



---

# GRISU-2

## Statusbericht

**Sven Löchner**

*GSI Darmstadt*



# Agenda

---

## Agenda

- **GRISU 2**
  - Änderungen gegenüber GRISU 1
  - Erste Ergebnisse der Inbetriebnahme
- **Xe-132 Strahltest 3./4. Juli 2008**
  - Erweiterte Testumgebung
  - Erste Resultate
- **Vorbereitung C-12 Strahltest 7./8. Juli 2008**
- **X-ray Bestrahlungstest Karlsruhe 14.-18. Juli 2008**



# GRISU 2

---

## Änderung gegenüber GRISU 1:

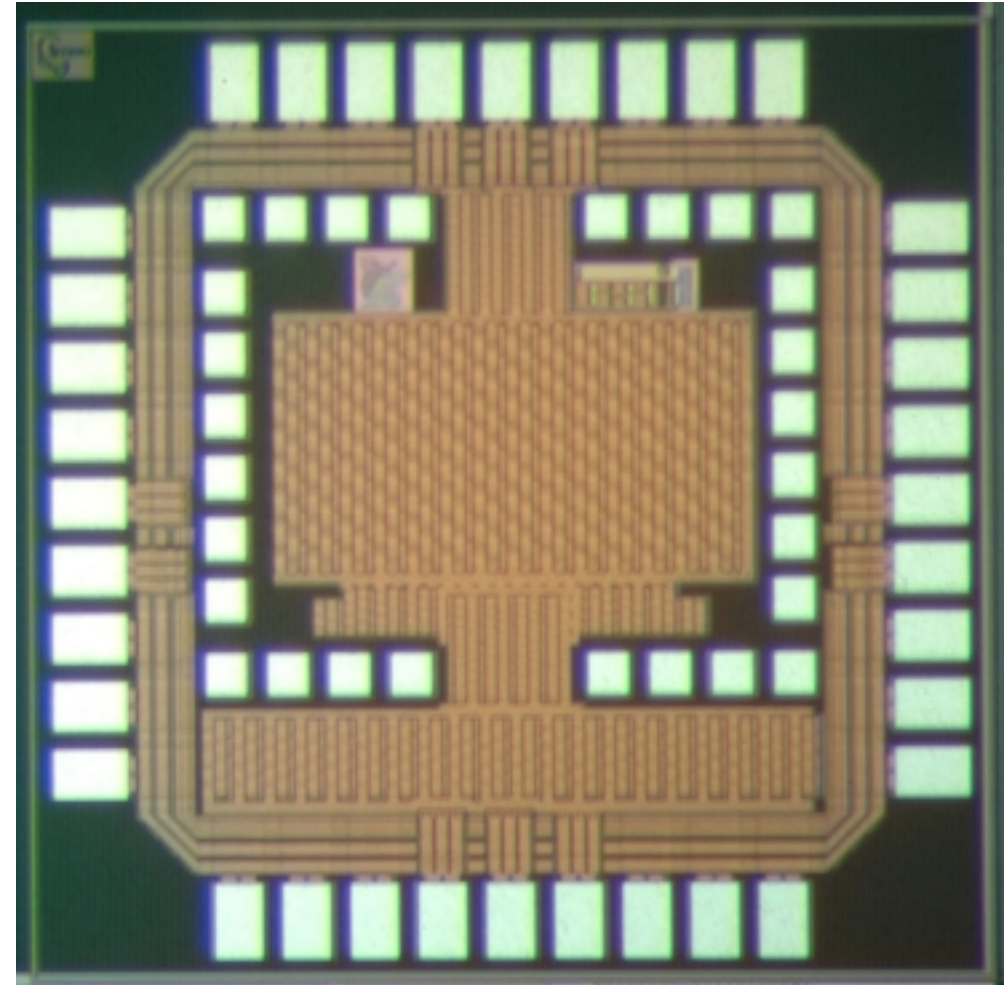
- **Behebung eines Layout-Fehlers (Bulk-Dioden-Kurzschluss)**
  - Führt zu einem Kurzschluss im 3,3V (Pad) / 1,8V (Core) Betrieb  
=> Pads mussten mit 1,8 V betrieben werden
- **Änderungen an den Transistor-Teststrukturen**
  - Einbau von ESD-Schutzdioden an den Gate-Eingängen
  - Austausch einer NMOS Teststruktur durch eine Zero-Vt Struktur
- **Ringoszillator**
  - Einbau eines weiteren Oszillators mit verändertem Inverter-Parameter



# GRISU 2

## Inbetriebnahme GRISU 2:

- alle Änderungen funktionieren
  - 3,3 V Pad-Betrieb nun möglich
  - Teststrukturen deutlich robuster (mehr dazu später)
  - Oszillations-Frequenz des neuen Ringoszillators zeigt bessere Übereinstimmung mit der Simulation
- jedoch:
  - weiterhin deutlich abweichende Schaltzeiten eines Inverters mit minimalen Transistorgrößen zwischen Simulation u. Messung  
 $t_{\text{sim}} = 31,5\text{ps} \Leftrightarrow t = 45,4\text{ps}$   
(30% langsamer)





