

Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.
Fachverband Teilchenphysik, Bonn 26. bis 29. März 2001

Ein Strahlungsmonitorsystem für den ZEUS- Mikrovertexdetektor



Dominik Dannheim
(DESY / Universität Hamburg)



Universität Hamburg

für die

ZEUS-Mikrovertexdetektor-Gruppe

Inhalt:

- Gefährdung des MVD durch Strahlenschäden in der HERA Umgebung
- Siliziumdioden als universelle Sensoren für ionisierende Strahlung
- Auslesekonzepte:
 - Signalstrom-Messung für automatische Strahlauslenkung innerhalb ms
 - Volumenstrom-Messung zur Kontrolle von Langzeit-Strahlenschäden
- Zusammenfassung und Ausblick

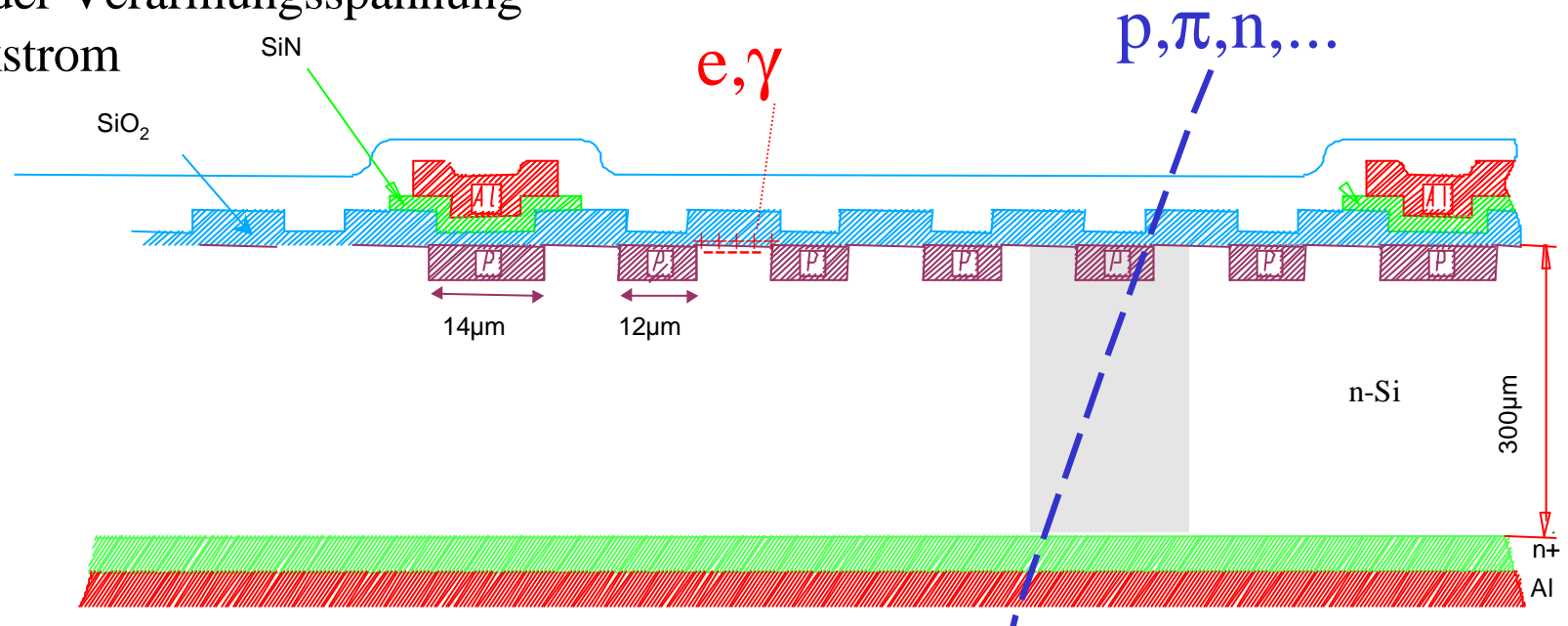
Strahlenschäden in Silizium

• **niederenergetische ionisierende** Strahlung führt überwiegend zu Oberflächenschäden an der SiO₂-Si Grenzfläche

