



Beetle

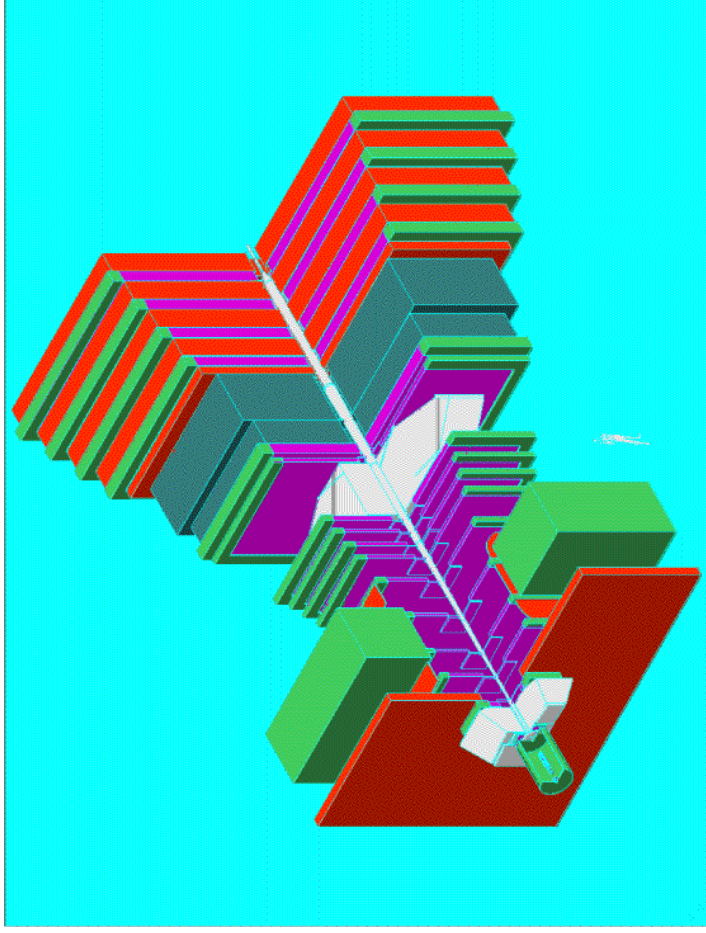
Ein strahlenharter Auslesechip für LHCb

Niels van Bakel, Jo van den Brand, Hans Verkooijen
(NIKHEF Amsterdam)

Daniel Baumeister, Werner Hofmann, Karl-Tasso Knöpfle,
Sven Löchner, Michael Schmelling, Edgar Sexauer, Ulrich Trunk
(Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg)

Martin Feuerstack-Raible, Josef Schweda
(Universität Heidelberg)

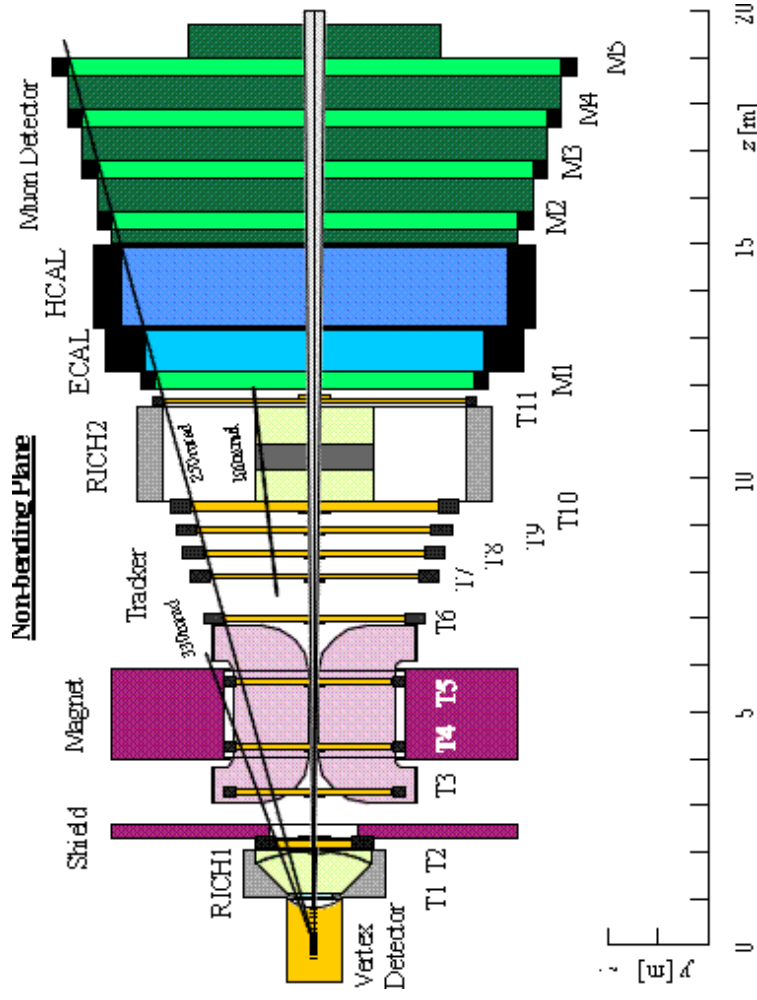
Neville Harnew, Nigel Smale
(University of Oxford)