# GRISU 2 - Teststrukturen

## 4 Gruppen mit je 4 Transistor-Teststrukturen

• NMOS Transistoren	$W = 0,24 \mu\text{m}$	$L = 1,80 \mu\text{m}$	$W/L = 0,13$
	$W = 2,40 \mu\text{m}$	$L = 0,18 \mu\text{m}$	$W/L = 13,33$
	$W = 0,24 \mu\text{m}$	$L = 0,18 \mu\text{m}$	$W/L = 1,33$
	$W = 2,40 \mu\text{m}$	$L = 1,80 \mu\text{m}$	$W/L = 1,33$
• Zero-Vt Transistoren	$W = 2,40 \mu\text{m}$	$L = 3,00 \mu\text{m}$	$W/L = 0,80$
	$W = 0,24 \mu\text{m}$	$L = 0,30 \mu\text{m}$	$W/L = 0,80$
Low-Vt Transistoren	$W = 0,24 \mu\text{m}$	$L = 0,24 \mu\text{m}$	$W/L = 1,00$
	$W = 2,40 \mu\text{m}$	$L = 2,40 \mu\text{m}$	$W/L = 1,00$
• Enclosed Transistoren	$W = 2,28 \mu\text{m}$	$L = 0,18 \mu\text{m}$	$W/L = 12,67$
	$W = 6,70 \mu\text{m}$	$L = 1,80 \mu\text{m}$	$W/L = 3,72$
Enclosed Zero-Vt Finger Transistor (10x)	$W = 4,48 \mu\text{m}$	$L = 0,30 \mu\text{m}$	$W/L = 14,93$
	$W = 10 \cdot 0,24 \mu\text{m}$	$L = 0,18 \mu\text{m}$	$W/L = 13,33$
• PMOS Transistoren	$W = 2,40 \mu\text{m}$	$L = 1,80 \mu\text{m}$	$W/L = 1,33$
	$W = 0,24 \mu\text{m}$	$L = 0,18 \mu\text{m}$	$W/L = 1,33$
Enclosed PMOS Transistor Finger Transistor (10x)	$W = 6,70 \mu\text{m}$	$L = 1,80 \mu\text{m}$	$W/L = 3,72$
	$W = 10 \cdot 0,24 \mu\text{m}$	$L = 0,18 \mu\text{m}$	$W/L = 13,33$



# GRISU 2 - Teststrukturen

---

- **Kontaktierung der Teststrukturen via Test-Pads**

- kleiner und dichter beieinander liegend als Standard I/O Pads
- deutlich schwieriger zu bonden

=> **DANKE an Harald** für die 15 Testchips mit Teststrukturenanschluss

- **Automatisierte Messung der Transistor-Kennlinien**

- Output ( $U_{ds} - I_{ds}$ )
- Transfer ( $U_{gs} - I_{ds}$ )