- Positive Ladungsträger an der Grenzfläche SiO₂-Si
- Elektronen-Akkumulationsschicht unter der Grenzfläche
- Oberflächengenerationsströme
- Veränderung der Ladungsteilung

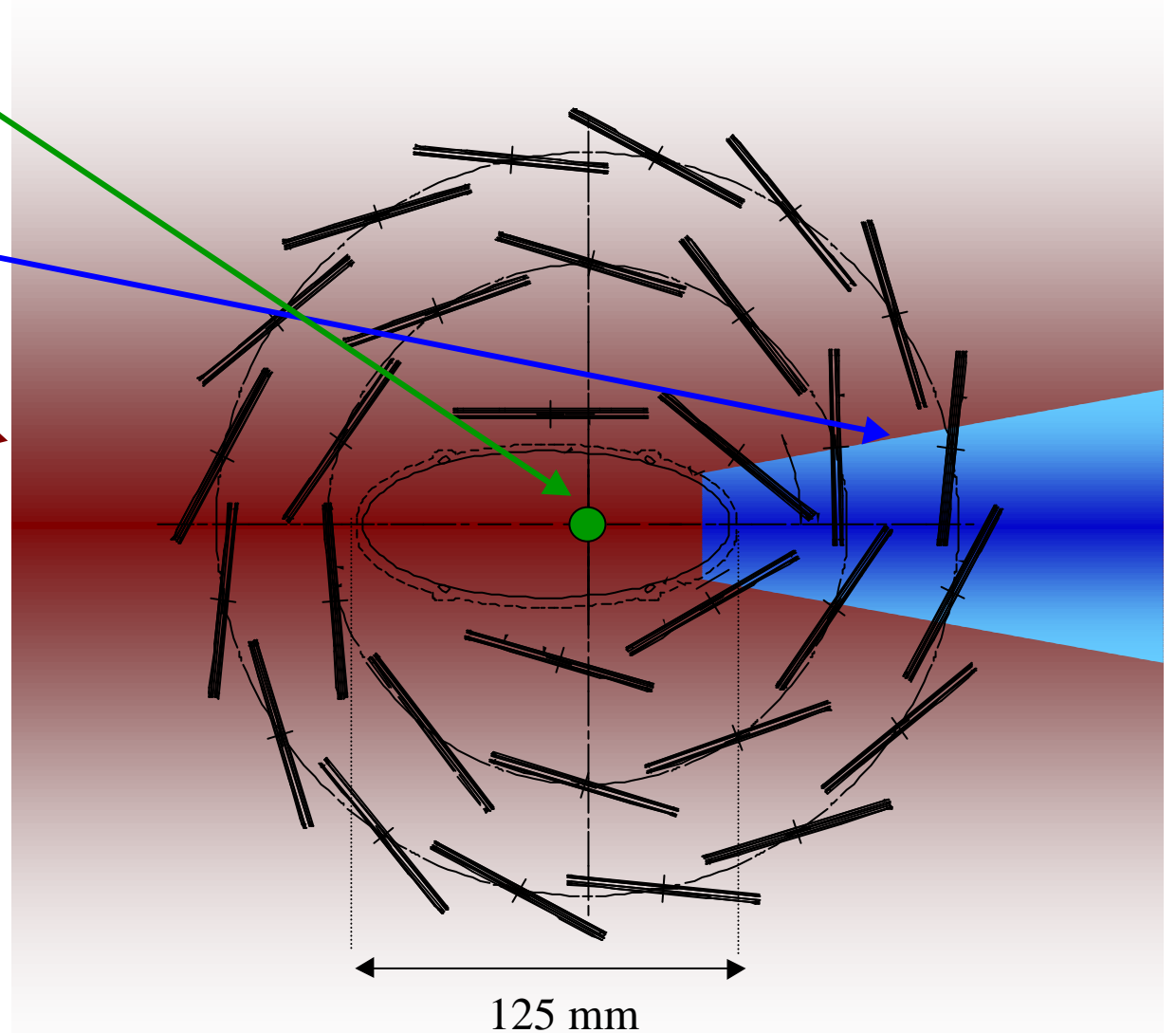
• **hochenergetische hadronische Strahlung** erzeugt überwiegend Schäden im Kristallgitter

