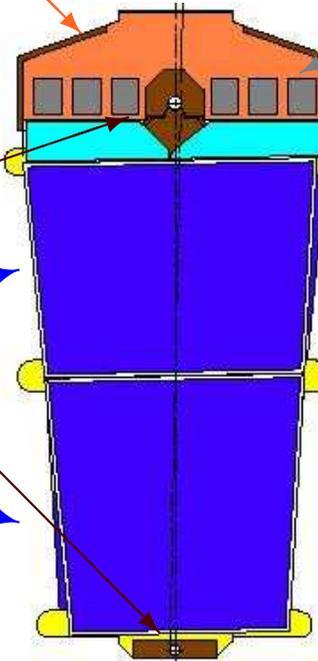
6 ABCD3T Chips pro Seite,  
binäre Auslese

## Fan-ins

4/Modul, Glas mit Al-Streifen  
 $300 \mu m$  dick

## Trägerstruktur (Spine)

Thermal Pyrolytic Graphite  
 $500 \mu m$  dick,  $1700 \text{ W/m/K}$



Mittleres Modul



# Die Modultypen

## Hybrid

6-lagige Kupfer-Polyimid  
Flex auf Carbon-Substrat

Befestigungspunkte  
Genauigkeit 20  $\mu m$

Detektoren  
ca.  $6 \times 6 \times 0.285 \text{ cm}^3$   
768 einseitige p Streifen  
auf n Substrat mit 50-90  $\mu m$   
Streifenabstand

## Auslesechips

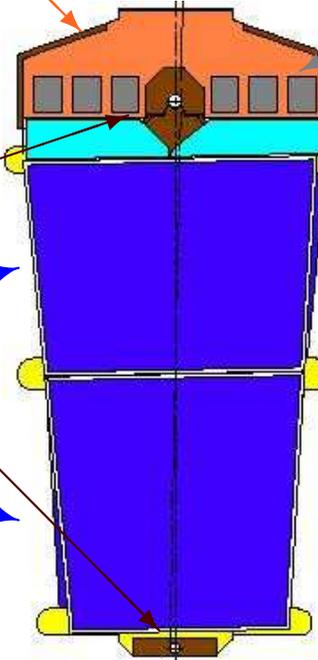
6 ABCD3T Chips pro Seite,  
binäre Auslese

## Fan-ins

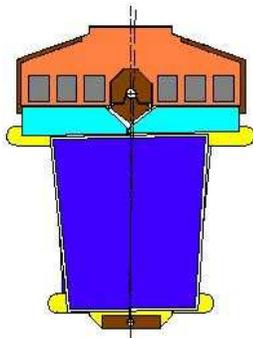
4/Modul, Glas mit Al-Streifen  
300  $\mu m$  dick

## Trägerstruktur (Spine)

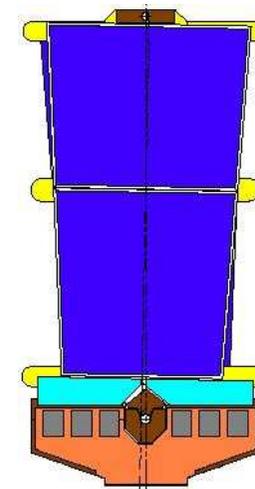
Thermal Pyrolytic Graphite  
500  $\mu m$  dick, 1700 W/m/K



Mittleres Modul



Inneres Modul

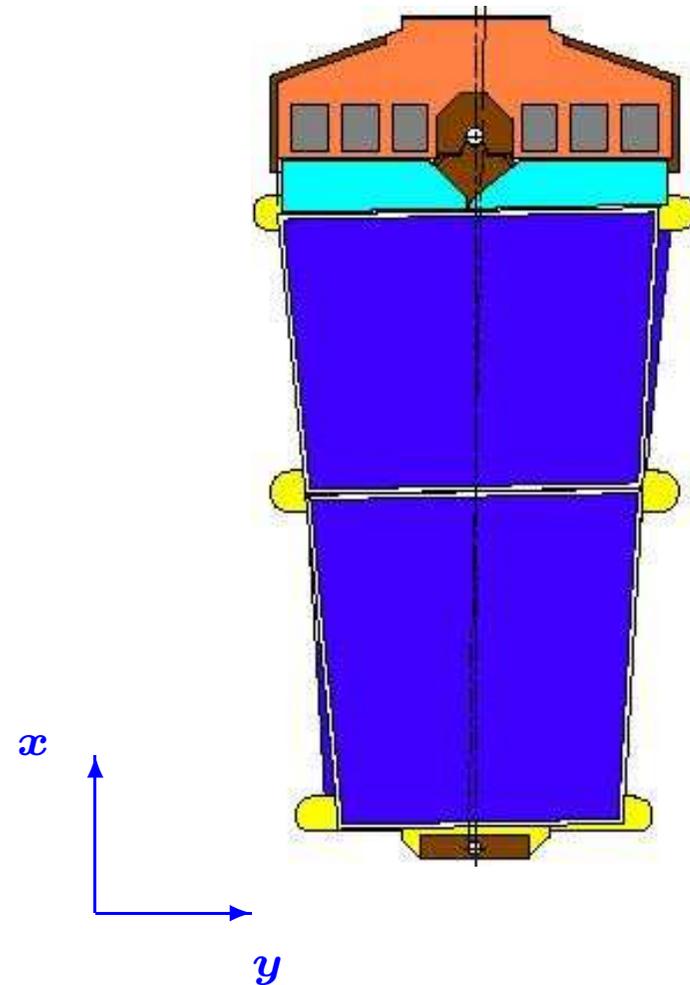
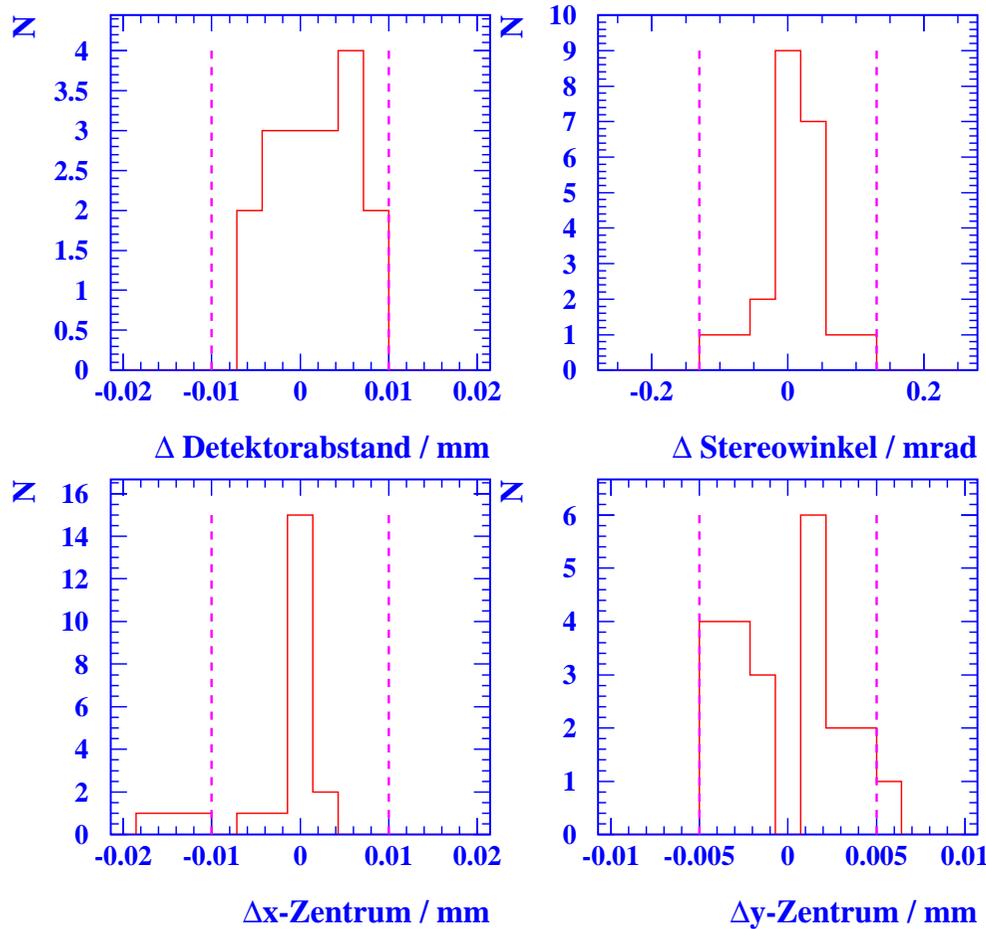