Studium der CP-Verletzung im System der B-Mesonen

LHCb

Inbetriebnahme 2006 am LHC
Kollision von Protonen mit Protonen
Vorwärtsspektrometer





Detektoren

Vertex-Detektor von LHCb:

- Dicke des Siliziumdetektors: 150-200 um
- Streifenabstand: 40-60 um
- Streifenkapazität: 10 pF
- Deponierte Ladung eines minimal ionisierenden Teilchens (MIP) in 150 um Silizium: 11.000 e
- akkumulierte Strahlendosis pro Jahr: 2 Mrad

Inneres Spurekennungssystem:

- endgültige Technologieentscheidung offen
- Kombination aus Siliziumstreifen-Zählern und Mikrostreifengaszählern
- akkumulierte Strahlendosis pro Jahr: 1 Mrad
- > identischer Auslesechip für Vertexdetektor und inneres Spurekennungssystem

RICH (Ausweichmöglichkeit):

Multi Anode Photo Multiplier Tube





Technische Daten

Schlüsselparameter des L0-Triggersystems:

- Datennahme mit 40 MHz
- L0-Triggerrate 1 MHz
- max. Auslesezeit für ein Ereignis: 900 ns
- max. Latenzzeit: 160 Taktzyklen (= 4 us)
- Anzahl der gespeicherten Ereignisse: 16

Anforderungen an die Ausleseelektronik:

- Pulsanstiegszeit: < 25 ns
- Pulsabfallszeit: < 30% nach 25 ns
- dynamischer Bereich: +/- 10 MIP
- $S/N > 14$ unabhängig von Bestrahlung
- Ausgabe eines schnellen Triggersignals für Pile-Up Veto
- max. Leistungsaufnahme pro Kanal: 4 mW
- kumulierte Strahlendosis: 10 Mrad über 5 Jahre

Maßnahmen zur Erzielung der Strahlenhärte

Maßnahmen zur Erzielung der Strahlenhärte:
(CMOS Technologie)

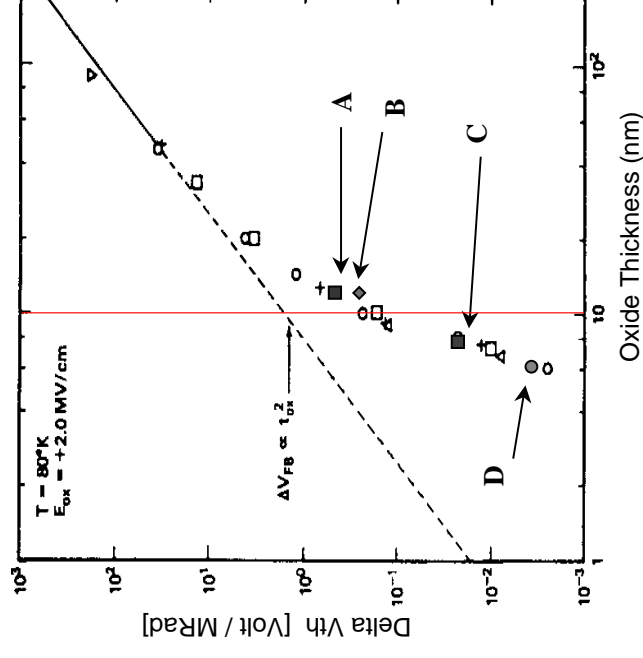
Tox > 10 nm:

$\Delta V_t \sim 1/\text{Tox}^2$

Tox < 10 nm:

Durch den Tunneleffekt werden die im
Gateoxid gefangenen Ladungen
reduziert

Verschiebung der Schwellenspannung
nach Bestrahlung mit 1 Mrad als
Funktion der Gateoxidicke