- Veränderung der effektiven Dotierungskonzentration
- Veränderung der Verarmungsspannung
- Erhöhter Leckstrom



Erwartete Strahlenbelastung für den MVD

- Strahlung vom Wechselwirkungspunkt vernachlässigbar
- off-momentum- $e^- \rightarrow \gamma$ und e^- (<20 GeV)
⇒ Oberflächen- und Volumen-Schäden
- Proton-Strahlverlust
⇒ Volumen-Schäden
- Synchrotron-Strahlung, rückgestreut von Kollimatoren (<1MeV γ)
komplexe Zusammensetzung, isotrop
⇒ Oberflächenschäden



Anforderungen an ein Strahlungsmonitorsystem

5 Jahre Betriebszeit für den MVD in HERA

- Erwartete Hintergrundstrahlung ca. 50 Gy/Jahr = 5 μ Gy/s (heutige Situation)
- MVD und Ausleseelektronik bis 3 kGy getestet
 - Funktionsfähigkeit bleibt erhalten, aber verringertes S/N
 - Maximale tolerierbare Dosis: 100-300 Gy/Jahr=10-30 μ Gy/s

- Kontrolle der Hintergrundstrahlung zur Begrenzung der Dosis erforderlich
 - Automatische Auslenkung des e⁻ Strahl bei Überschreiten einer Dosisschwelle von ca 10..50 mGy
 - post mortem Information
 - Anzeige der momentanen Dosisrate, Warnmeldungen
 - Messung der integrierten Dosis über die gesamte Lebensdauer des MVD