Äußeres Modul



# Die Reproduzierbarkeit beim Modulbau

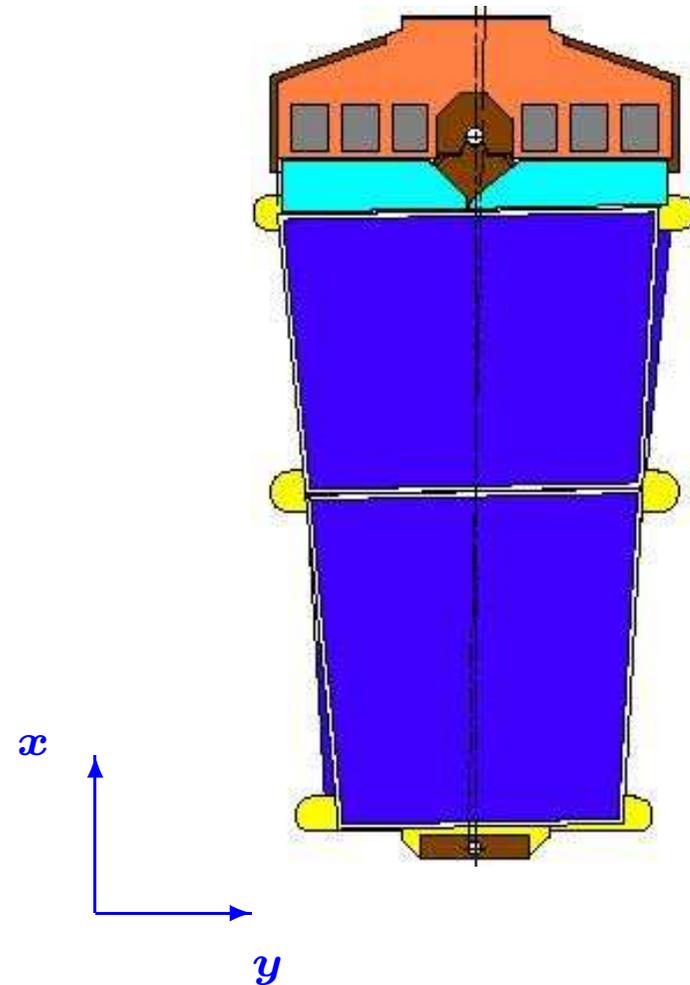
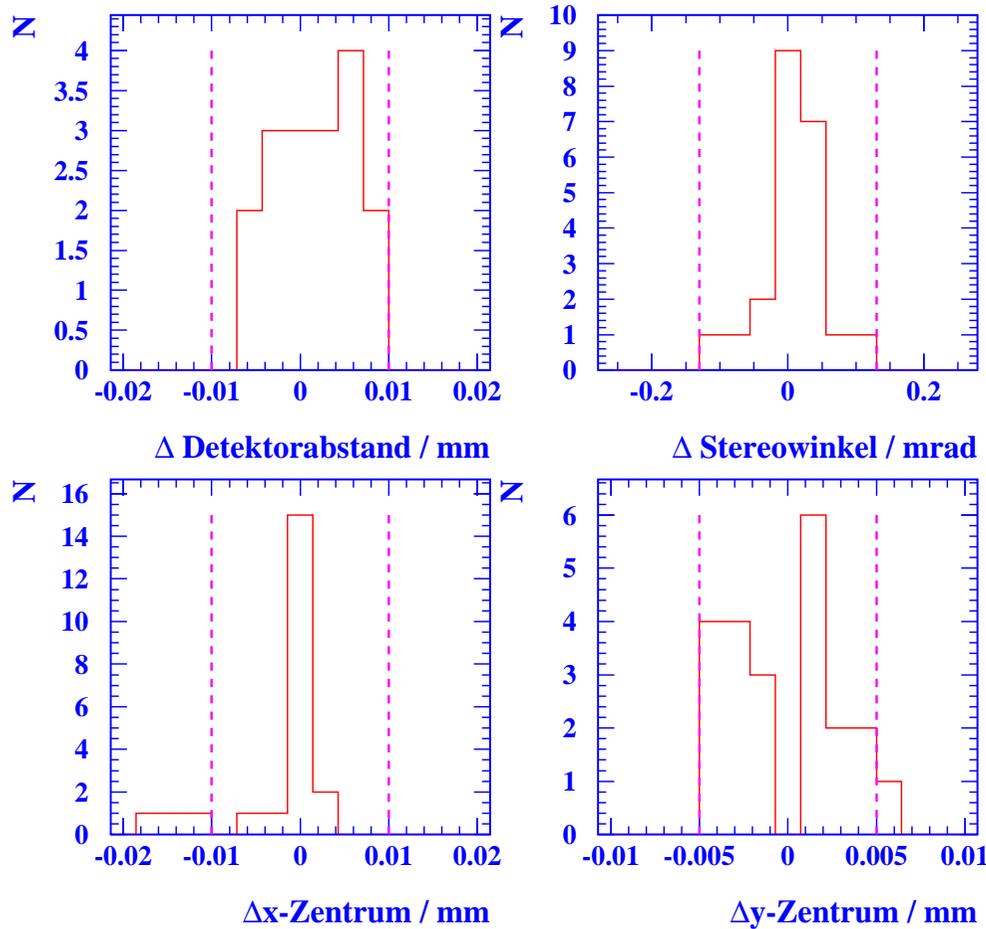
## Mechanische Parameter