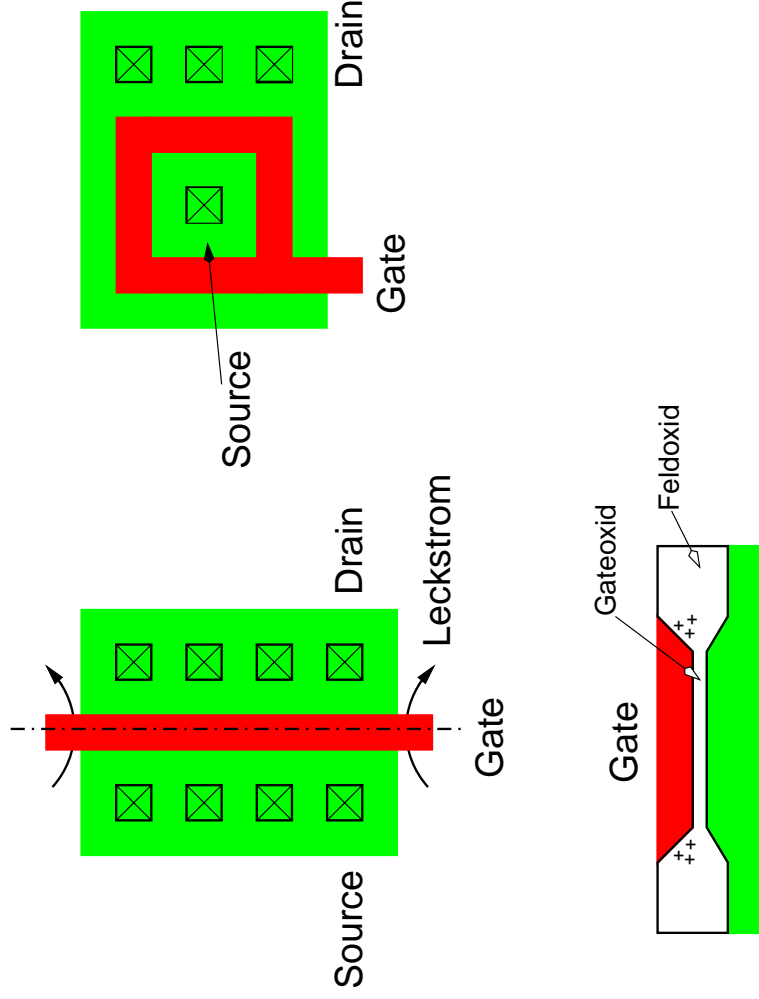
Technologie A,B: 0.5 μm
Technologie C: 0.35 μm
Technologie D: 0.25 μm

After N.S. Saks, M.G. Ancona, and J.A. Modolo,
IEEE Trans.Nucl.Sci., Vol NS-31 (1984) 1249

Maßnahmen gegen Leckströme

Zunahme des Leckstromes bei nMOS-Transistoren mit der Bestrahlung

Benutzung von geschlossenen nMOS-Transistoren:

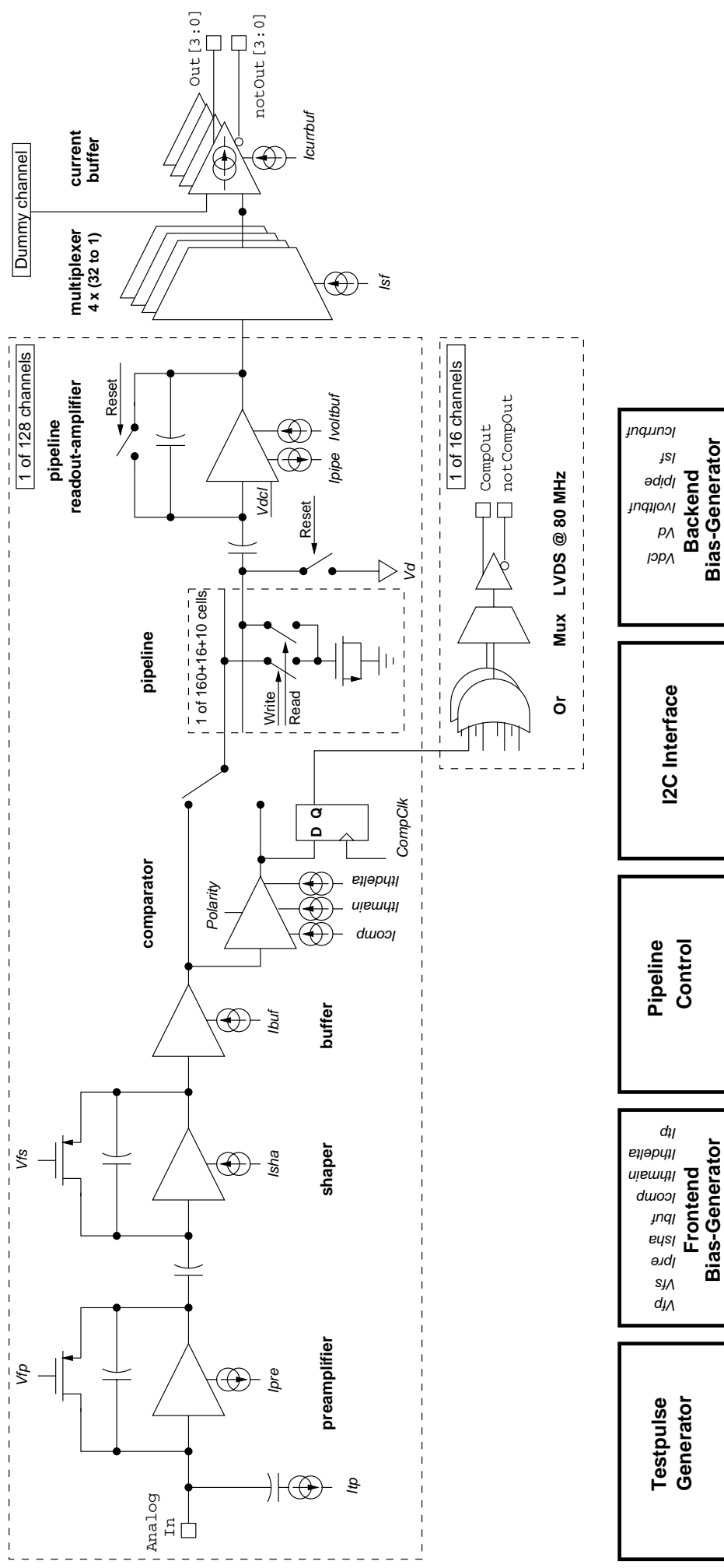


Nachteile:

- komplexe Modellierung des Transistorverhaltens notwendig
- Transistoren mit großer Kanallänge nicht möglich
- größerer Flächenverbrauch
- größere parasitäre Kapazitäten