Das MVD Strahlungsmonitor System

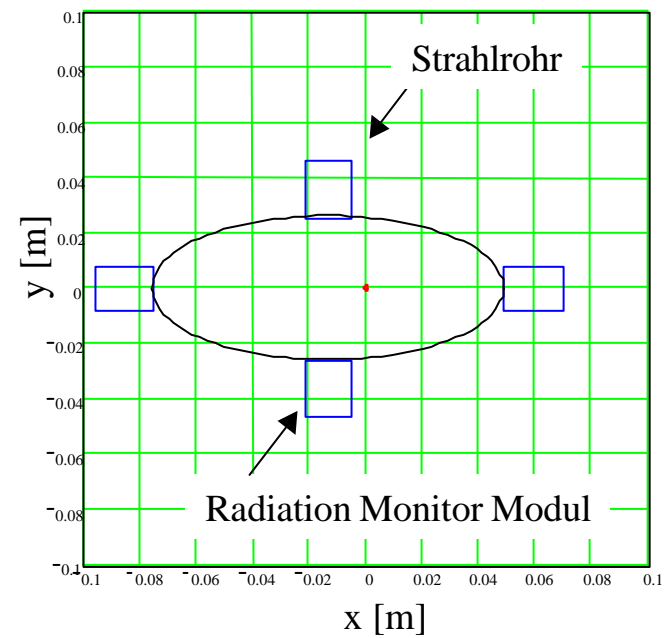
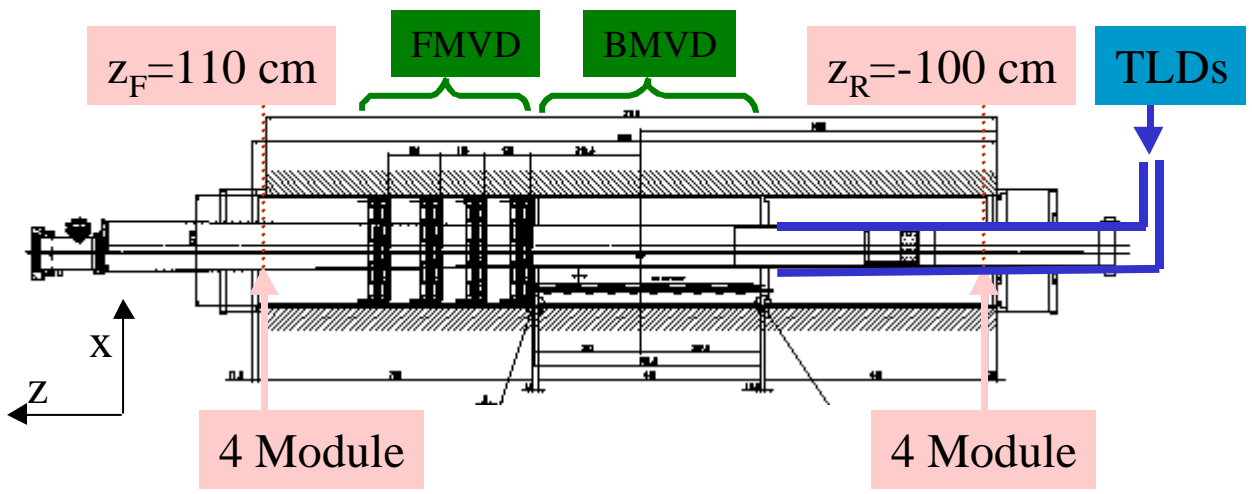
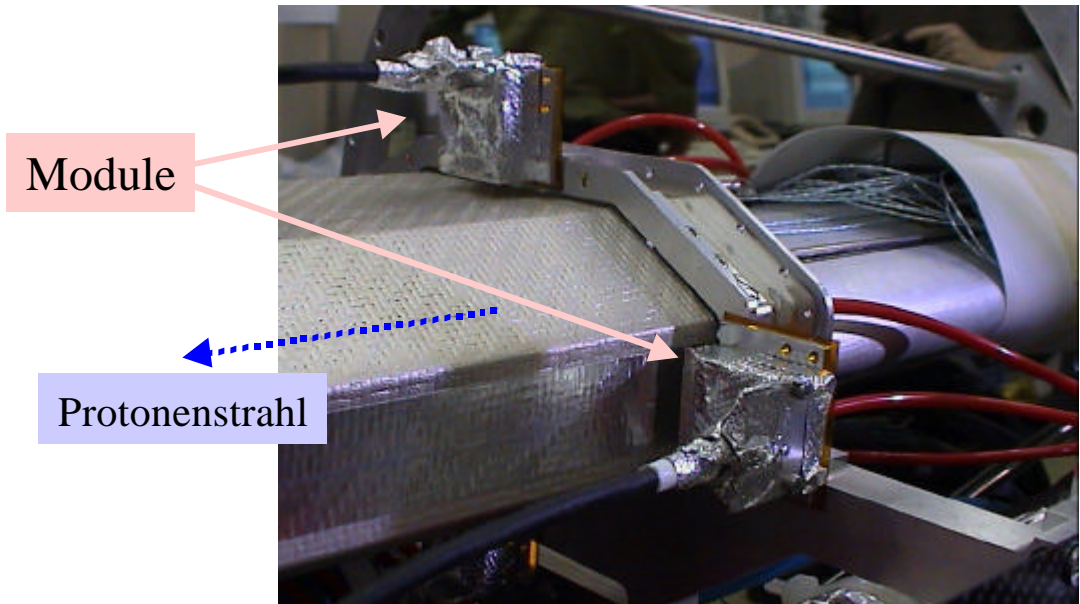
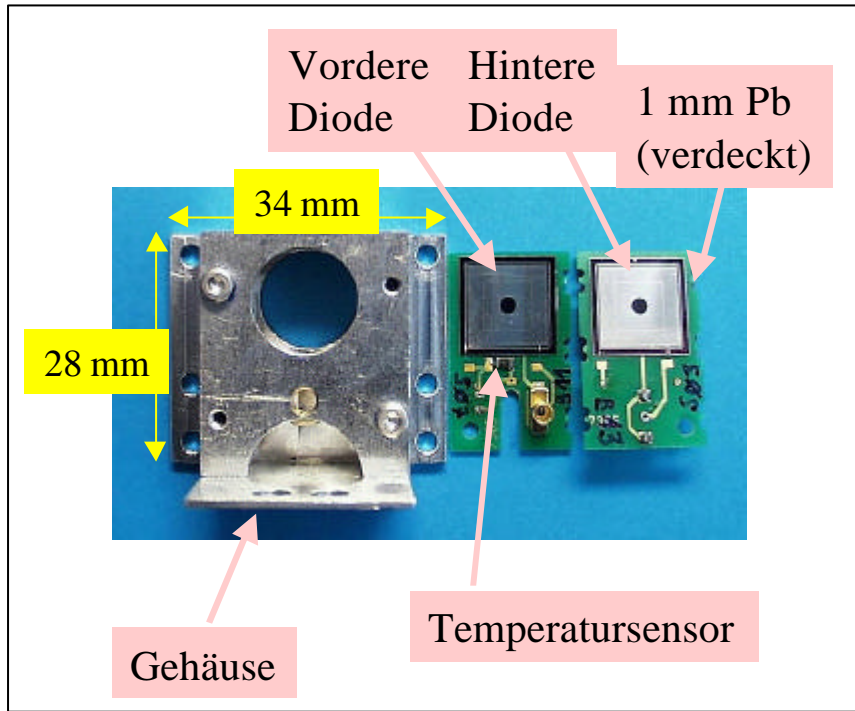
Silizium PIN Dioden (1 cm^2) innerhalb vom MVD,
Ausleseelektronik außerhalb (30m Kabel dazwischen)