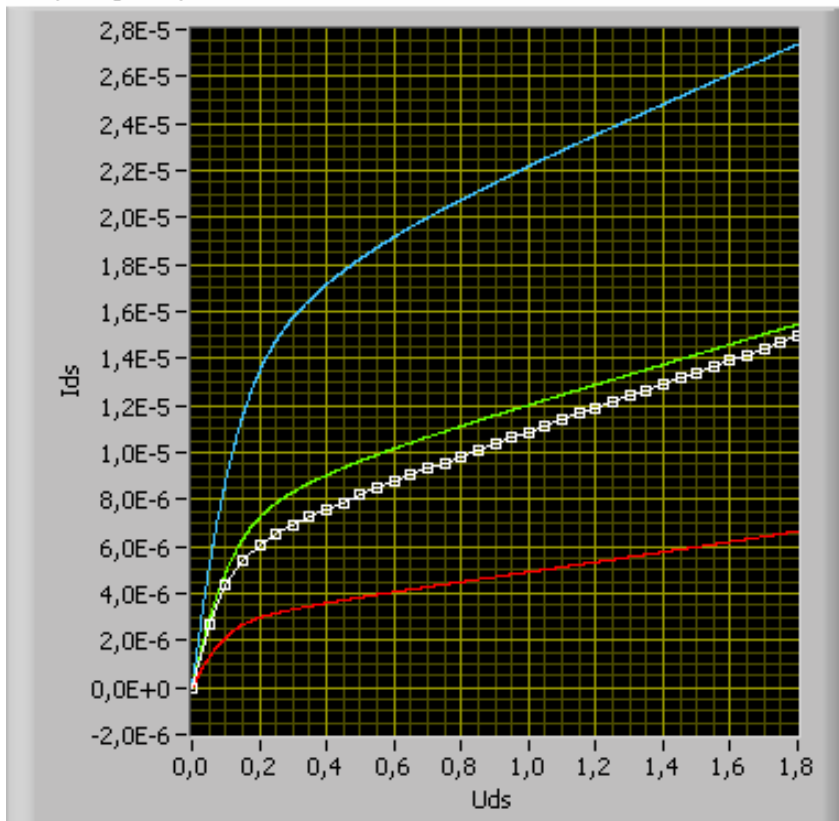
mit LabView

- **Messdauer aller Transistoren: ca. 15 Minuten**

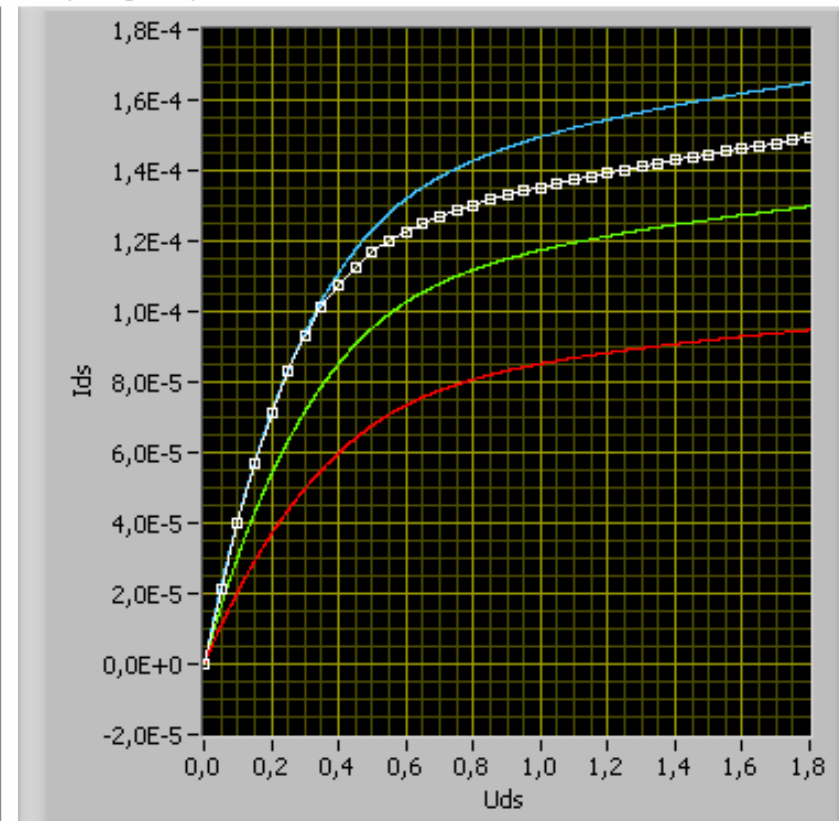


# GRISU 2 - Teststrukturen

output  $V_{gs} = 0,6V$



output  $V_{gs} = 1,5V$

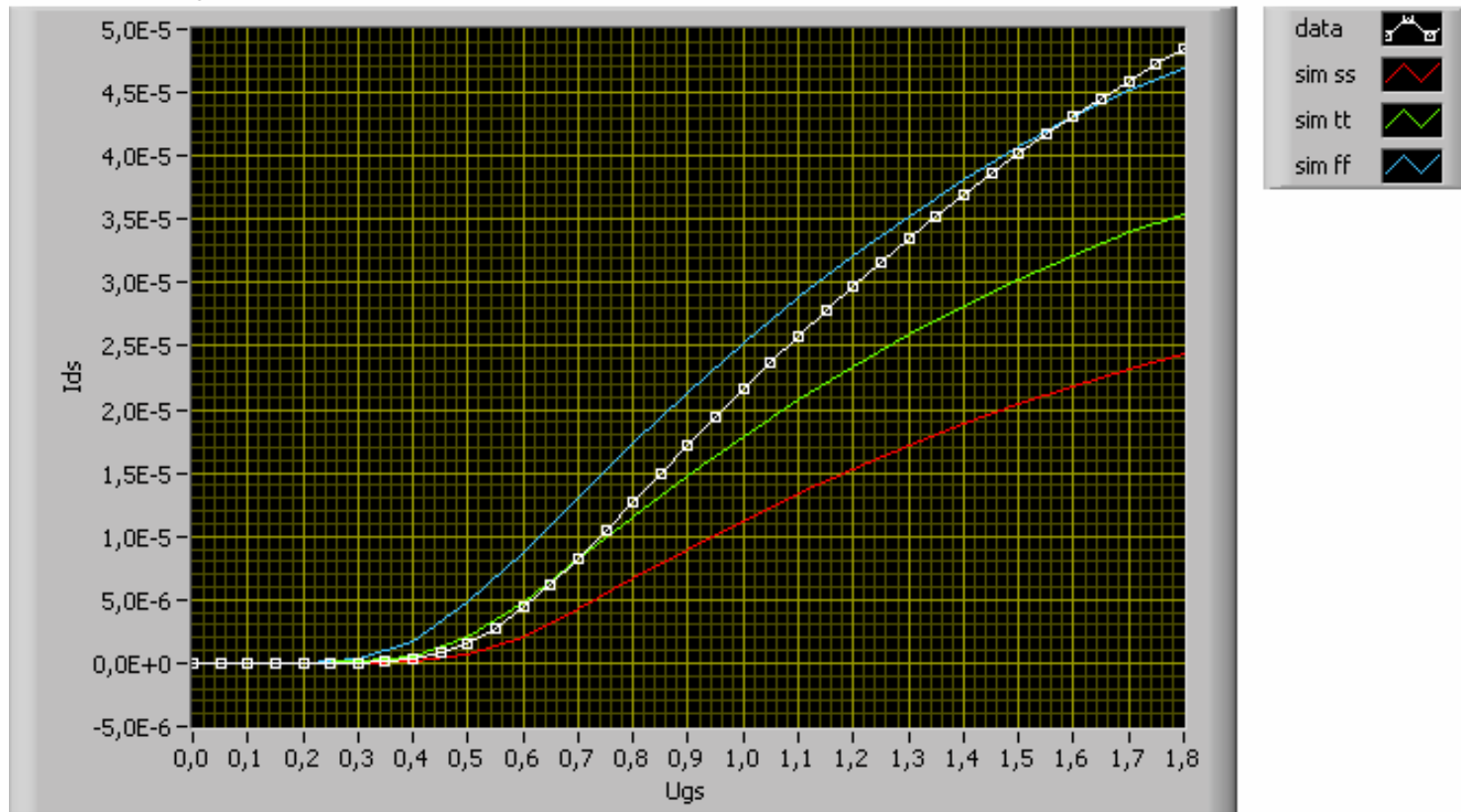


**Output-Messung einer NMOS-Teststruktur (0,24/0,18)  
bei  $U_{gs} = 0,6V$  (links) sowie  $U_{gs} = 1,5V$  (rechts)**



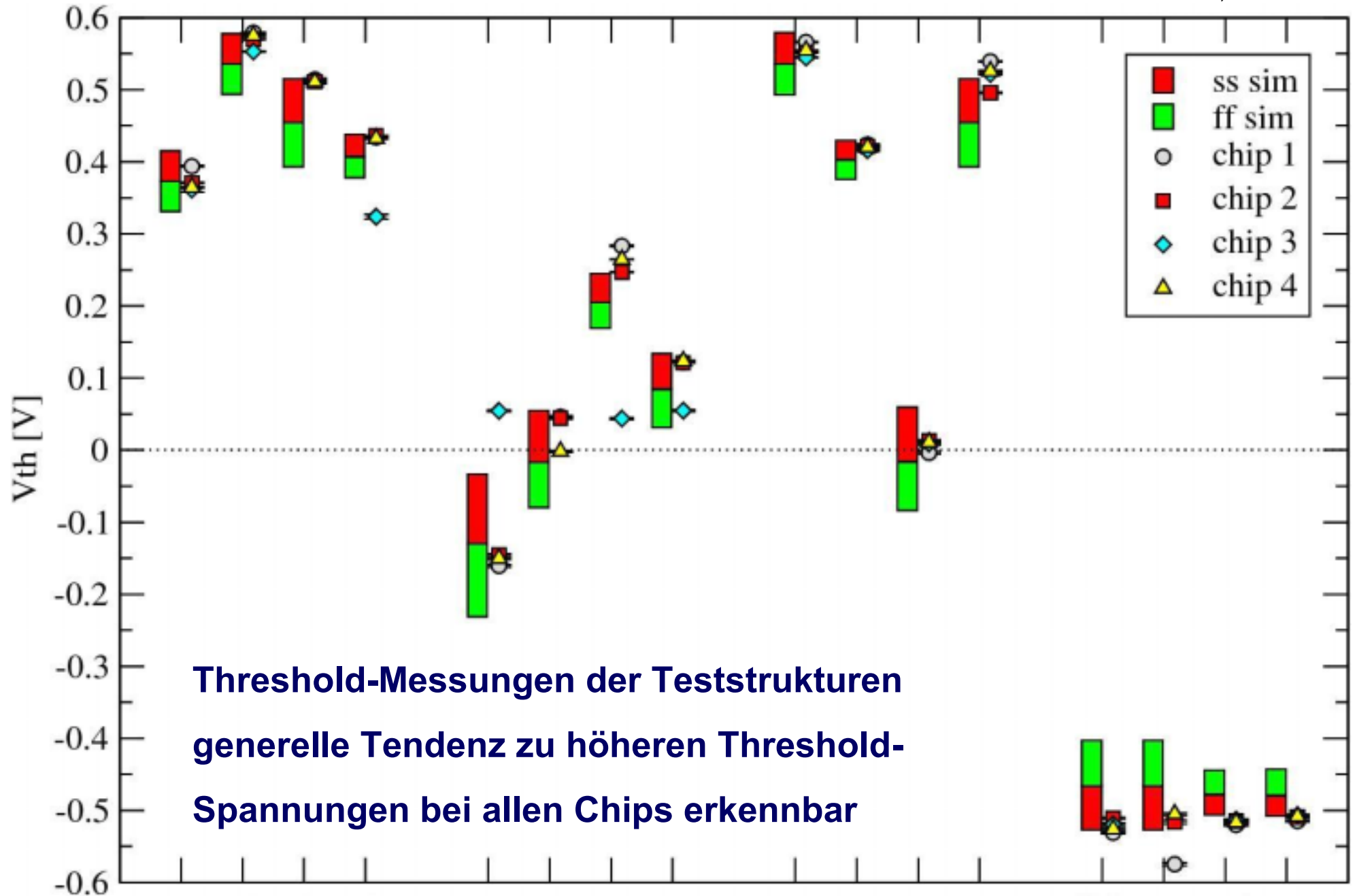
# GRISU 2 - Teststrukturen

transfer  $U_{ds} = 0,1V$



**Transfer-Messung einer NMOS-Teststruktur (0,24/0,18) bei  $U_{ds} = 0,1V$   
 => Probleme mit den vorhandenen Modellen diese Verhalten zu simulieren**







# Xe-132 Strahltest

---

**Nach mehrmaligen Verschiebungen der Strahlzeit:**

- **3./4. Juli 2008: Bestrahlung mit Xe-132 in X6**
  - 11,4 MeV/AMU
  - 10  $\mu$ A und 300  $\mu$ A
- **Diesmal sehr gute Strahl-Qualität**
- **4 GRISU-2 Chips bestrahlt**
- **Test der Auslese der Ionisationskammer mit dem QFW-Chip**