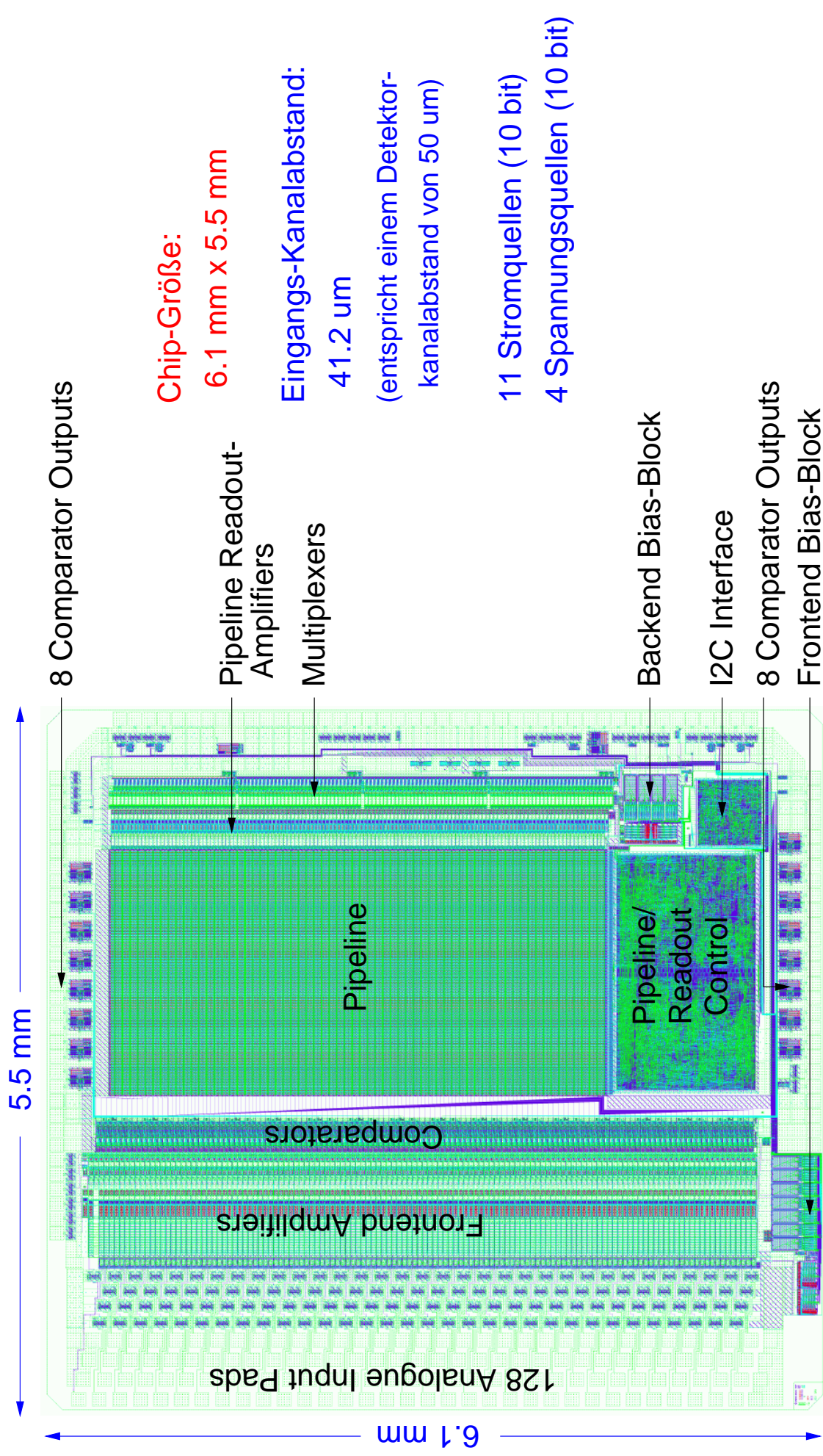


Funktionsübersicht Beetle 1.1





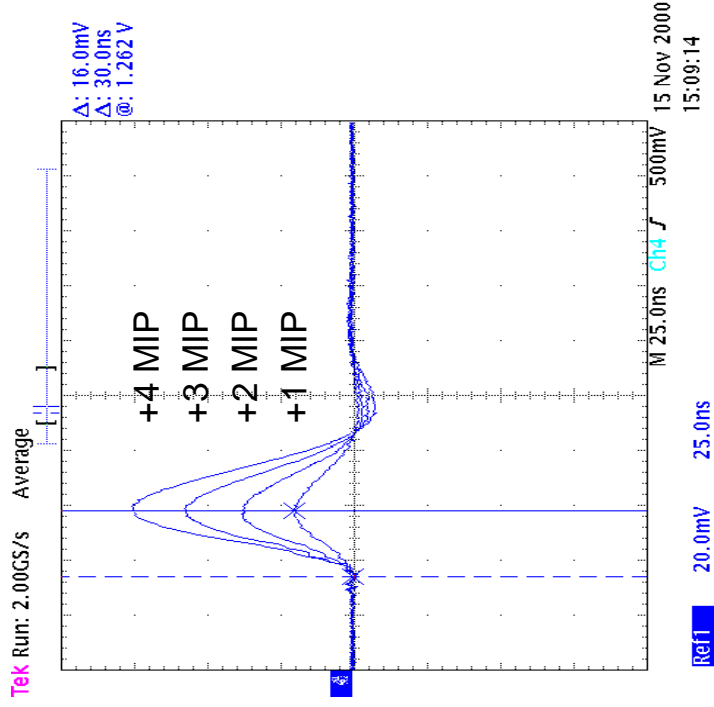
Layout des Beetle 1.1



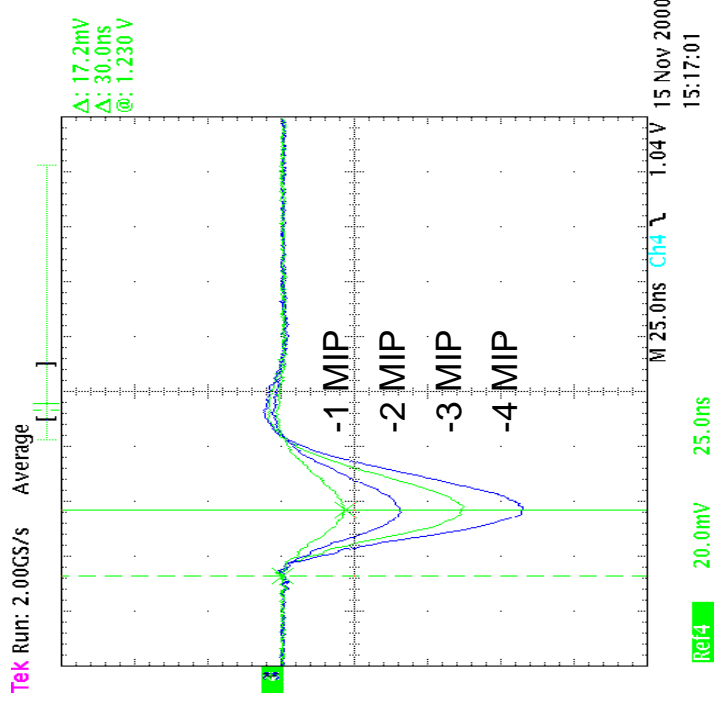


Vorverstärker

Messung am Testkanal des Beetle



(Ipre=500uA, Isha=80uA, Vfp=Vfs=0V)



zu langsame Anstiegszeit

gemessen: 30 ns

simuliert: 19 ns

(BeetleFE 1.0: 25 ns)