- Signalstrommessung
⇒ Mittlere und hohe Dosisraten für automatische Strahlauslenkung ($\approx 1\text{ms}$) und online Information
- Leckstrommessung (+ Temperaturmessung)
⇒ Messung der integrierten Dosis, Kontrolle der Signalstrommessung ($\approx 1\text{s}$)

Termolumineszenz-Dosimeter (TLD)

- Kontrollmessung der integrierten Dosis
- Kalibration der online Dosismessung
- Monatliche Auslese

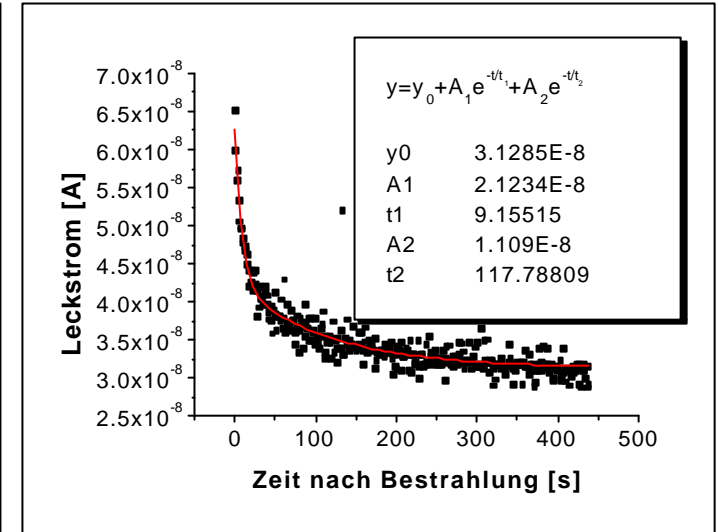
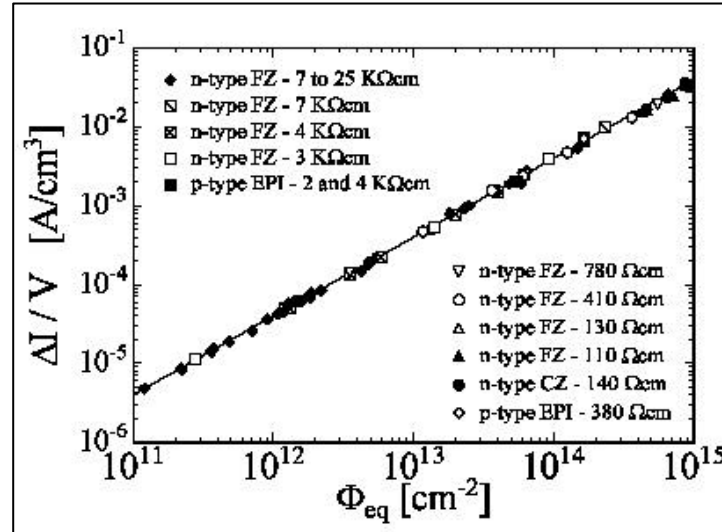
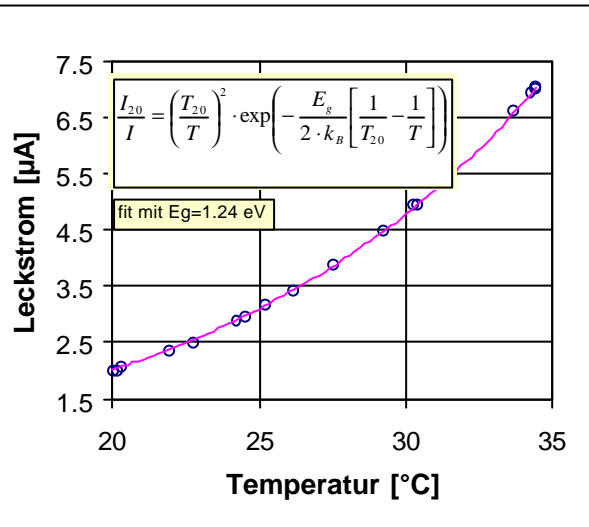
Aufbau des Radiation Monitor Systems