# Die Reproduzierbarkeit beim Modulbau

## Mechanische Parameter



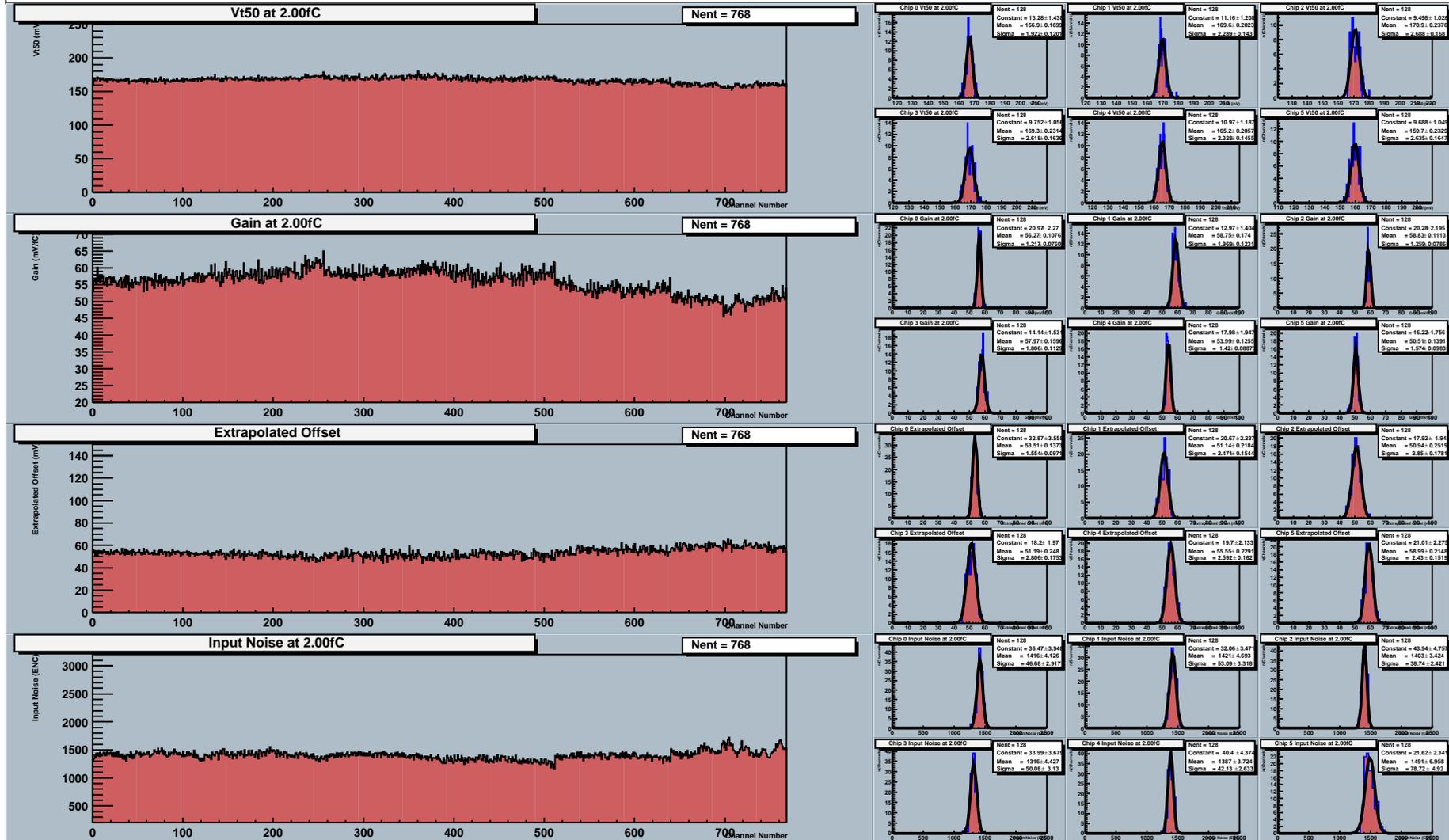
**Fast alle Modul-Prototypen liegen innerhalb der Toleranzen.**



# Elektrische Eigenschaften eines Moduls

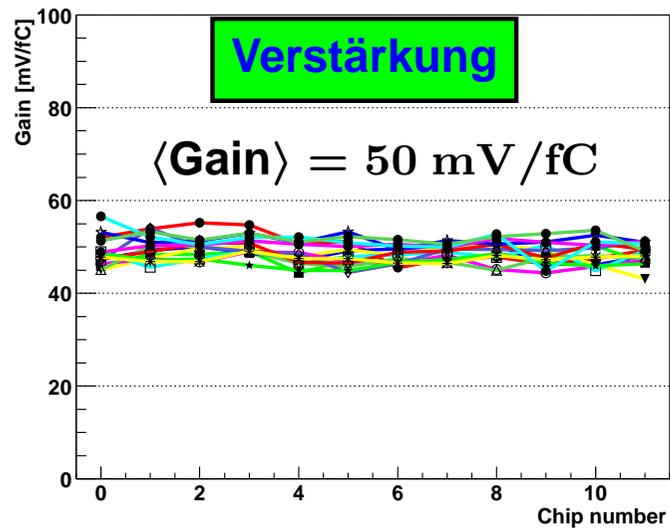
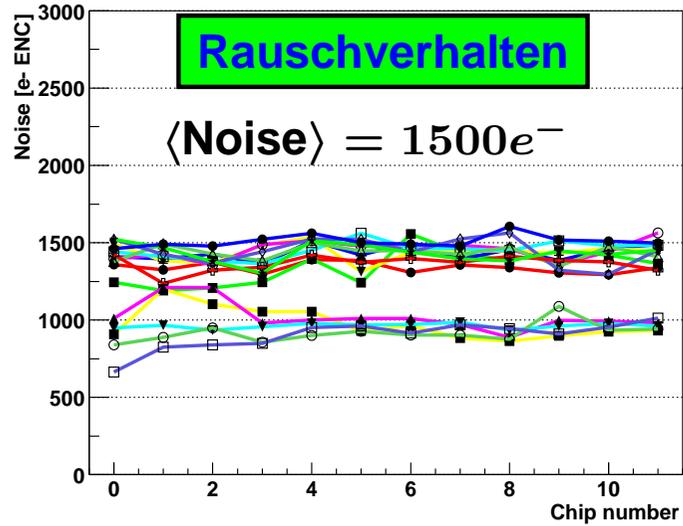
ATLAS SCT Module Test: Response vs. Channel - Mon Apr 29 21:34:48 2002 - CERN/GE Setup 161 - Module k1

