

Online-Röntgenanalytik im Routinebetrieb bei Aufbereitung und Sortierung mit hohem Materialumsatz und/oder hoher Ortsauflösung

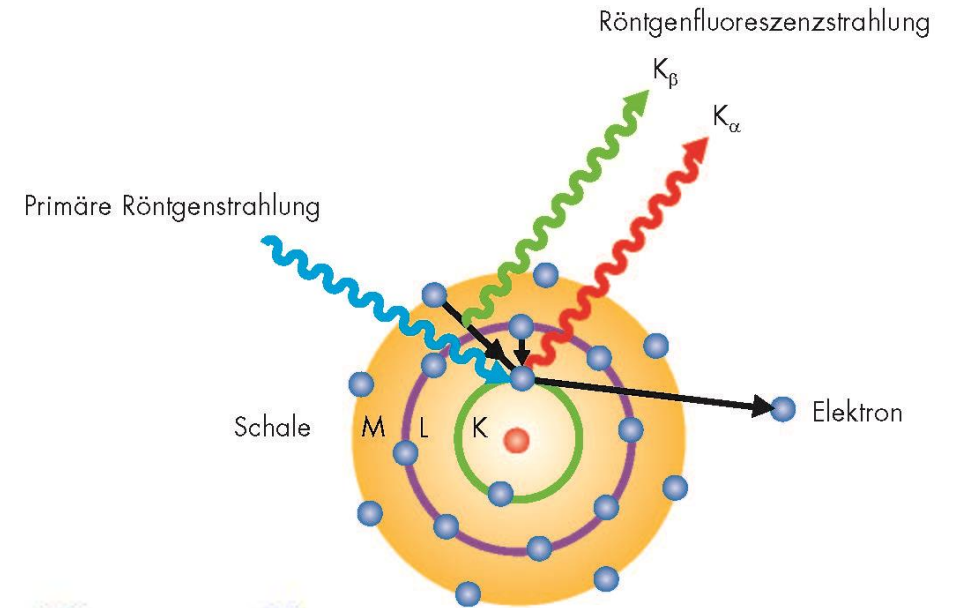
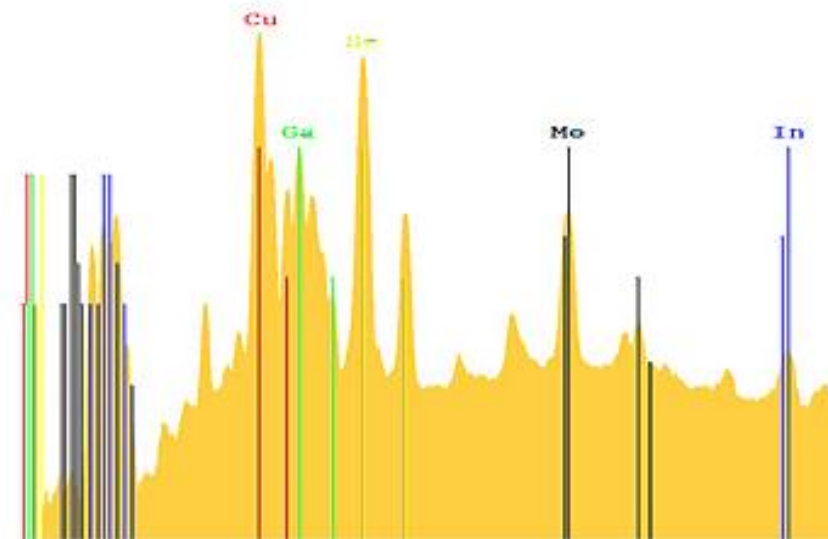
A. Kaiser, R. Gubzhokov (IfG Institute for Scientific Instruments GmbH Berlin)
M. Scheiner (Institut für angewandte Photonik e. V. Berlin)

Motivation



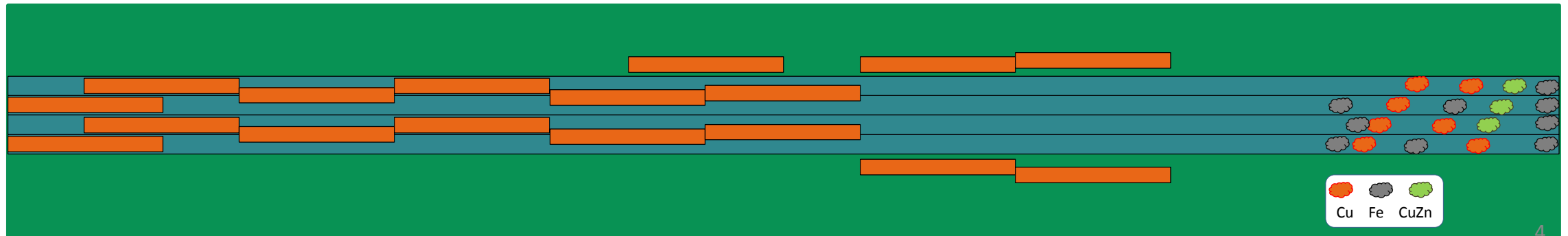
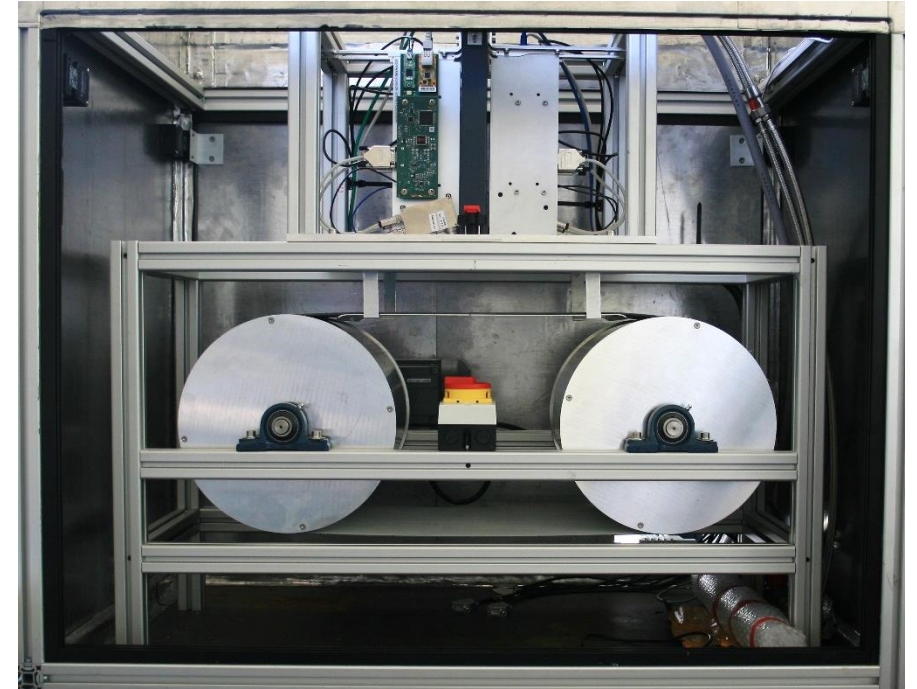
- hohe Ortsauflösung
- hoher Durchsatz
- Flexibilität
- Skalierbarkeit
- niedrige Kosten