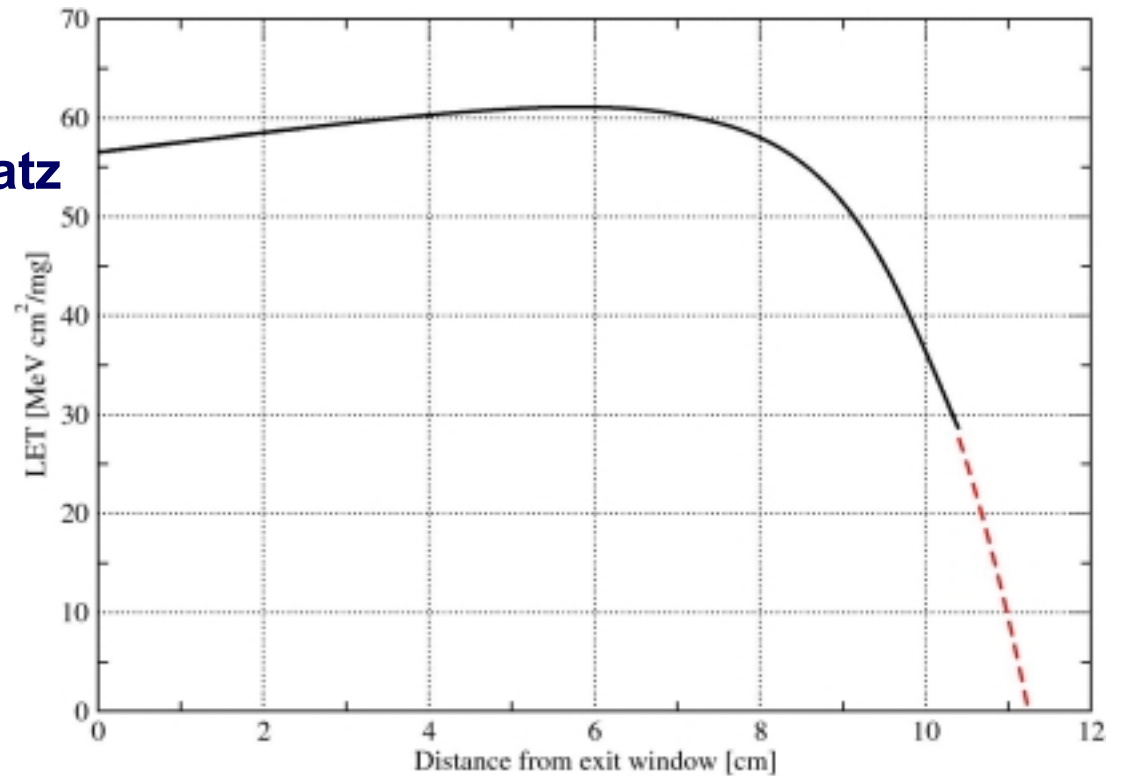
**DANKE an die Gruppe um M. Scholz (Bio-Physik) für die Möglichkeit in X6 zu bestrahlen**



# Simulation LET für Xe-132

**LET (Linear Energy Transfer) vs. Wegstrecke in Luft:**

- 11,4 MeV Xe-132 am X6 Strahlplatz
- Simulation berücksichtigt:
  - 25  $\mu\text{m}$  Kapton (Austrittsfenster)
  - Ionisationskammer
  - 10  $\mu\text{m}$  Eindringtiefe ins Silizium (ASIC)
- Max. Reichweite: 11 cm
- LET 30..62  $\text{MeV cm}^2/\text{mg}$  möglich