Page 3 Run 1235 Start Scan 36 Module 0 Stream 1



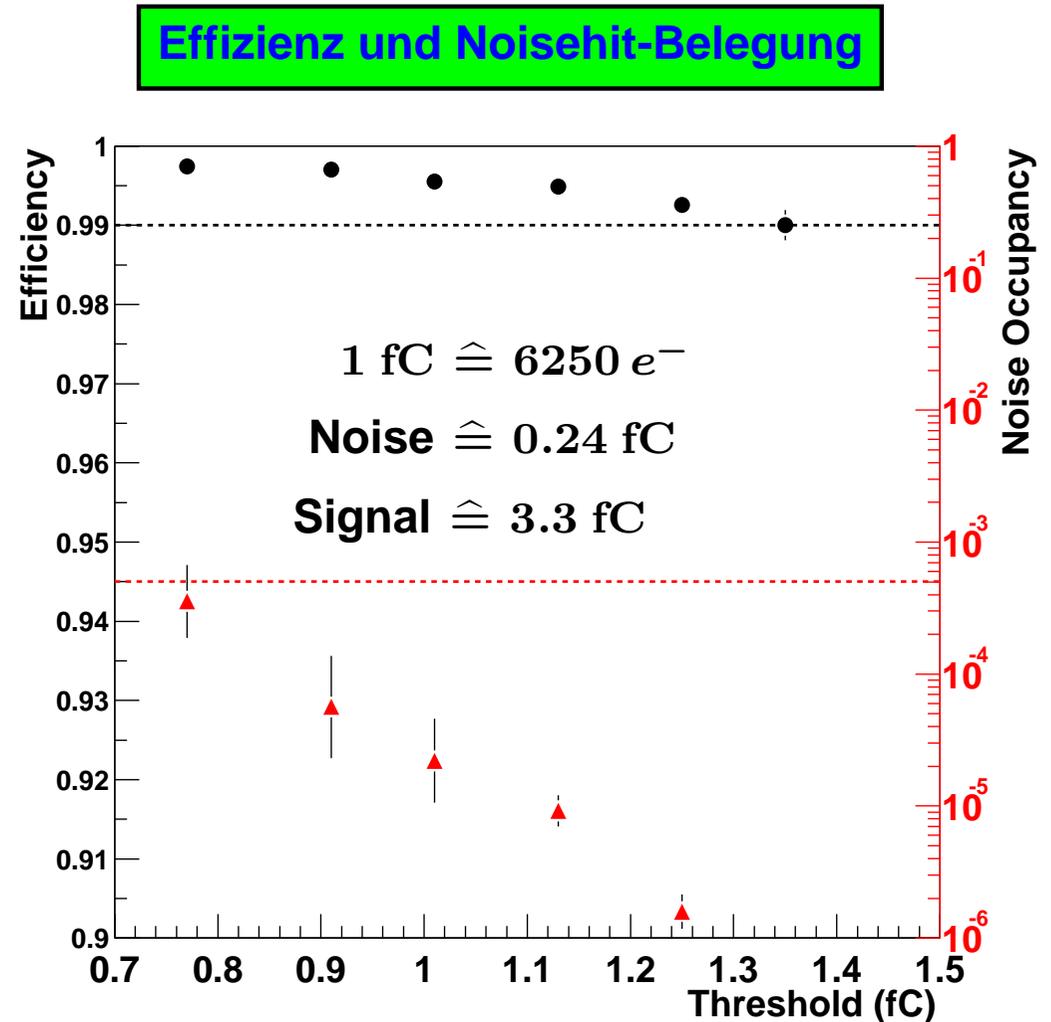
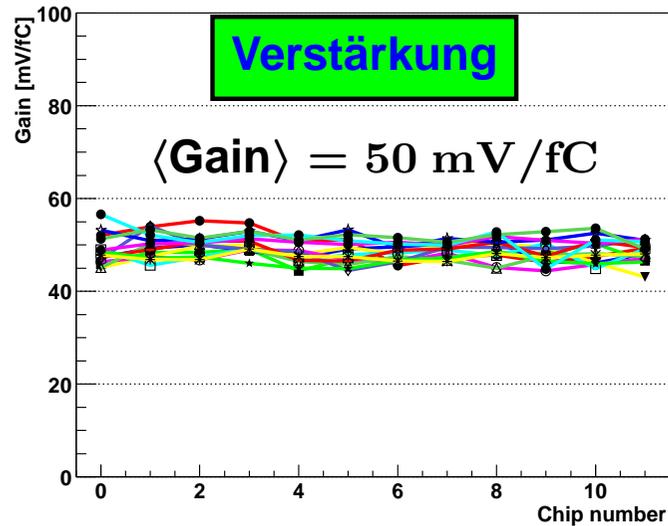
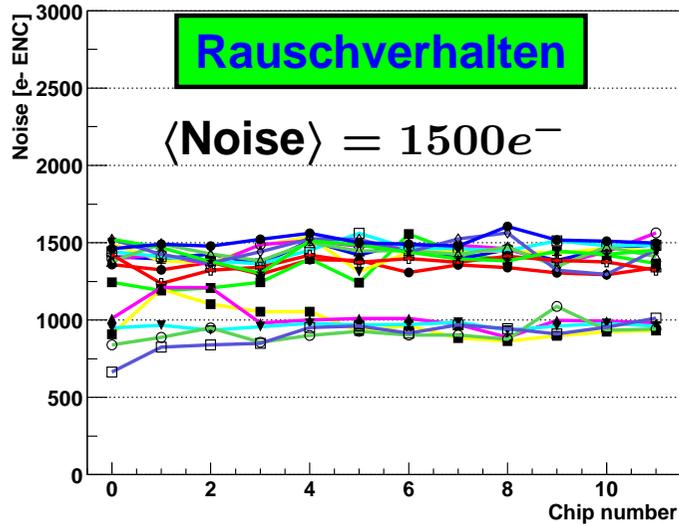


# Eigenschaften unbestrahlter Module



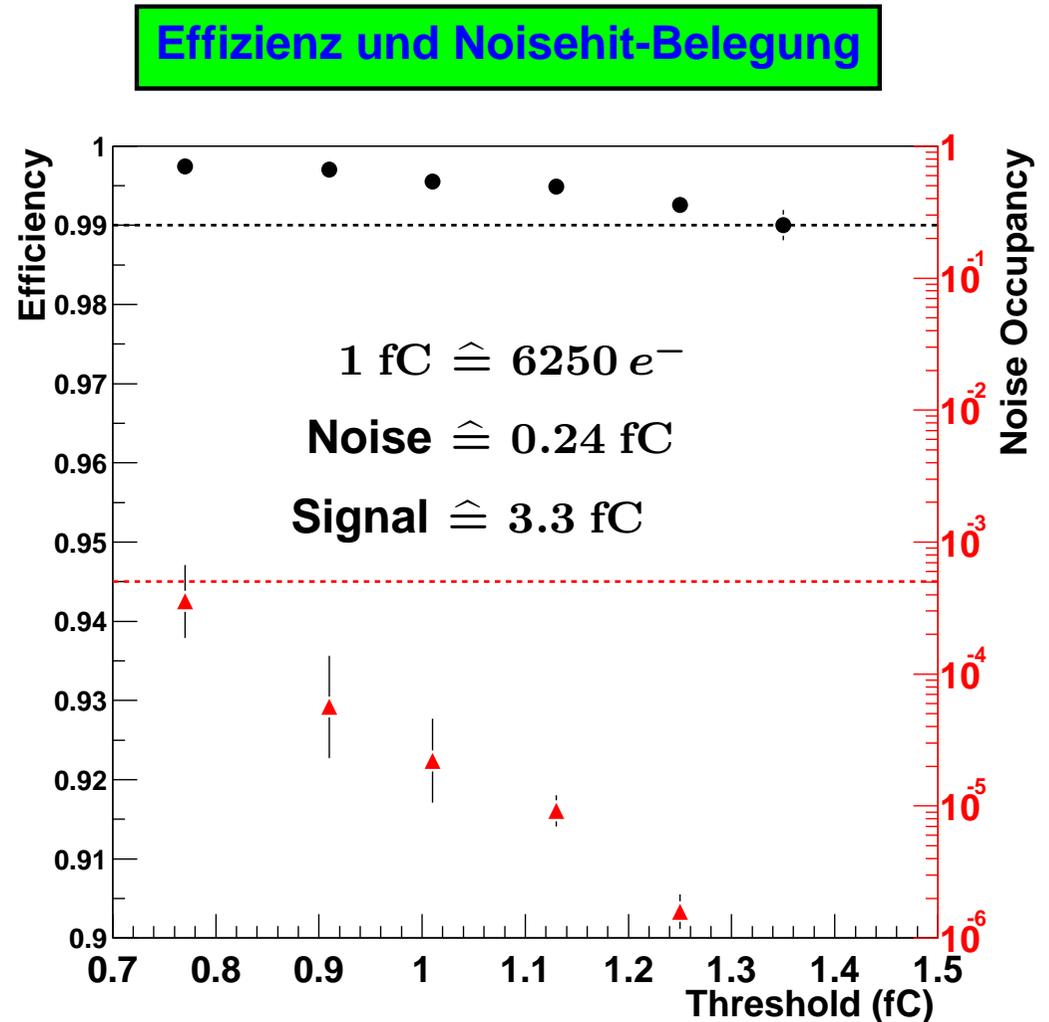
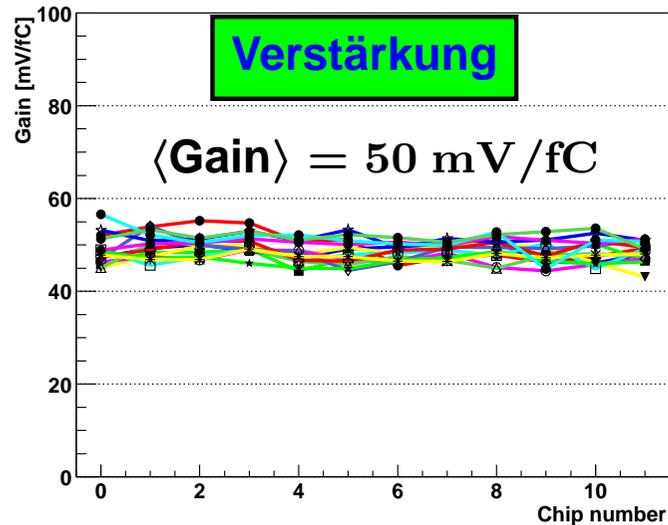
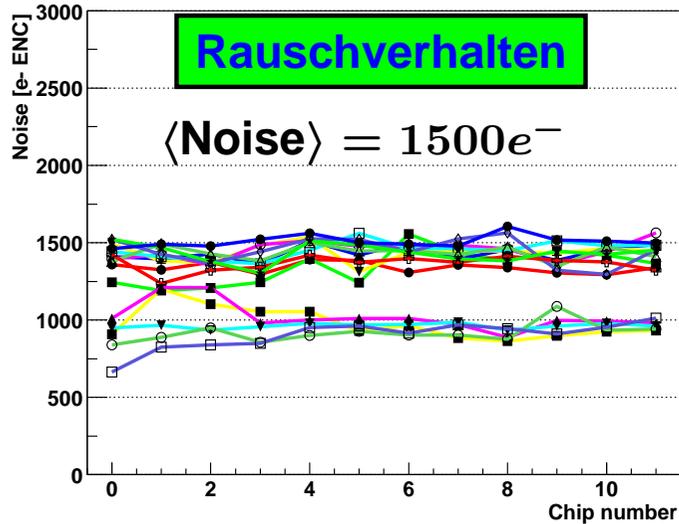