- ED-RFA, engl. ED-XRF
- schnell
- universell
- flexibel
- empfindlich
- etwa Elemente $Z > 22$

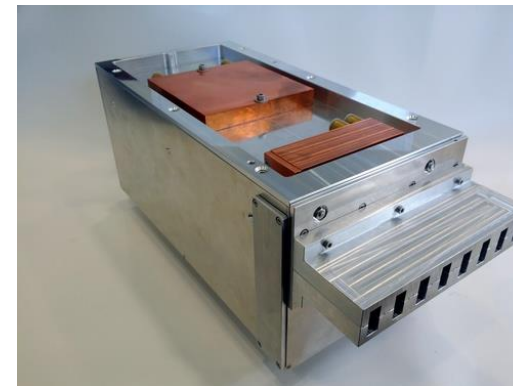


Quelle:
<http://materialanalyse.com>

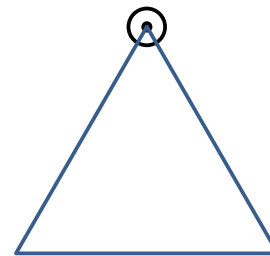
- PVC-Band 2 m Länge
- 0,3 m Breite
- Geschwindigkeit 2 m/s
- Messabstand im Labor 100 mm
- Anregung in 500 mm Abstand



- Aufbau 1
 - kommerzielle Detektoren + Elektronikkomponenten
 - SDD 20 mm² Detektionsfläche
 - FWHM bei 5,9 keV <165 eV
 - vier Spuren á 25 mm
- Aufbau 2
 - kundenspezifische Detektoren
 - neu entwickelte Elektronik



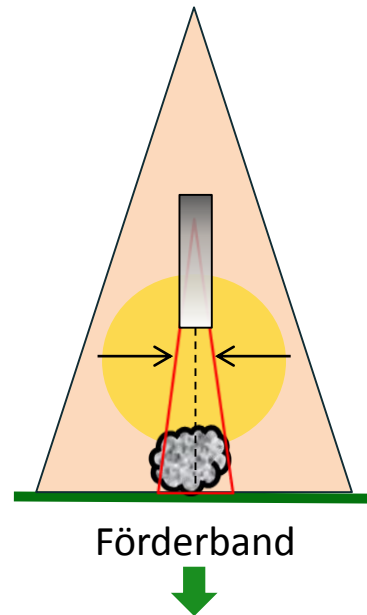
- Flüssigkeitskühlung
- W-Target
- Winkel $60^\circ \times 10^\circ$
- Leistung max. 1500 W
- Gewicht 6 kg
- robust und wartungsfrei
- kompakte Röntgeneinheit
- rtw RÖNTGEN-TECHNIK DR. WARRIKHOFF GmbH & Co. KG



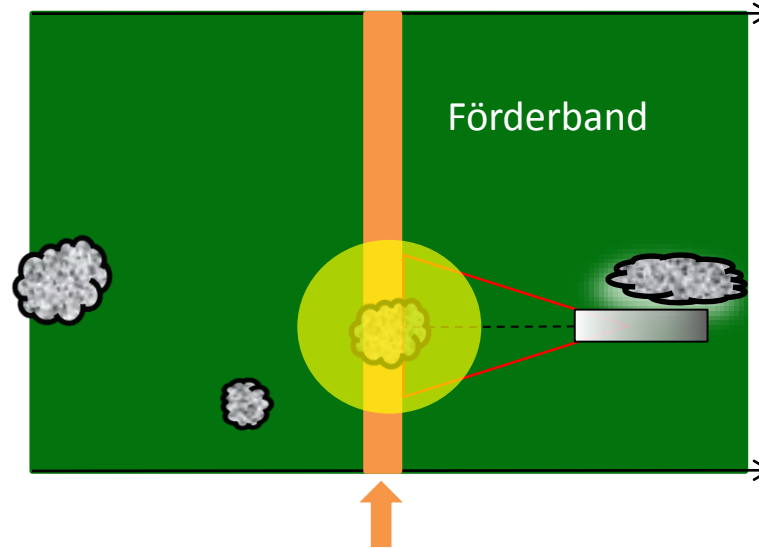
- neue Röhre mit Luftkühlung
- W-Target
- Winkel $60^\circ \times 10^\circ$
- Leistung max. 50 W
- Gewicht 650 g
- 1 mm Brennfleck
- Kühlkörper dient als Strahlenschutz und Halterung
- rtw RÖNTGEN-TECHNIK DR. WARRIKHOFF GmbH & Co. KG