Leckstrommessung

$$I_{Gesamt} = I_{Leck} + I_{Signal}$$

$$I_{Leck} \approx I_{Volumen} \quad I_{Volumen} = I_{Volumen}(\text{Temperatur, Bestrahlungsdosis, Ausheilzeit})$$



$I_{Volumen}(\text{Temperatur})$

$\approx 9\% / ^\circ\text{C}$ bei 22°C

$I_{Volumen}(\text{Bestrahlungsdosis})$

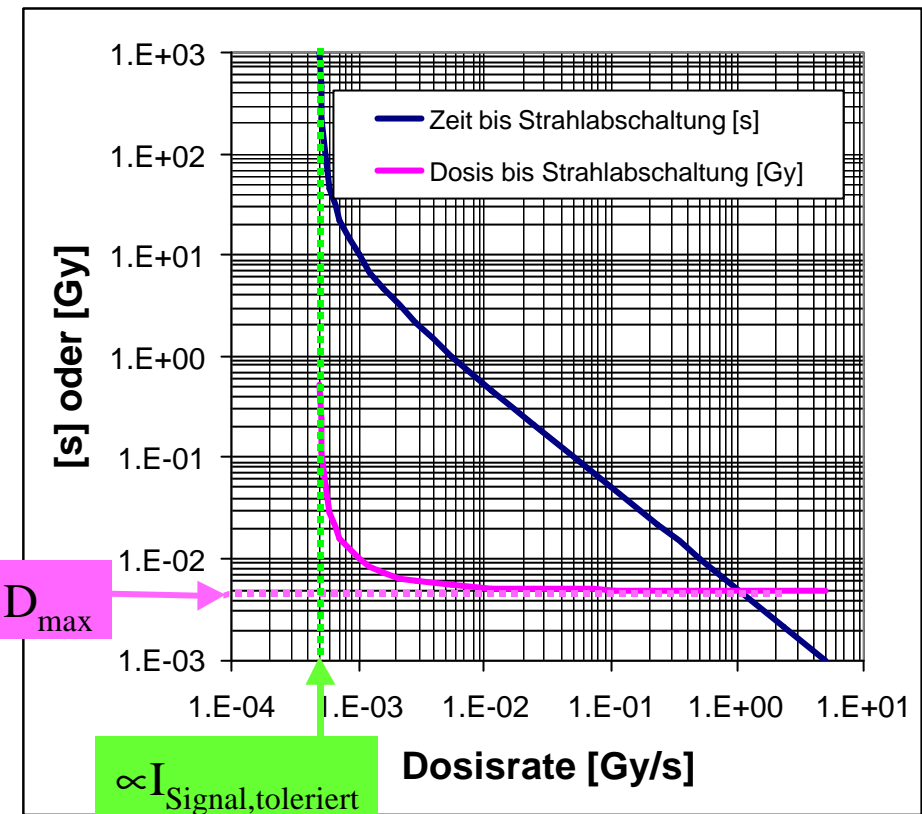
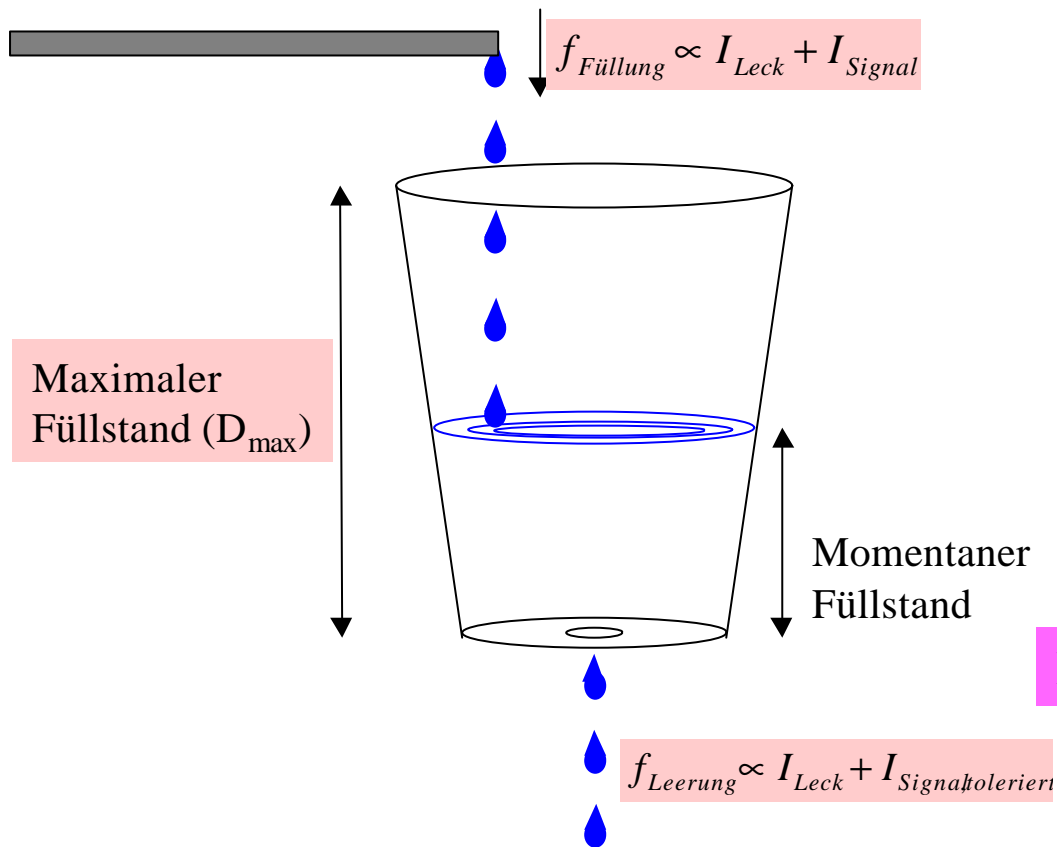
$I_{Volumen}(\text{Ausheilzeit})$