Verstärkung [mV/MIP]

gemessen: 16 (17.2)

simuliert: 19.2 (19.1)



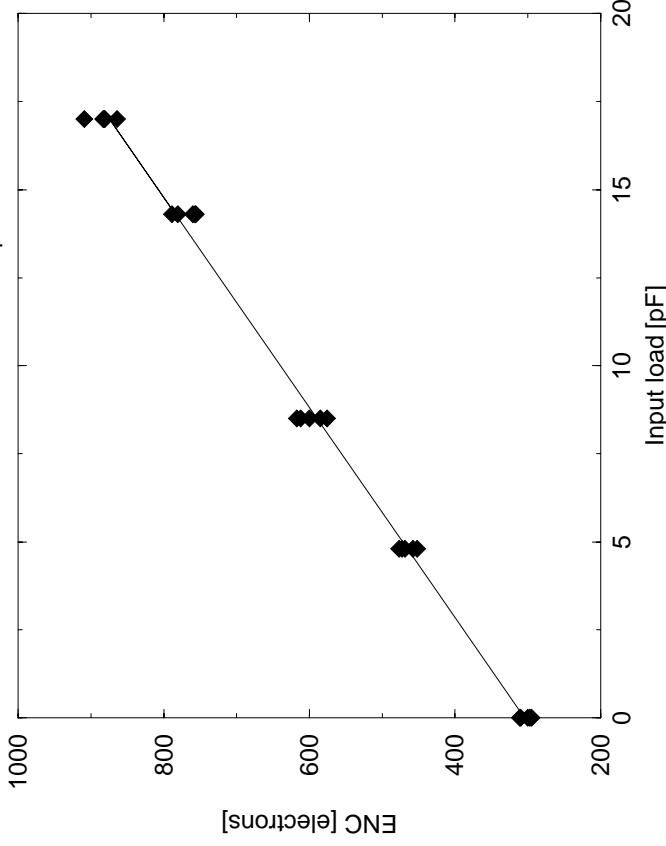


Rauschen

Rauschen der Eingangsstufe als Funktion der Lastkapazität

Set4, $I_{pre}=600\mu A$, $T_{peak}=28ns$

$$ENC = 303 e^- + 33.6 e^- / pF$$



$$ENC = 303 e^- + 33.6 e^- / pF$$

$$S/N > 17$$

↑
10pF, 1 MIP

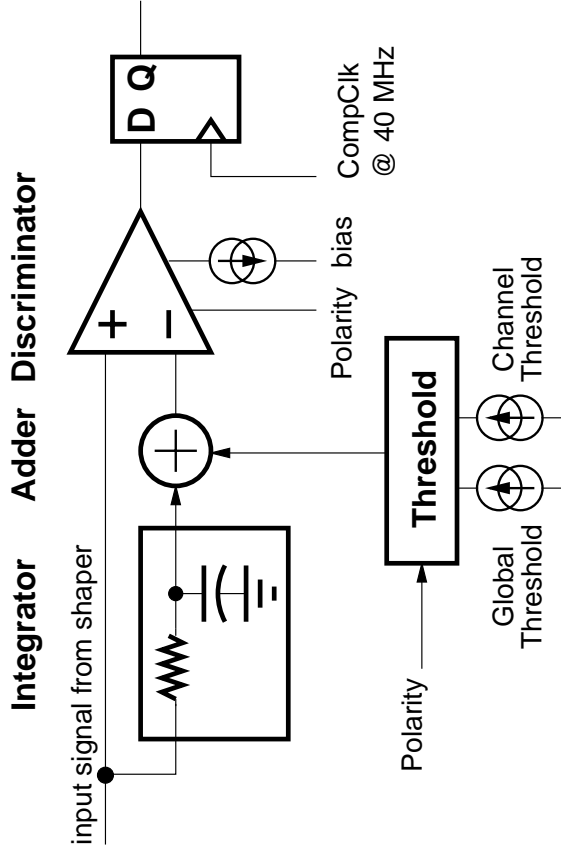
(BeetleFE 1.0)