Strahlengang

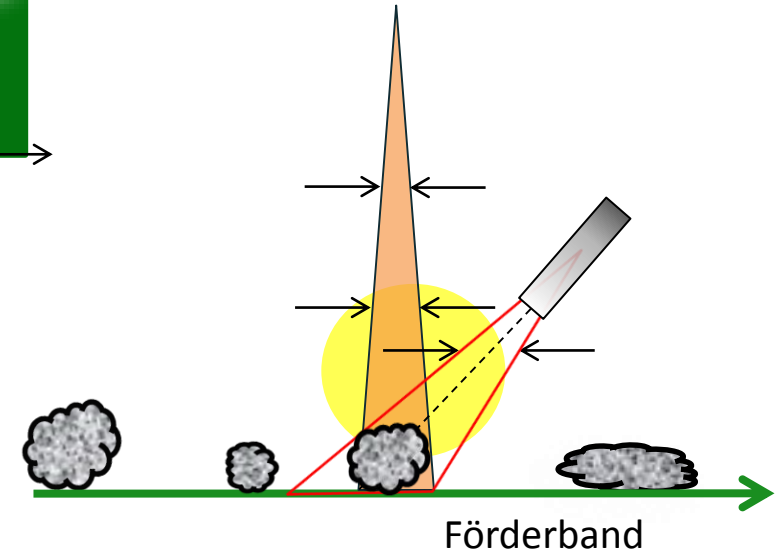


Ansicht frontal zur Förderrichtung



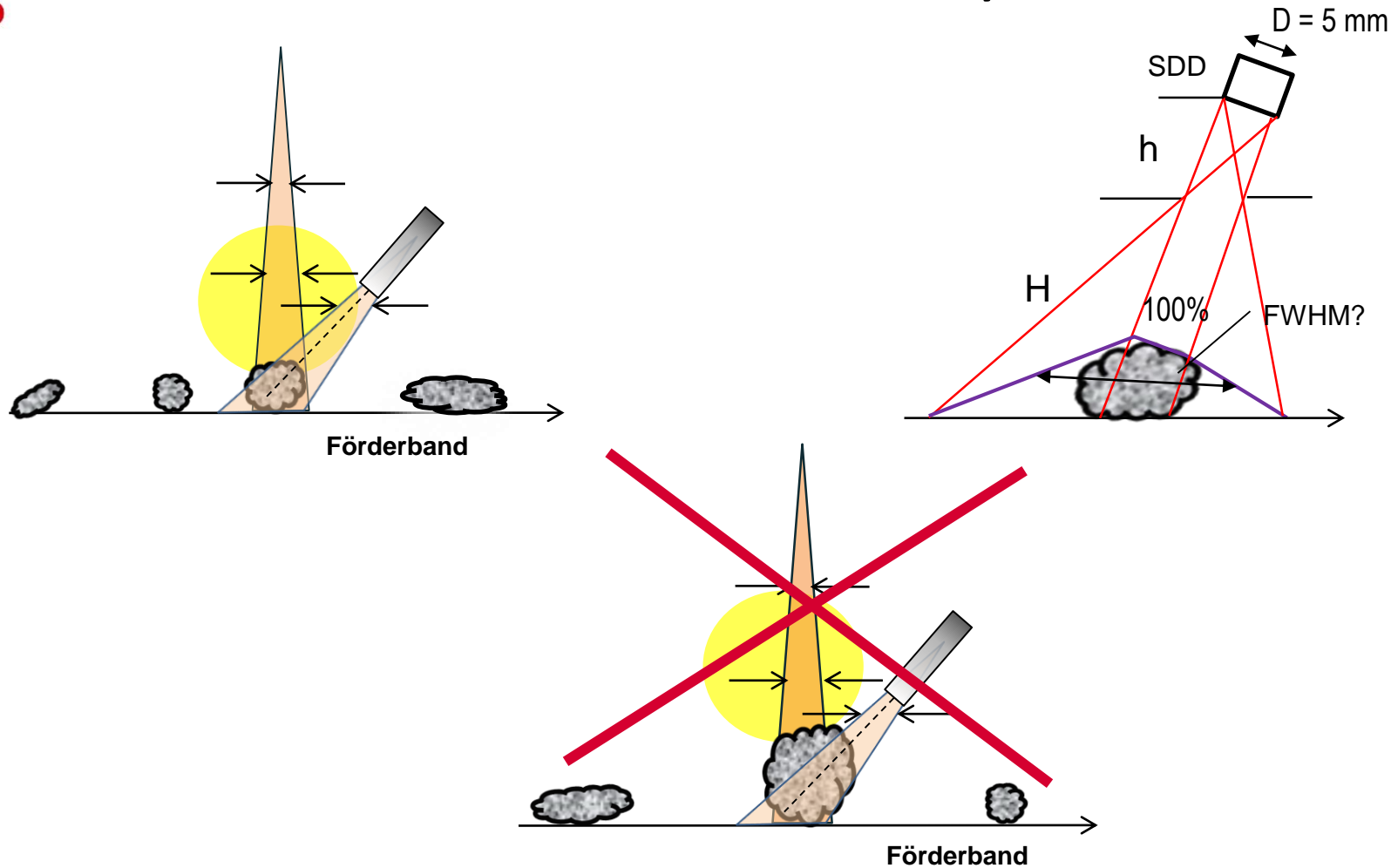
bestrahlter Bereich: 300 mm x 30 mm

Draufsicht



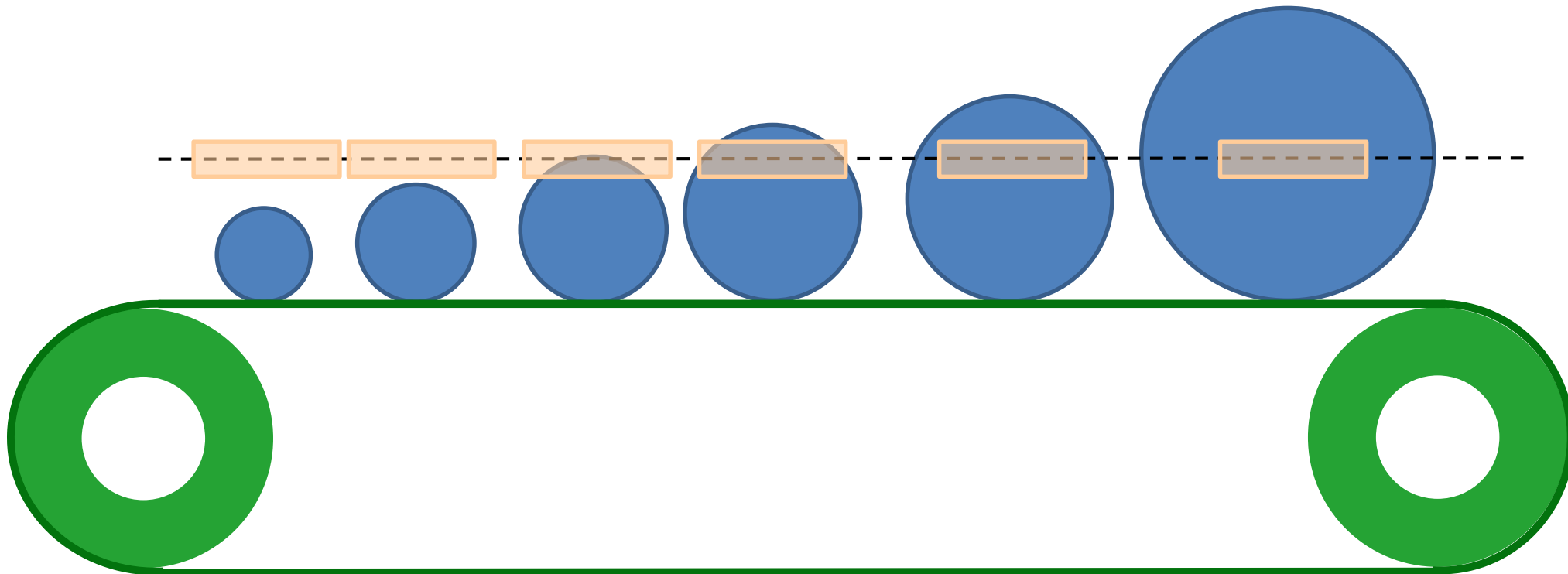
Seitenansicht senkrecht zur Förderrichtung