$I_{max} \approx 5 \text{ mA}$ nach 5 Jahren

Annahmen: Effekte unabhängig und Volumenschädigung \propto Gesamtdosis

Messung von Strom und Temperatur in kurzen Abständen (\approx s)
 \Rightarrow Bestimmung der Dosis

Das „Tropfender Eimer“ (leaky bucket) Konzept



Beim Überlaufen des Eimers wird automatische Abschaltung des HERA Elektronenstrahls ausgelöst

⇒ **Sensitiv auf integrierte Dosis**

- Toleranz für Schwankungen in I_{Signal} wird über Größe des Eimers festgelegt
- Subtraktion des Leckstroms wird durch die Größe des Lochs geregelt

Zusammenfassung und Ausblick

- 16 Siliziumdioden zur Messung des momentanen Untergrundes an ionisierender Strahlung in der MVD Umgebung installiert
- Prototypen für Auslese des Leckstroms und des Signalstroms getestet
- Automatische Elektronenstrahlauslenkung bei Überschreitung einer maximalen Dosis
- Kalibration durch TLD Dosimeter mit monatlicher Auslese
- Fertigstellung des Auslesesystems wird mit Inbetriebnahme des MVD im Juni 2001 erfolgen
- Justierung der Systemparameter (Schwellenwerte, Koinzidenz) in den ersten Betriebswochen
 - ⇒ nur belegbare Unfälle dürfen zu automatischer Strahlauslenkung führen