Komparator

Blockschaltbild



programmierbarer Schwellwert für jeden Kanal

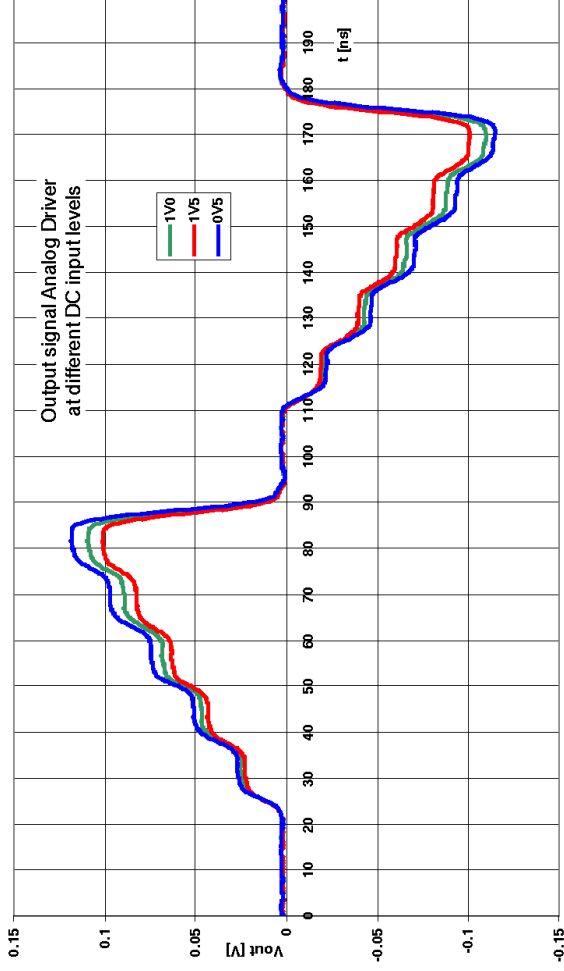
- gemeinsamer Wert für alle Kanäle
- Kanalwert (3 Bit Auflösung)

4 benachbarte Kanäle verodert

16 LVDS-Ausgänge mit 80 MHz



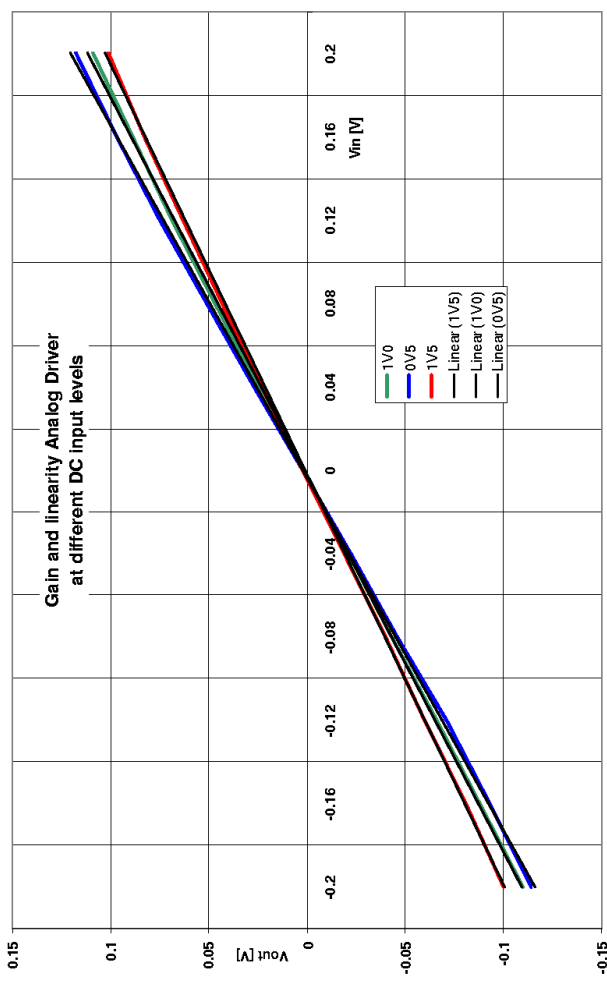
Analoge Ausgangsstufe



Differentielle analoge Ausgangsstufe

gemessen nach 10 m (100 Ohm UTP Kabel)