Einfluss des Blendensystems

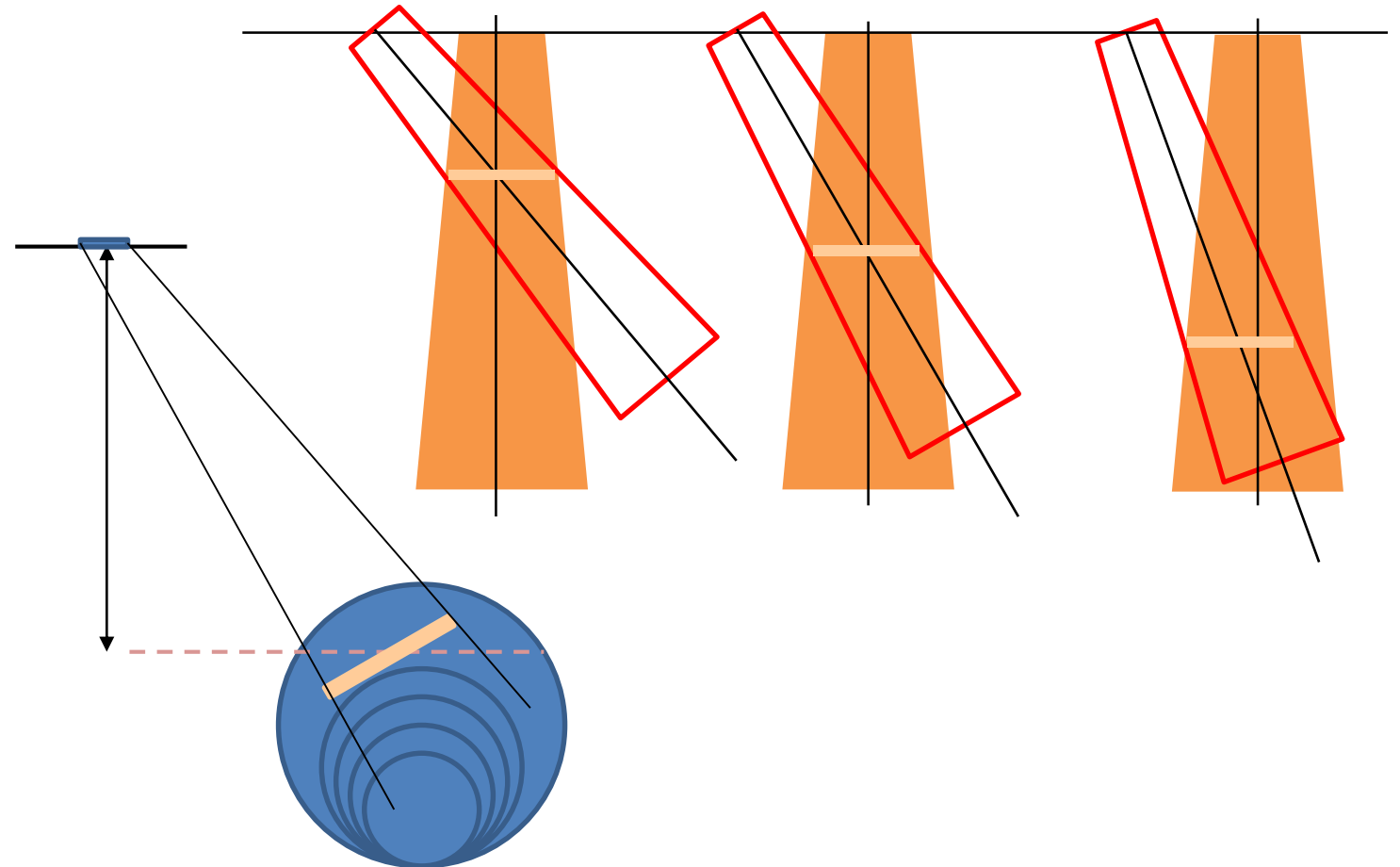


- ist das Objekt zu groß, kann evtl. keine Detektion erfolgen

- Fraktion hat ein Größenverhältnis 3:1 im Durchmesser



- Kippen des Detektors bringt andere Detektionsebene in den Fokus \rightarrow Anpassung an andere Partikelgrößen
- optimal wären 45°
- Drehscheitel muss nahe der Blende liegen





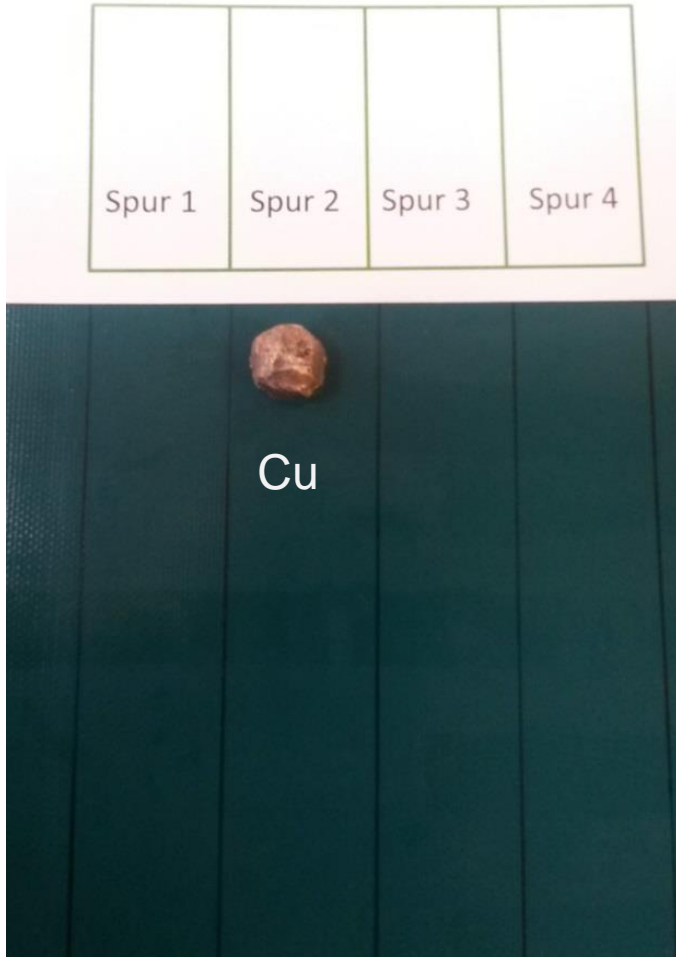
- Schrottpartikel und Bleche
- Belegung von vier Spuren
- Befestigung mit Folie für dynamische Messungen