# Auswertung (Vortrag 19.5.08)

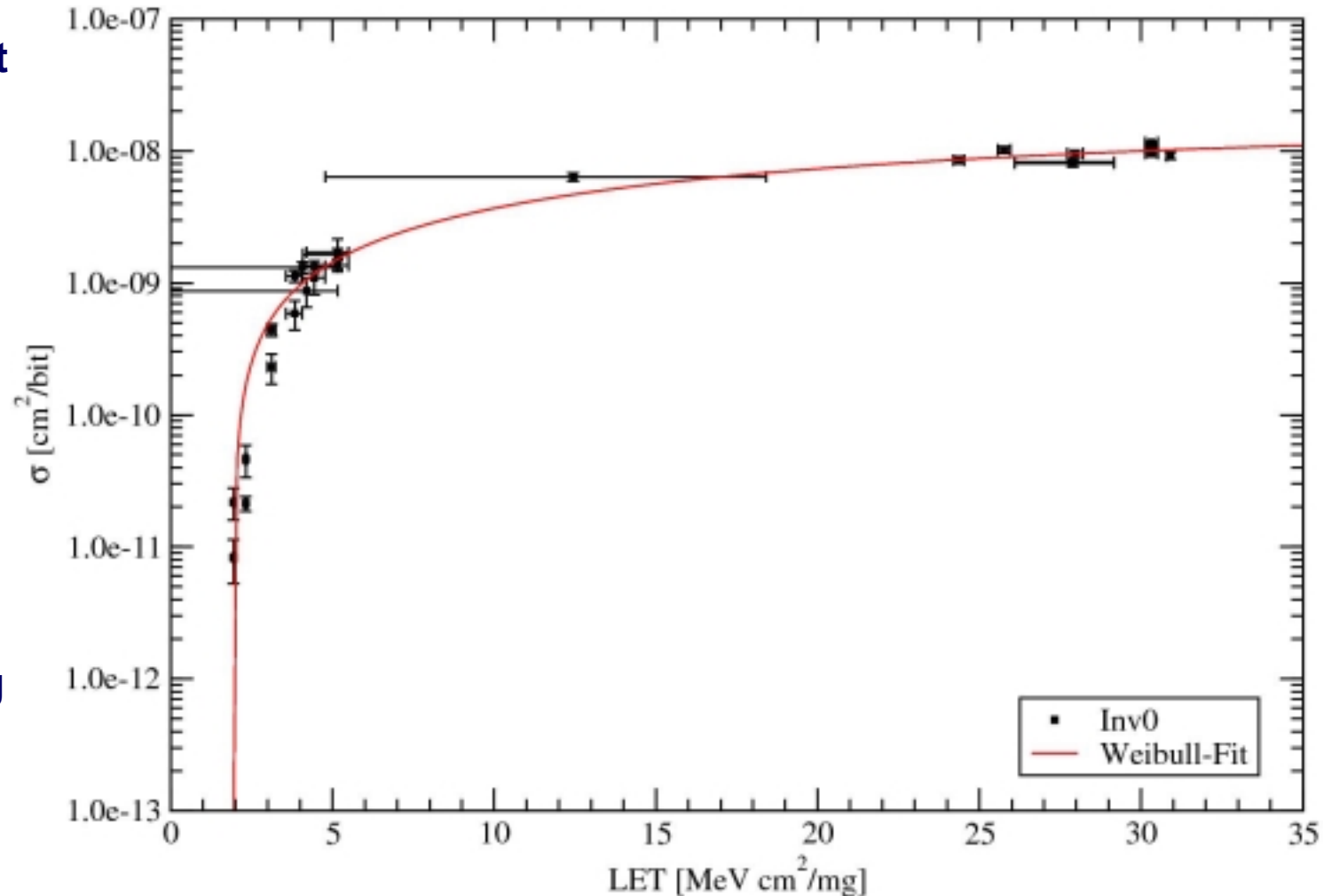
**Wirkungsquerschnitt  
eines „Inverter 0“  
für verschiedene  
LET-Messungen**