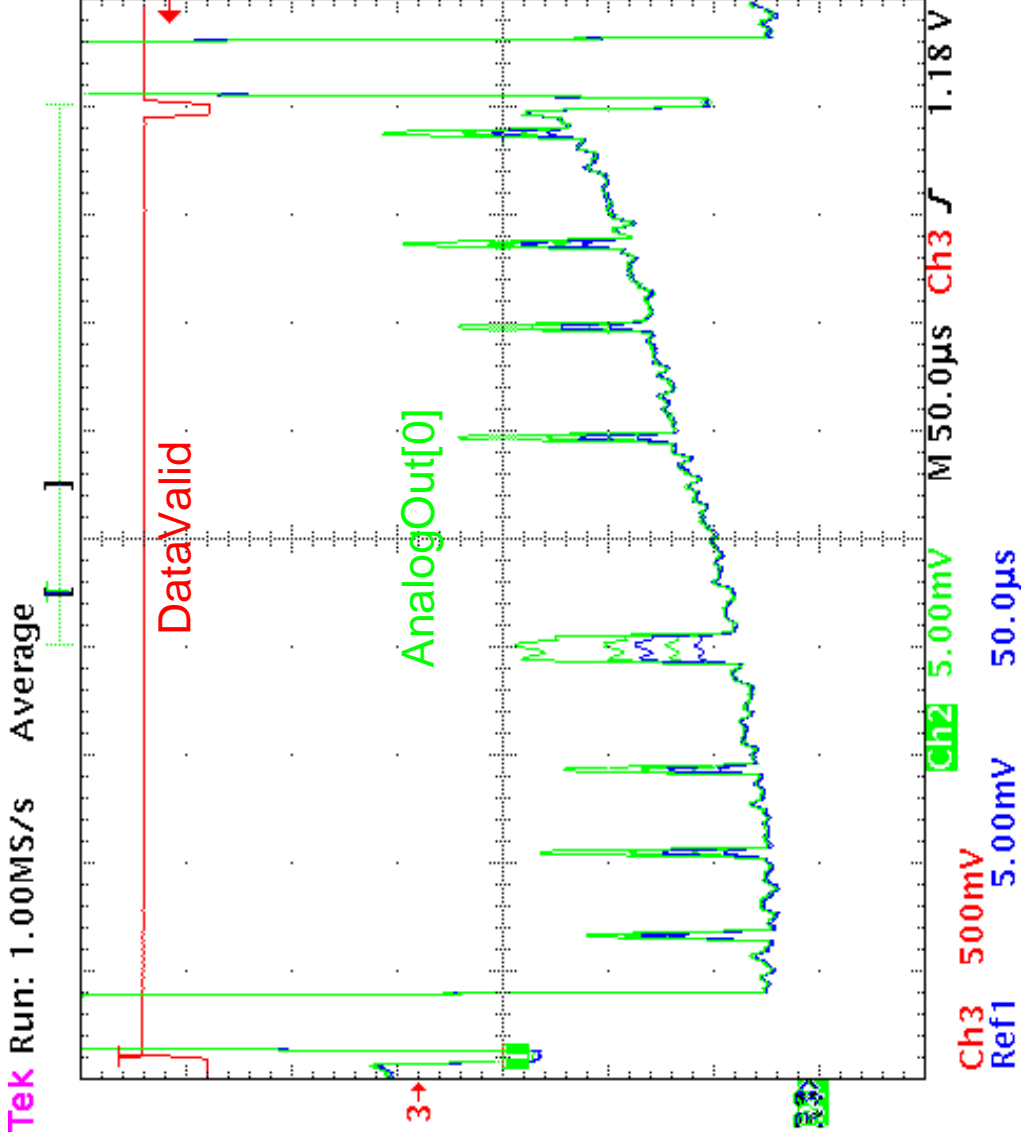
Ausgangssignale entsprechen:
0 bis 10 MIP bzw. 0 bis -10 MIP



Linearität der analogen Ausgangsstufe



Analoge Auslese



Auslesemodus: 128 Kanäle an 1 Ausgang

(Rclk=1/32 Sclk = 1.25 MHz)

11 Eingangssignale:

(8, 20, 32, 48-51, 80, 96, 108, 124)

Eingangssignale entsprechen:

1 MIP, 2 MIP, 3 MIP, 4 MIP, 7 MIP

Differentielle Ausgangsverstärkung:

Simulation: 55 μ A/MIP (3 mV/MIP)

Messung: 26 μ A/MIP (1.4 mV/MIP)

Grundlinien-Verschiebung:

Spannungsabfall einer internen

Versorgungsleitung



Zusammenfassung und Ausblicke

Beetle 1.0

Gesamte Auslesekeette funktioniert

Bekannte Fehler sind:

- fehlerhaftes Layout eines Tristatebuffers
- Transmissiongates sind falsch implementiert
- zu schwach eingebauter Voltagebuffer
- Beschaltungsfehler im Multiplexer
- Anstiegs- und Abfallzeiten des Vorverstärkers zu lang

Beetle 1.1

(Abgabe Ende Februar)

behoben

behoben

behoben

behoben

noch unverständlich