- Materialidentifizierung für Cu, CuZn, Zn, Fe
- Blendendurchmesser 7,16 mm
- Partikelgröße 10 mm ... 25 mm
- Summe Counts in ROI
- Mittelwert aus 10 Messungen je 10 ms

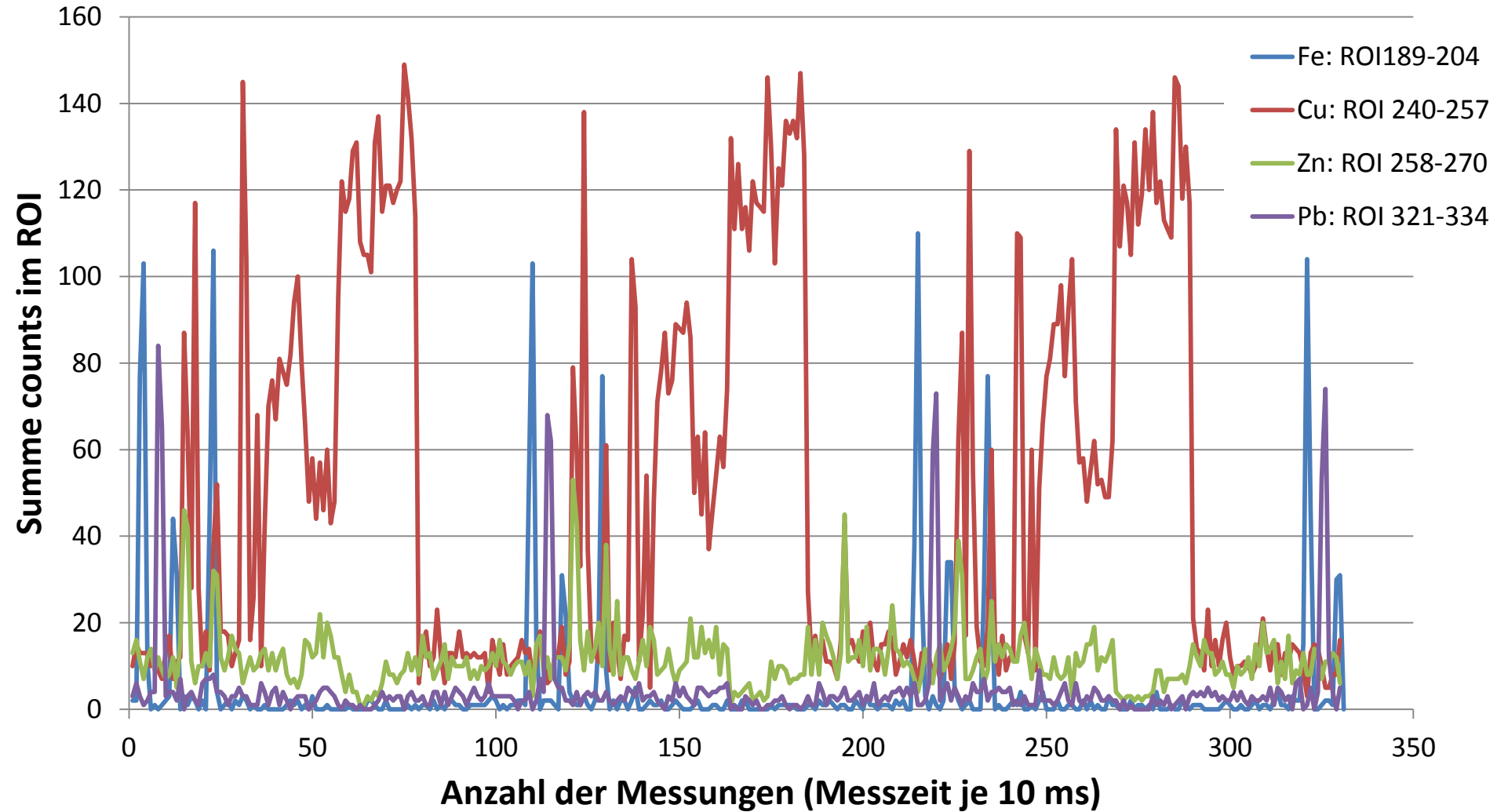
	Spur 1	Spur 2	Spur 3	Spur 4
Fe ROI (Ch 189-200)	1,6	0,6	2,6	21,8
Cu ROI (Ch 240-257)	118,0	65,3	32,4	9,1
Zn ROI (Ch 257-270)	13,5	48,5	64,1	62,6
Br ROI (Ch 355-370)	1,9	2,5	1,4	2,3