**aus Ni-Strahltest:  
Daten im Bereich  
10..30 MeV cm<sup>2</sup>/mg**

**aus C-Strahldaten:  
Daten im Bereich  
2..6 MeV cm<sup>2</sup>/mg**

**=> LET<sub>crit</sub> bei  
1,94 MeV cm<sup>2</sup>/mg**

**=> σ<sub>sat</sub> bei  
1,62e-08 cm<sup>2</sup>/bit**





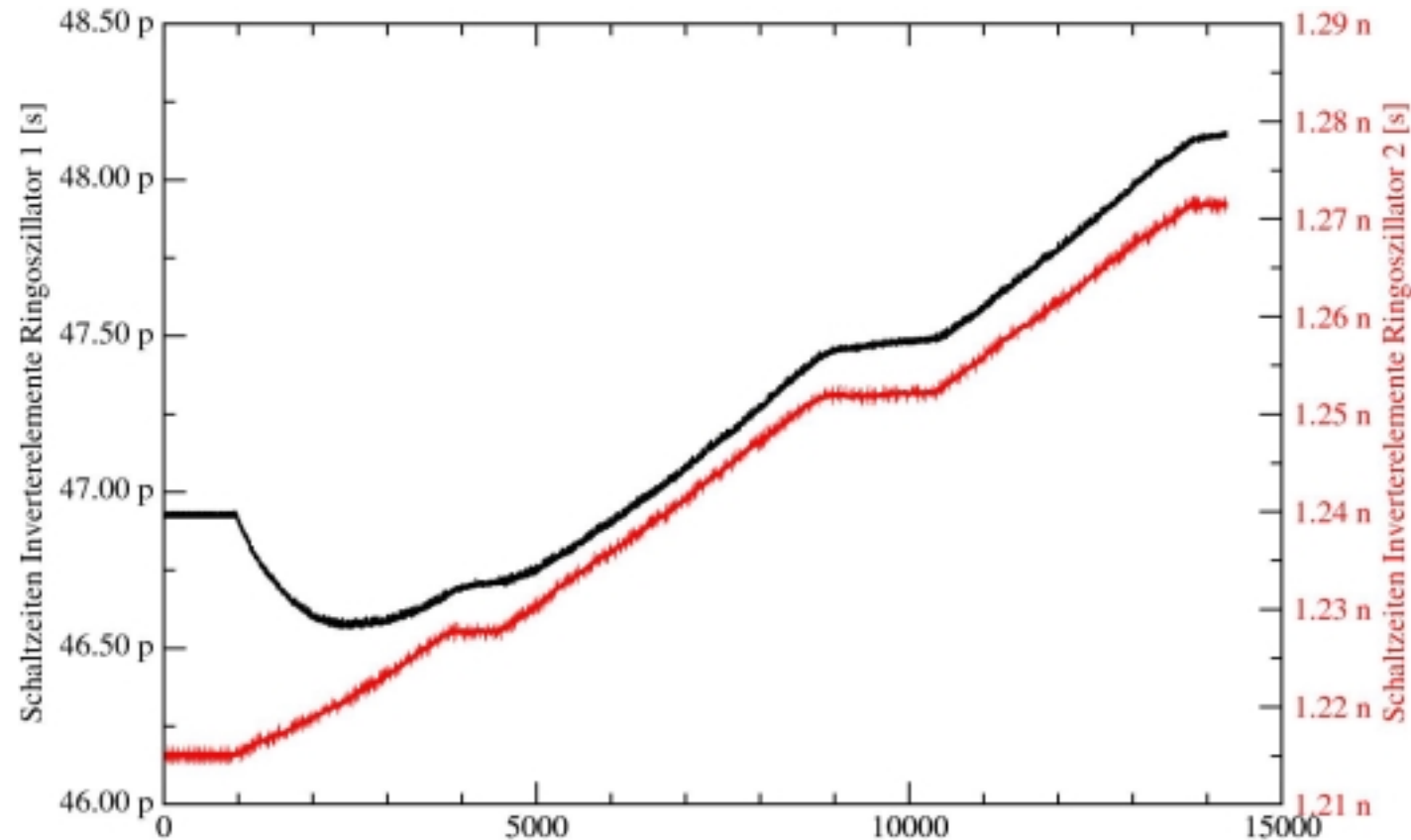
# Strahltests

---

- **End-Auswertung der Ergebnisse von allen Strahlzeiten**
  - **Ni-58**      **Februar 2008**
  - **C-12**      **April 2008**      **(schlechte Strahlqualität, Probleme Dosimetrie)**
  - **Xe-132**    **Juli 2008**
  - **C-12**      **Juli 2008**
- **in den nächsten Wochen (bzw. nach Urlaub)**
- **Danach Präsentation der Ergebnisse und Bewertungen**



# Strahltest Xe-132



**Schaltzeiten der beiden Ringoszillatoren 1 und 2 während einer Bestrahlung  
(Dauer ca. 2 Stunden mit 2 Unterbrechnungen)**



# Strahltest Xe-132

## Idee: Online-Messung der Ionisationskammer mit dem QFW-Chip:

### ● Problem:

- die zu erwartenden Ströme der Ionisationskammer liegen im Bereich von 2 bis 25 mA
- QFW ist dafür ausgelegt, Ströme von einigen pA bis max. 10  $\mu$ A zu messen

### ● Lösung:

- Stromteiler zwischen Ionisationskammer und QFW-Chip
- Benutze dazu einen Op-Amp (LMH 6628, Ausgangstreiber bis 100  $\Omega$ ) mit DC-Arbeitspunkt des QFW am Nicht-Invertierendem Eingang

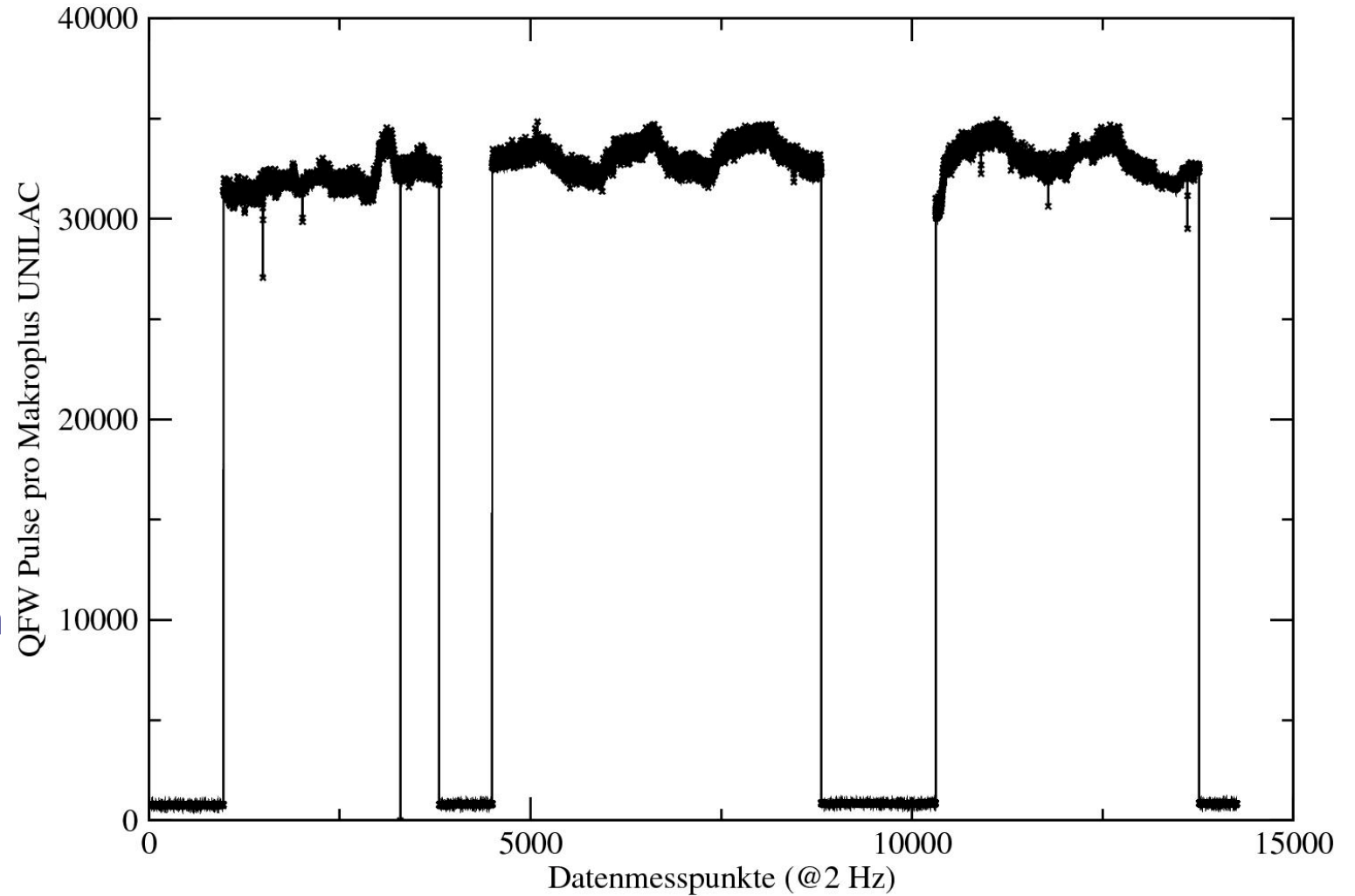
### ● Tests:

- Mit dieser Schaltung konnten im Labor Ströme bis ca. 30 mA gemessen werden
- und im Strahlbetrieb? ...



# QFW Chip im Einsatz

**Beispielmessung  
im sensitiven  
QFW-Messbereich  
bei einem  
Strahlstrom von  
ca. 10  $\mu\text{A}$**







# Strahltest C-12

---

## C-12 Strahltest:

- **Gleiches Bestrahlungssetup wie bei Xe-132**
  - wieder mit QFW-Chip
- **Bestrahlung voraussichtlich am 7./8. Juli 2008**
  - Alternative Bestrahlungsmöglichkeit am 8./9. Juli 2008
- **Wiederholung der C-12 Bestrahlung vom April 2008**
  - Bestätigung der Messergebnisse



# X-ray Bestrahlung Karlsruhe

---

- **Bestrahlung der Teststrukturen auf dem GRISU-2 Chip mit Röntgenstrahlung**
- **Besichtigung der Bestrahlungsanlage bereits Mitte Juni im Forschungszentrum Karlsruhe**
- **Röntgenquelle mit max. 150-180 krad / h**
- **Bestrahlungstermin: 14.-18. Juli 2008**
- **Messung**
  - **Transistor-Kennlinien**
  - **Threshold-Spannungen**
  - **Stromaufnahme**
  - **Schaltzeiten der beiden Ringoszillatoren**
- **Maximale Dosis abhängig von den Vorort-Ergebnissen, jedoch wenn möglich bis mehrere Mrad**



# Zusatzfolien...

---

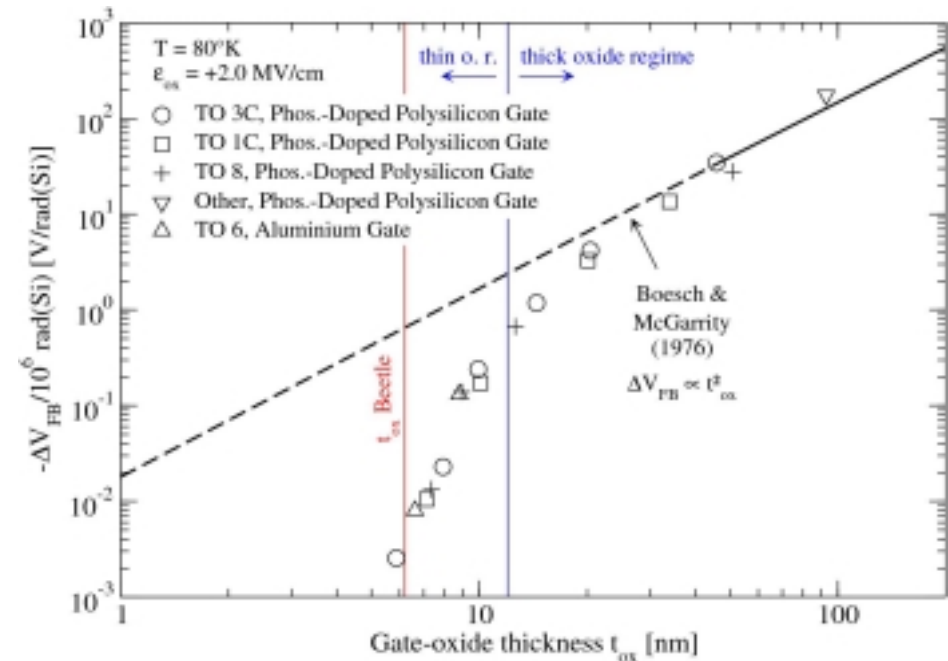
## Zusatzfolien...



# Radiation hardness (1)

## Steps towards a radiation hard layout in CMOS:

- $T_{ox} > 10$  nm:  
Delta  $V_{th} \sim 1/T_{ox}^2$
- $T_{ox} < 10$  nm:  
Trapped charges in the gate oxide are reduced due to tunneling



Threshold shift after irradiation of 1 Mrad as a function of the gate-oxide thickness



# Radiation hardness (2)

## Steps towards a radiation hard layout in CMOS:

- Prevent of nMOS leakage currents due to chip irradiation:
  - Using enclosed transistors (right) instead of linear transistors (left)
- Disadvantage:
  - Complex model of transistor behavior
  - Larger area consumption
  - Bigger parasitic capacitances
  - Small W/L ratios not possible