# Eigenschaften unbestrahlter Module





# Eigenschaften unbestrahlter Module

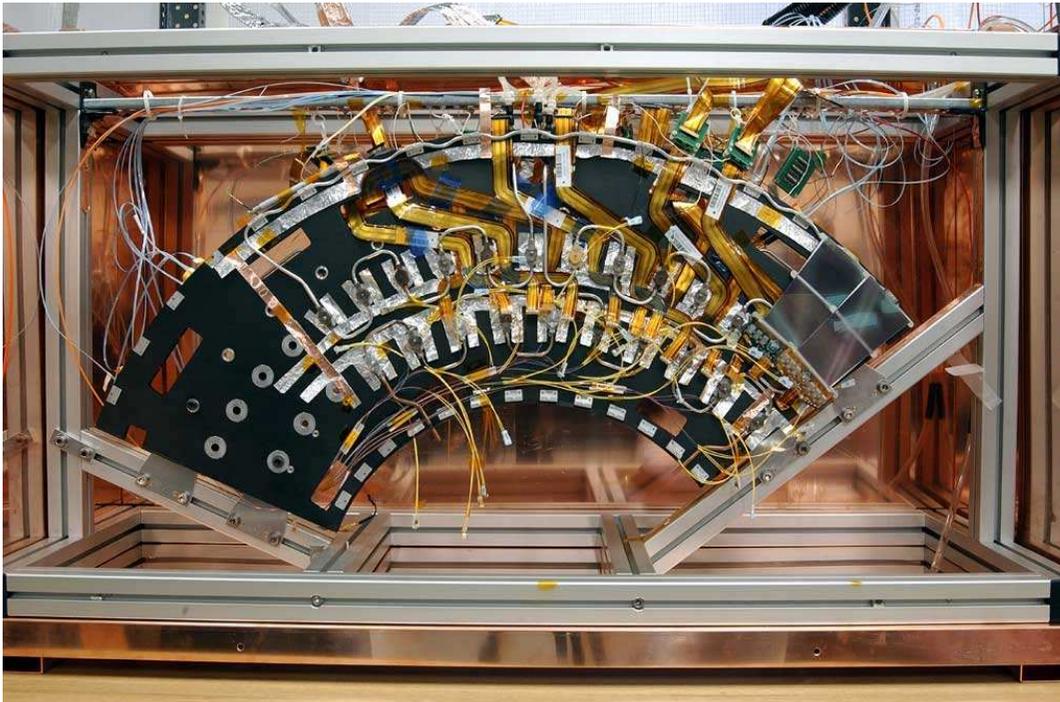


**Die unbestrahlten Module erfüllen die Designanforderungen.**



## Der Test eines Teilsystems

---

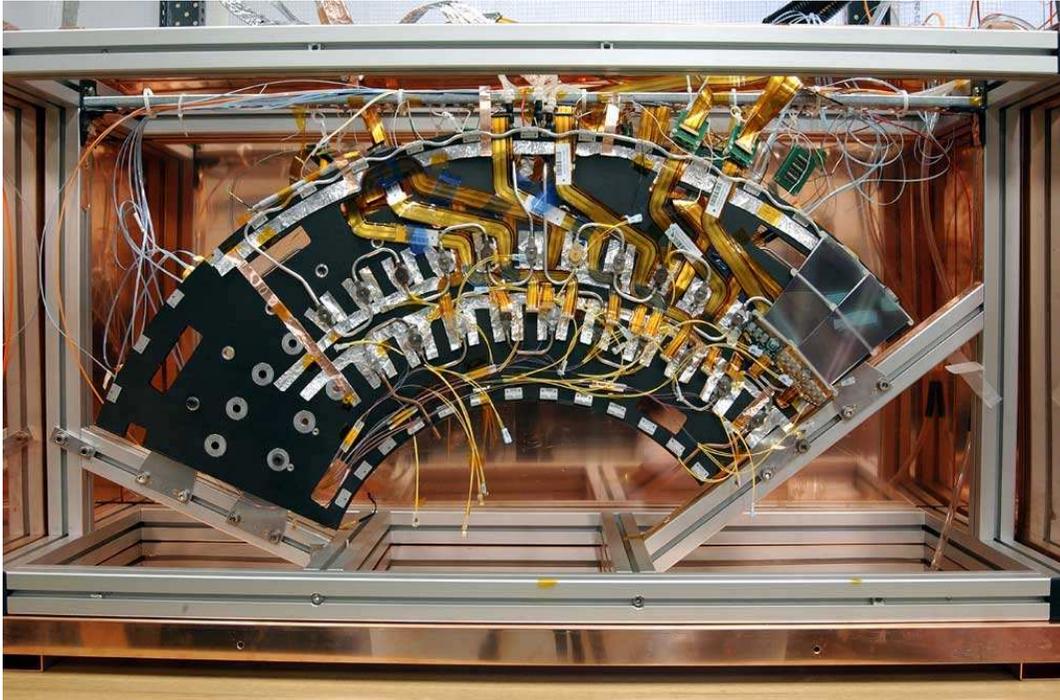


**Die Integration der Module ist schwierig**

- Die Module sind sehr empfindlich.
- Eine präzise Vermessung ist nötig (X-Ray).
- Elektronisches Rauschen ist zu vermeiden.



# Der Test eines Teilsystems



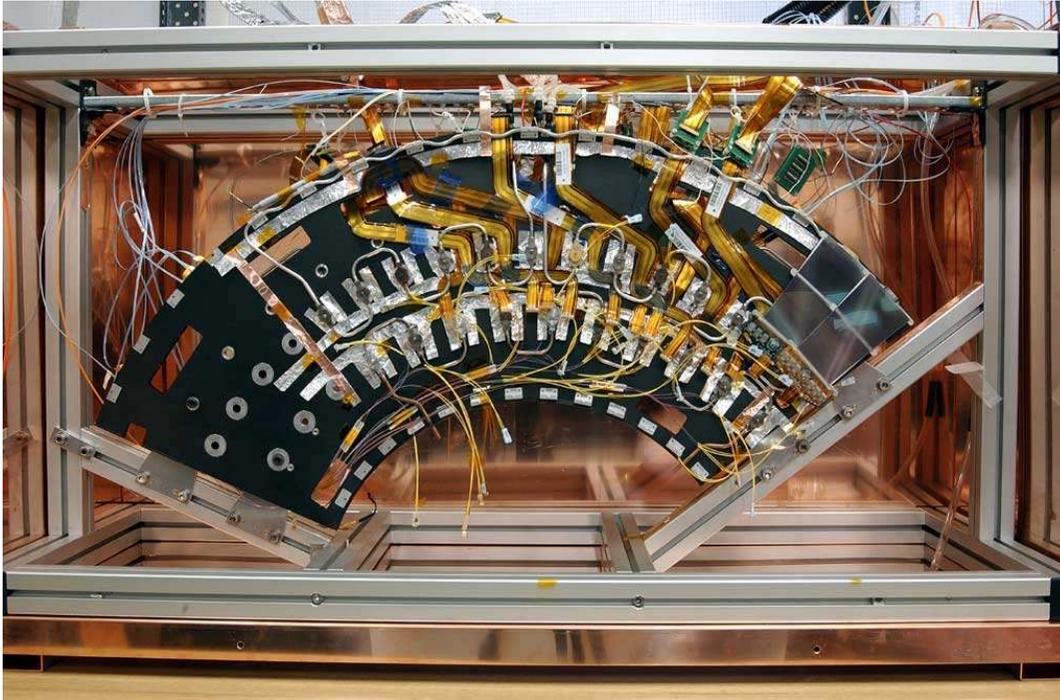
**Die Integration der Module ist schwierig**

- Die Module sind sehr empfindlich.
- Eine präzise Vermessung ist nötig (X-Ray).
- Elektronisches Rauschen ist zu vermeiden.
- Es ist nicht viel Platz, die Module überlappen.