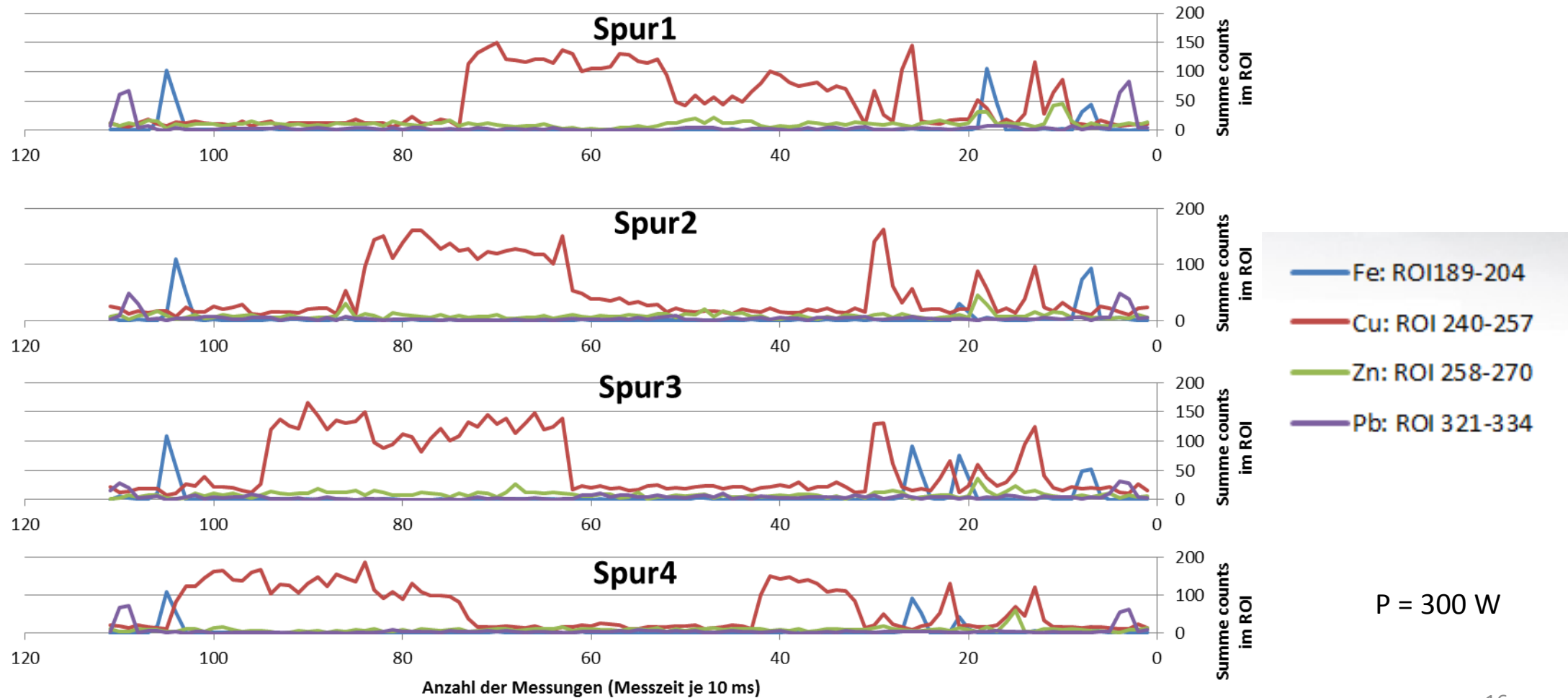
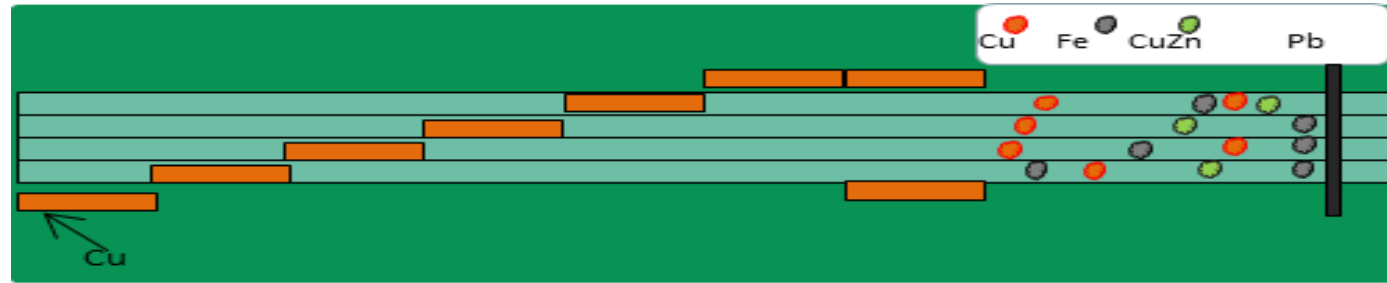
Problem der Spurentrennung



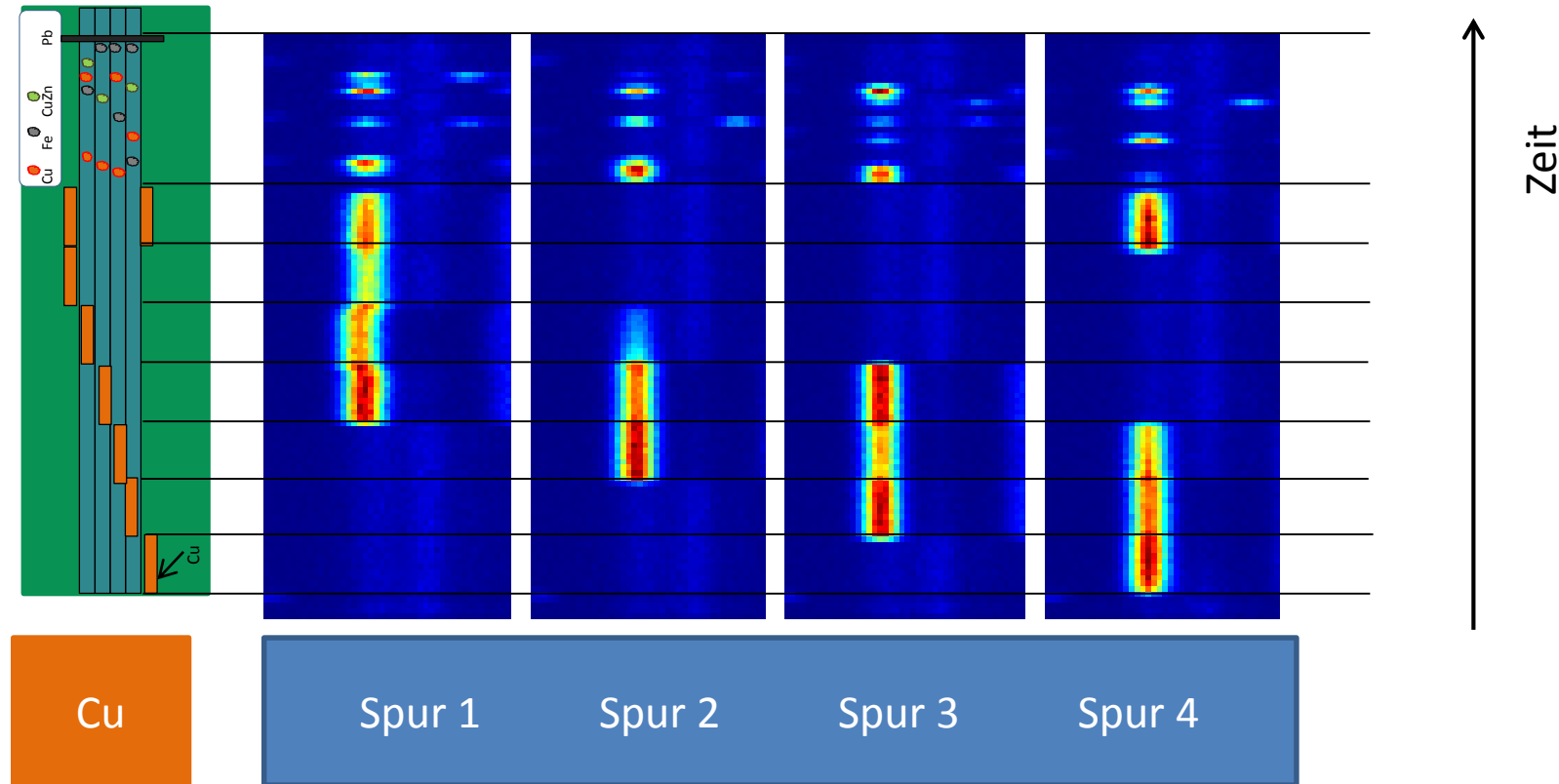
	Spur 1	Spur 2	Spur 3	Spur 4
Fe ROI (Ch 189-200)	0,1	1	1,1	1
Cu ROI (Ch 240-257)	14,8	62,8	60	8,8
Zn ROI (Ch 257-270)	9,3	6	7,4	7
Br ROI (Ch 355-370)	2,4	3,2	2,9	3,3