# Der Test eines Teilsystems



**Die Integration der Module ist schwierig**

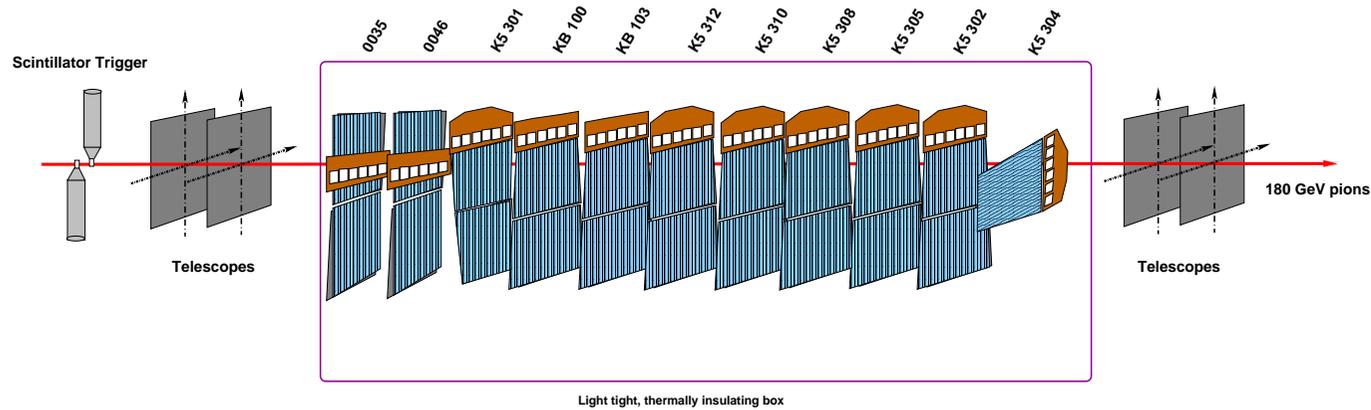
- Die Module sind sehr empfindlich.
- Eine präzise Vermessung ist nötig (X-Ray).
- Elektronisches Rauschen ist zu vermeiden.
- Es ist nicht viel Platz, die Module überlappen.



**Beim Zusammenspiel aller Kräfte ist sehr viel Abstimmung nötig.**

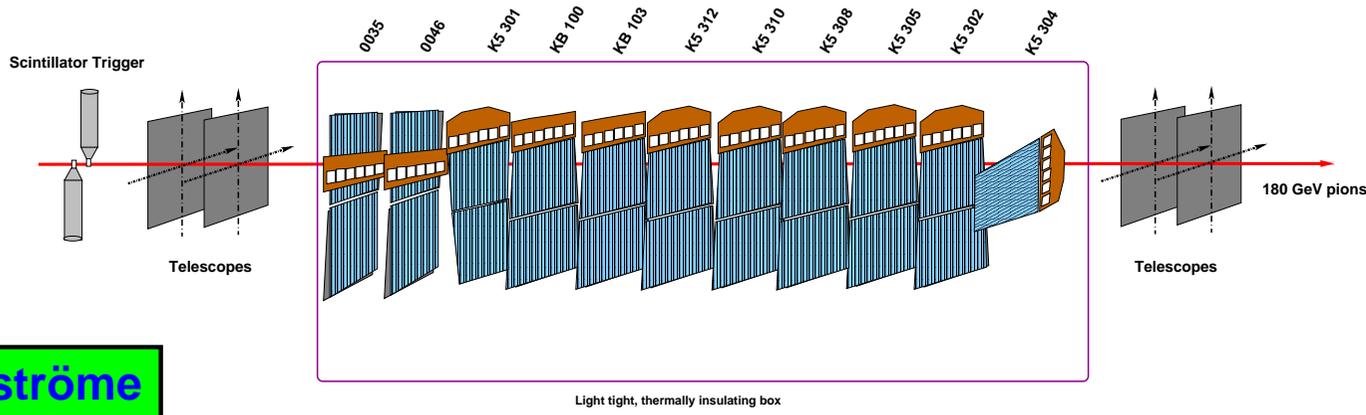


# Messungen bestrahlter Module an einem Pion-Teststrahl



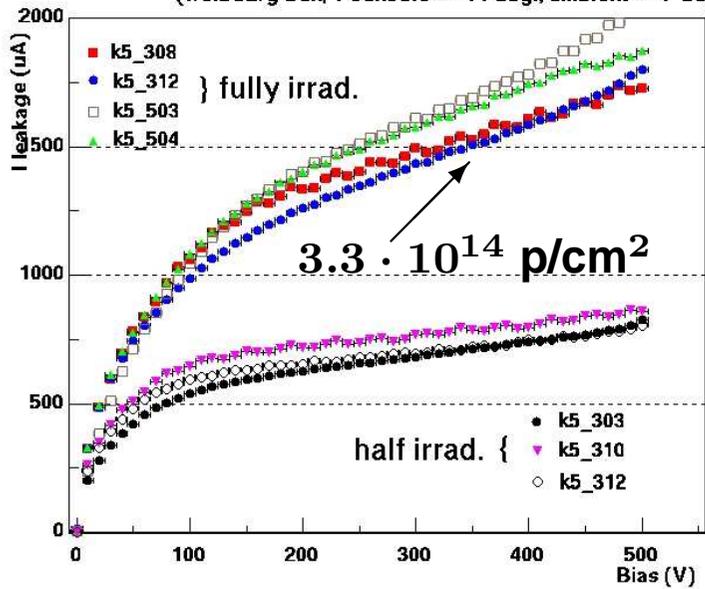


# Messungen bestrahlter Module an einem Pion-Teststrahl



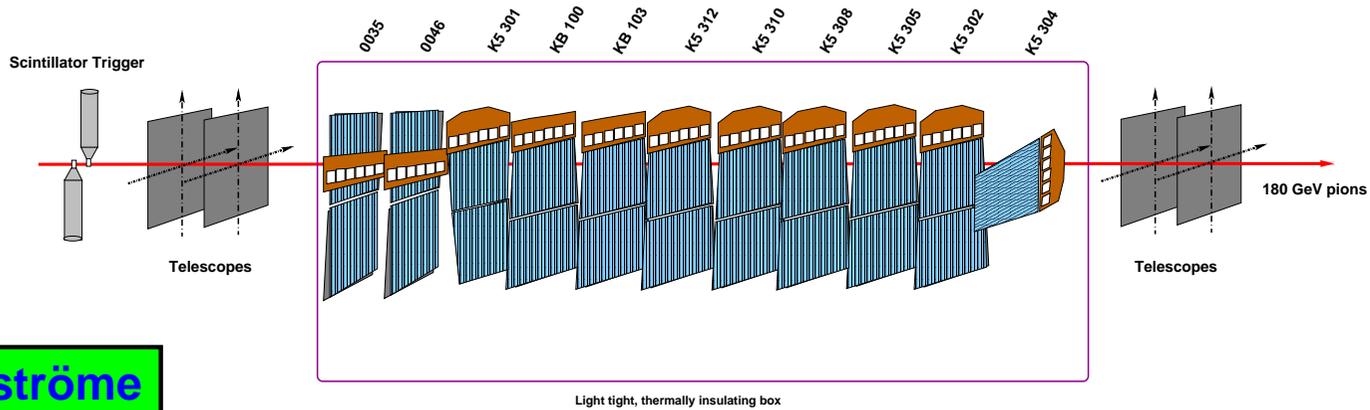
**Dunkelströme**

IV scan (LVOFF) T therm = -14 deg.  
(freibourg box, T sensors = -14 deg., ambient = -7 deg.)