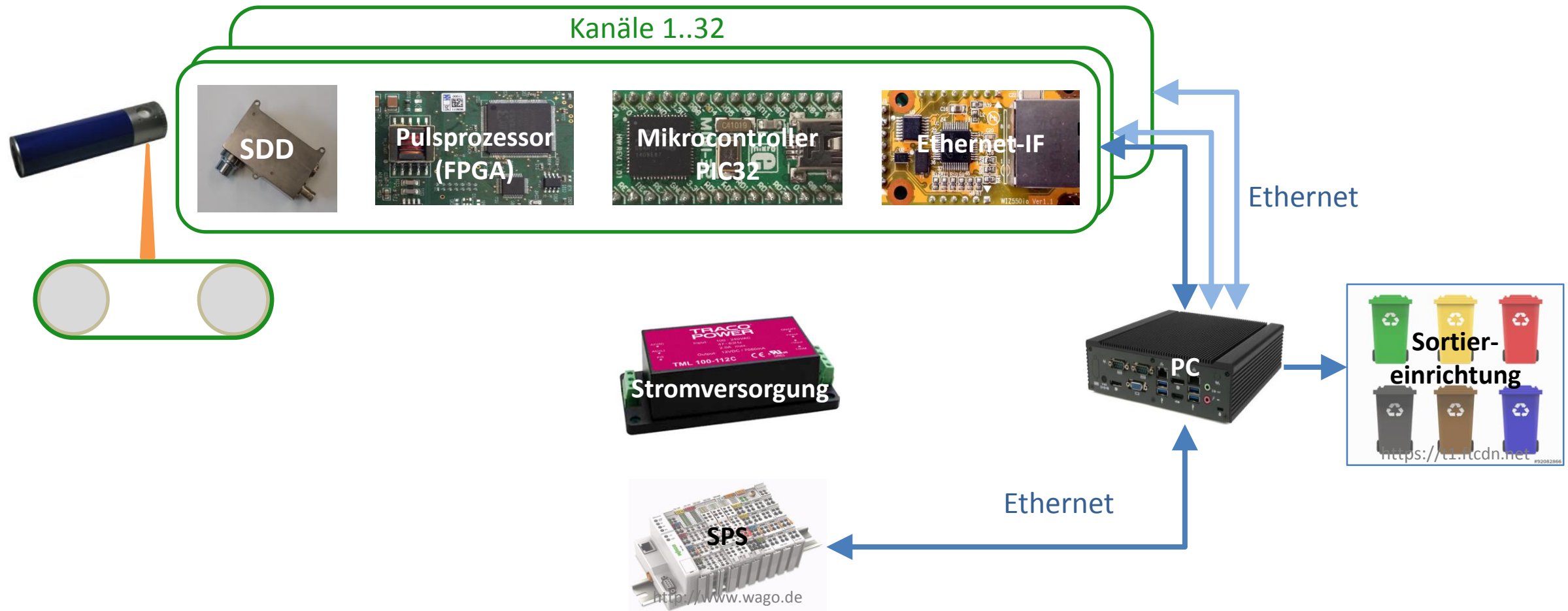
Dynamische Messung Spur 1 in 3 Umläufen





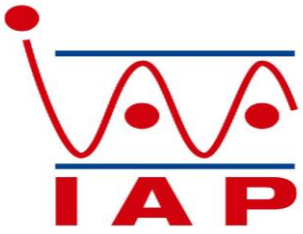
Falschfarbendarstellung Spurbelegung





- Messungen alle 10 ms
- Übertragung der Daten im UDP-Format (User Datagram Protocol)
- PC zum Sammeln und Auswertung der Spektren sowie Ansteuerung der Sortiereinrichtung
- SPS für Steuerung und sicherheitsrelevante Aufgaben

- fortlaufende Messungen alle 10 ms anspruchsvoll, wurden aber mit der Elektronik realisiert
- Verwendung der luftgekühlten Röhre möglich
- Detektoren gehen ab 60 kcps in Sättigung, 45...50 kcps optimal
- höhere Ortsauflösung durch Detektorabmessungen limitiert
- relativ hoher Elektronikaufwand für jeden Kanal
- bessere Trennung benachbarter Spuren → Kollimator / Blende