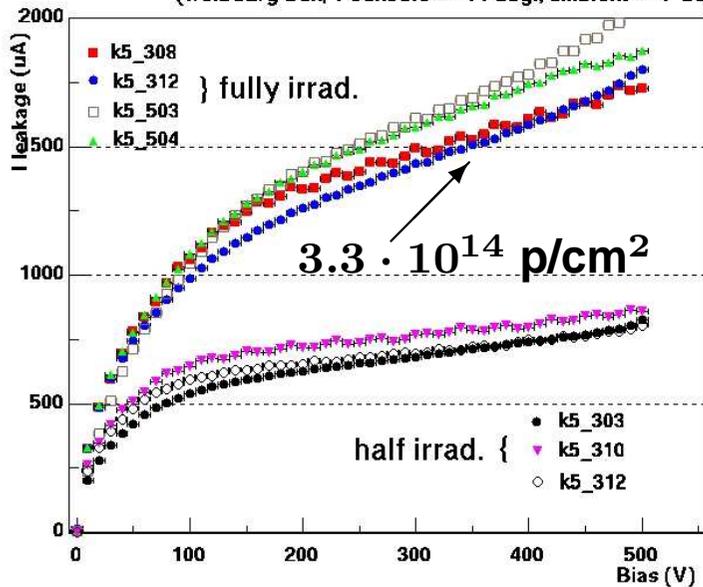


# Messungen bestrahlter Module an einem Pion-Teststrahl

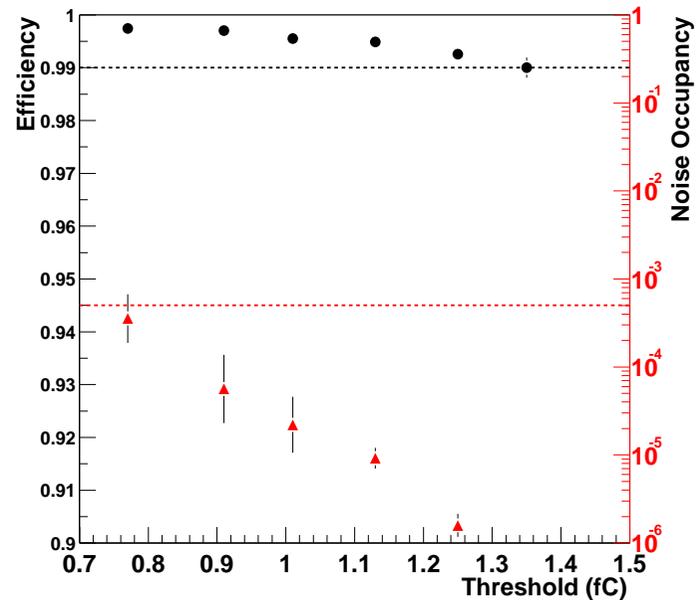


**Dunkelströme**

IV scan (LVOFF) T therm = -14 deg.  
(freibourg box, T sensors = -14 deg., ambient = -7 deg.)

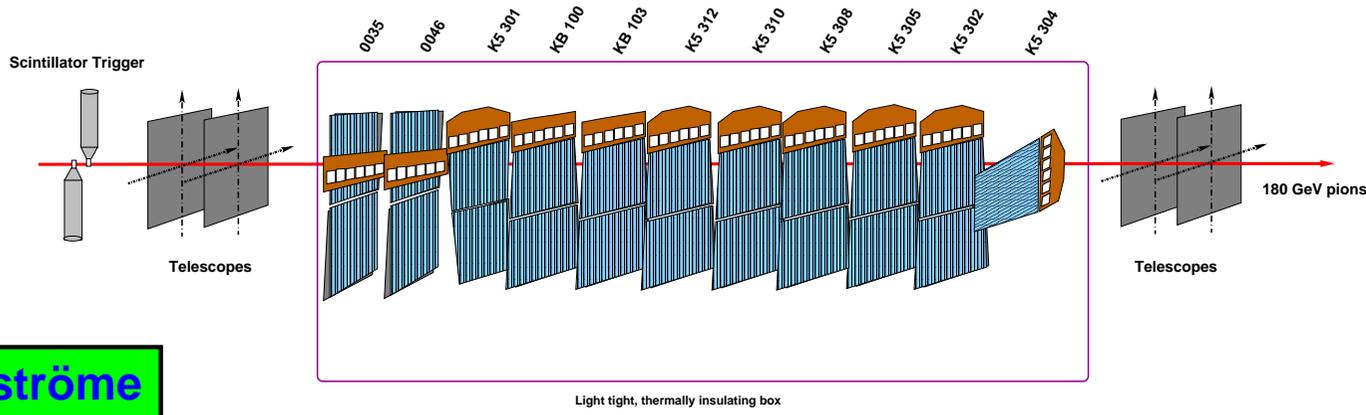


**unbestrahlt**



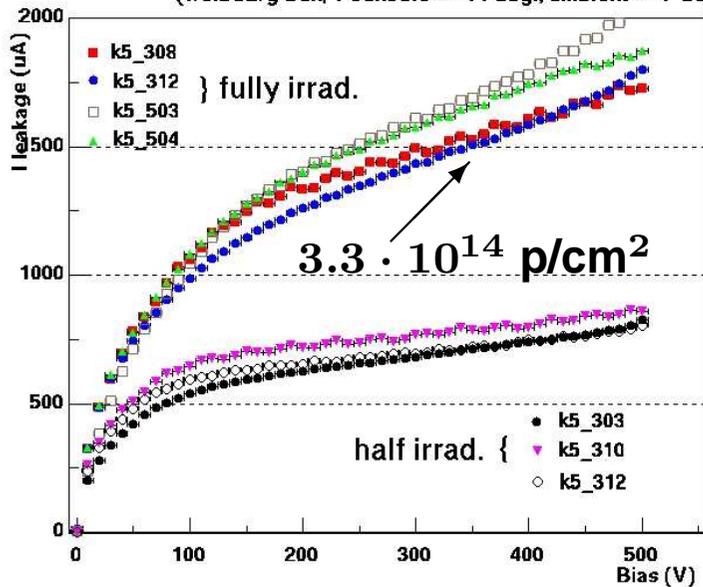


# Messungen bestrahlter Module an einem Pion-Teststrahl

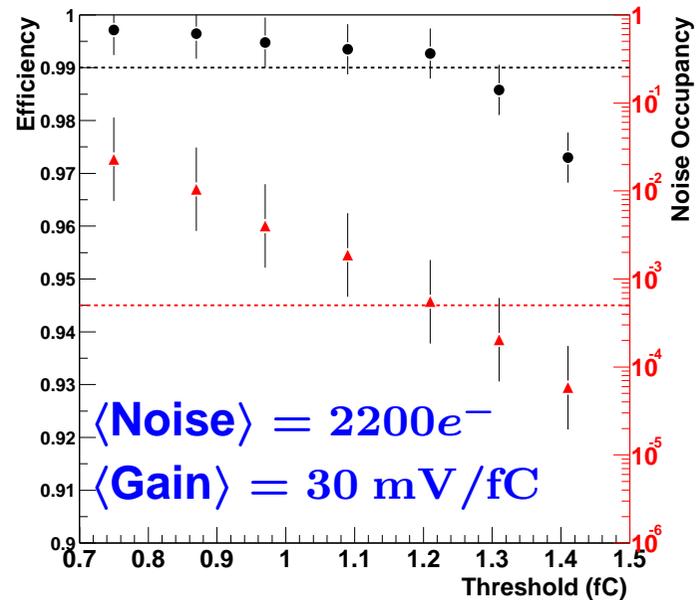


**Dunkelströme**

IV scan (LVOFF) T therm = -14 deg.  
(freibourg box, T sensors = -14 deg., ambient = -7 deg.)

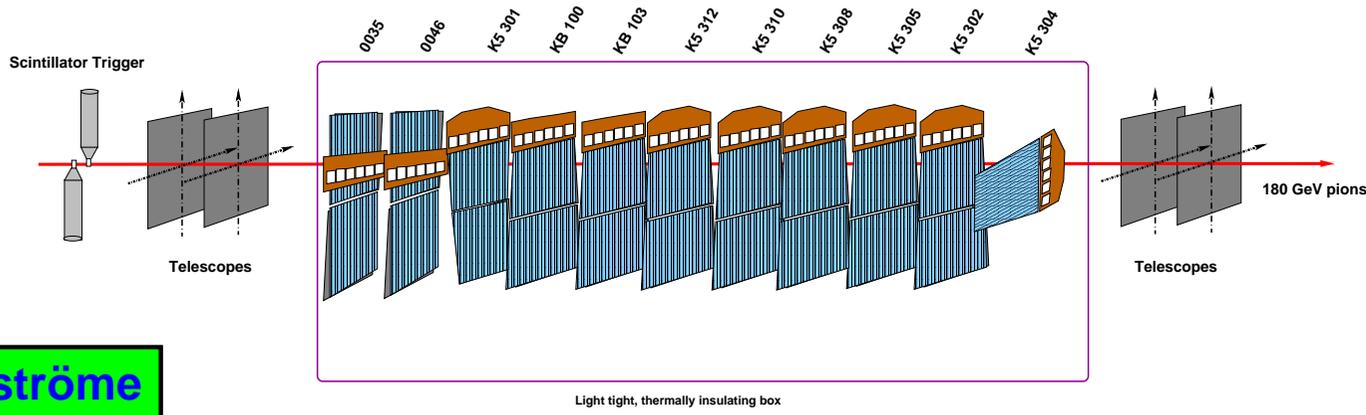


## Maximaldosis



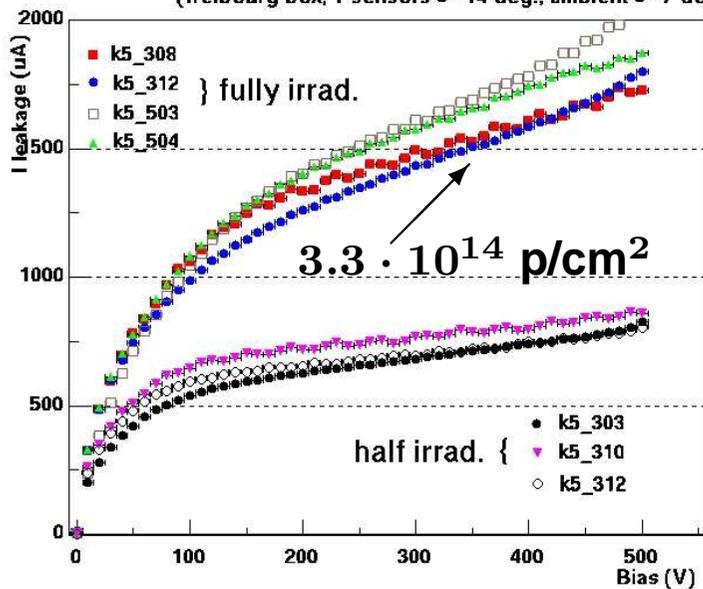


# Messungen bestrahlter Module an einem Pion-Teststrahl

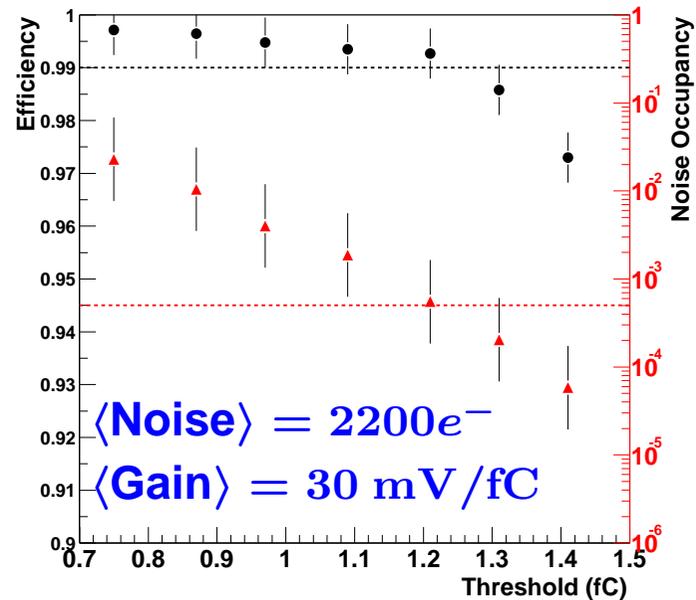


**Dunkelströme**

IV scan (LVOFF) T therm = -14 deg.  
(freibourg box, T sensors = -14 deg., ambient = -7 deg.)



**Maximaldosis**



**Mit geänderten Betriebsparametern werden die Anforderungen knapp erreicht.**



# Zusammenfassung

---

- Ein Teil des inneren Spurdetektor von ATLAS wird mit Silizium-Streifendetektoren, dem SCT, ausgestattet.



# Zusammenfassung

---

- Ein Teil des inneren Spurdetektor von ATLAS wird mit Silizium-Streifendetektoren, dem SCT, ausgestattet.
- An einer Reihe von Prototypen wurde die Erreichbarkeit der mechanischen Toleranzen demonstriert.



# Zusammenfassung

---

- Ein Teil des inneren Spurdetektor von ATLAS wird mit Silizium-Streifendetektoren, dem SCT, ausgestattet.
- An einer Reihe von Prototypen wurde die Erreichbarkeit der mechanischen Toleranzen demonstriert.
- Die elektrischen Eigenschaften unbestrahlter Module entsprechen den Anforderungen.



# Zusammenfassung

---

- Ein Teil des inneren Spurdetektor von ATLAS wird mit Silizium-Streifendetektoren, dem SCT, ausgestattet.
- An einer Reihe von Prototypen wurde die Erreichbarkeit der mechanischen Toleranzen demonstriert.
- Die elektrischen Eigenschaften unbestrahlter Module entsprechen den Anforderungen.
- Nach radioaktiver Bestrahlung mit der vollen Dosis, entsprechend 10 Jahre LHC Betrieb, sind die elektrischen Eigenschaften der Module verschlechtert und die Designwerte werden nur knapp erreicht.



# Zusammenfassung

---

- Ein Teil des inneren Spurdetektor von ATLAS wird mit Silizium-Streifendetektoren, dem SCT, ausgestattet.
- An einer Reihe von Prototypen wurde die Erreichbarkeit der mechanischen Toleranzen demonstriert.
- Die elektrischen Eigenschaften unbestrahlter Module entsprechen den Anforderungen.
- Nach radioaktiver Bestrahlung mit der vollen Dosis, entsprechend 10 Jahre LHC Betrieb, sind die elektrischen Eigenschaften der Module verschlechtert und die Designwerte werden nur knapp erreicht.
- Die am ATLAS SCT beteiligten Gruppen beginnen in Kürze mit der Serienproduktion der Module.