Weiterentwicklung

Ergebnisse aus Aufbau 1

+

weitere Anforderungen



neuartige Detektorzeile

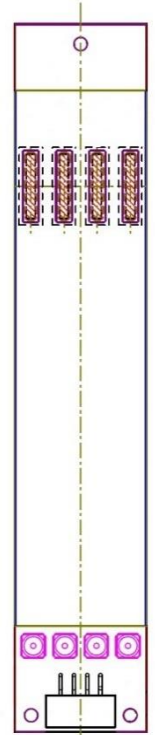
neues Gehäuse

neue Elektronik

höhere Ortsauflösung
niedrigere Kosten

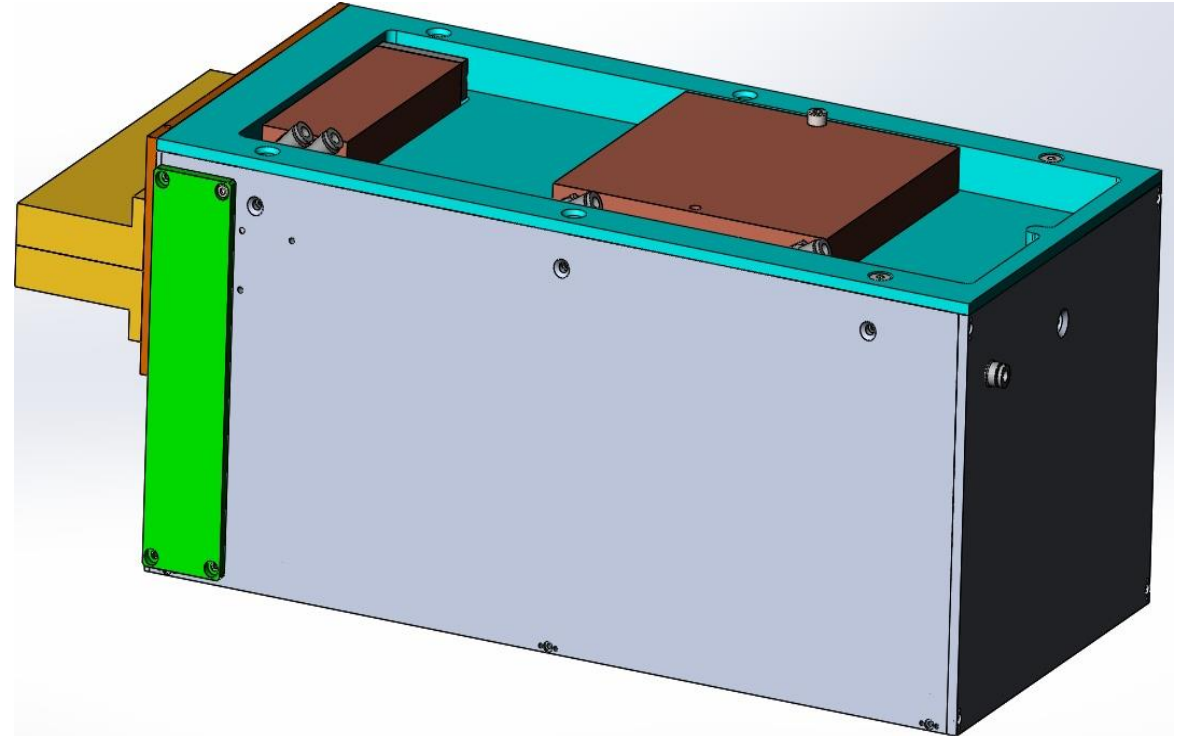
kundenspezifische
Entwicklung

- streifenförmige Si-PIN-Diode
- ausreichende Energieauflösung (<400 eV)
- große Fläche
- $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- 4 Kanäle je Modul
- LEV (CSA) integriert
- 5 mm-Raster

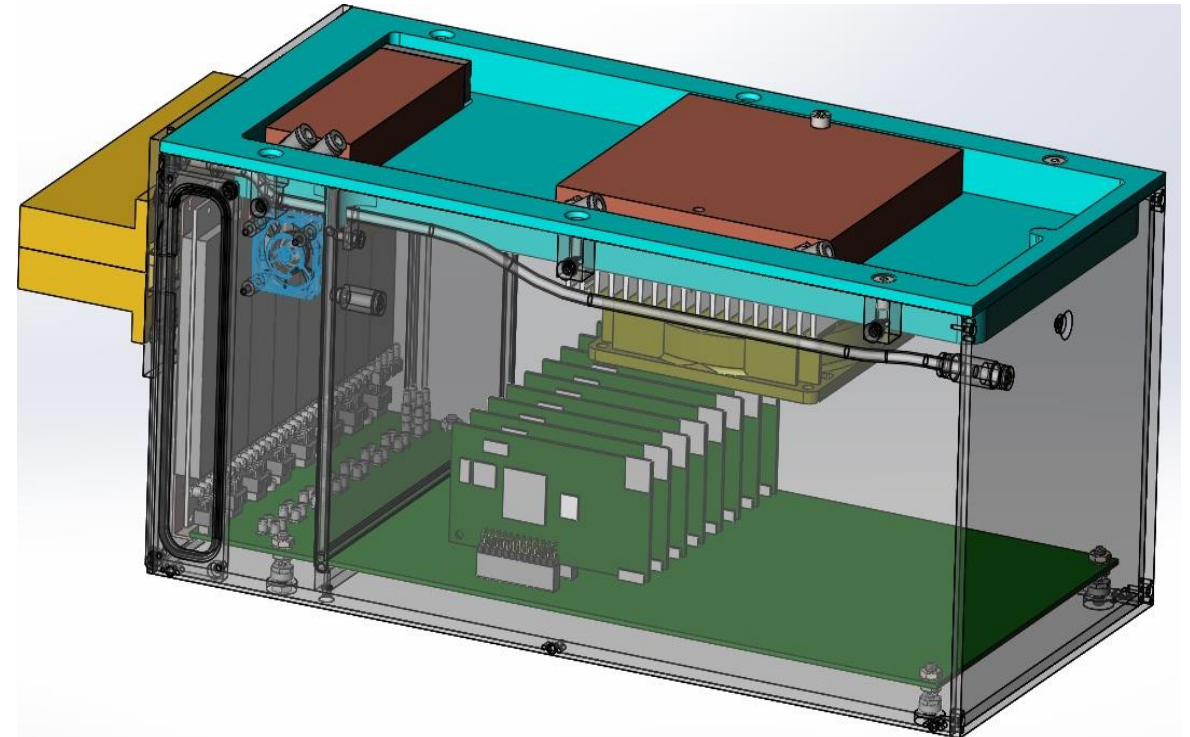


- 8 Pulsprozessormodule für jeweils vier Kanäle → 32 Spuren
- Digital-Analogmodul für Inbetriebnahme und Test
- digitaler Signalprozessor zur Bündelung der Daten
- Ethernetschnittstelle
- galvanische Trennung kritischer Schaltungsteile
- Synchronisationsanschlüsse
- Übertragung der Daten mit speziellem Ethernetstack auf PC

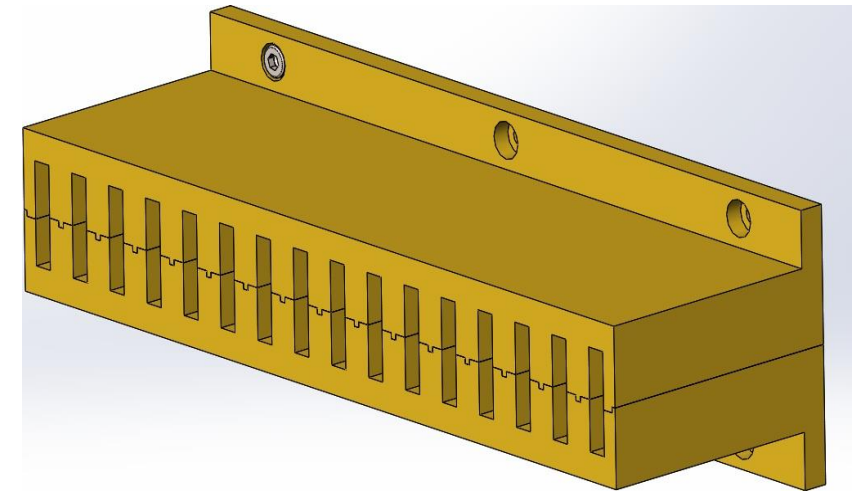
- 5 mm Spurbreite
- 160 mm Breite
- anreihbar im Raster
- dicht nach IP 67
- mechanische Dämpfer
- mit Stickstoff spülbar
- variable Aufhängung
- Temperaturstabilisierung über Wärmetauscher



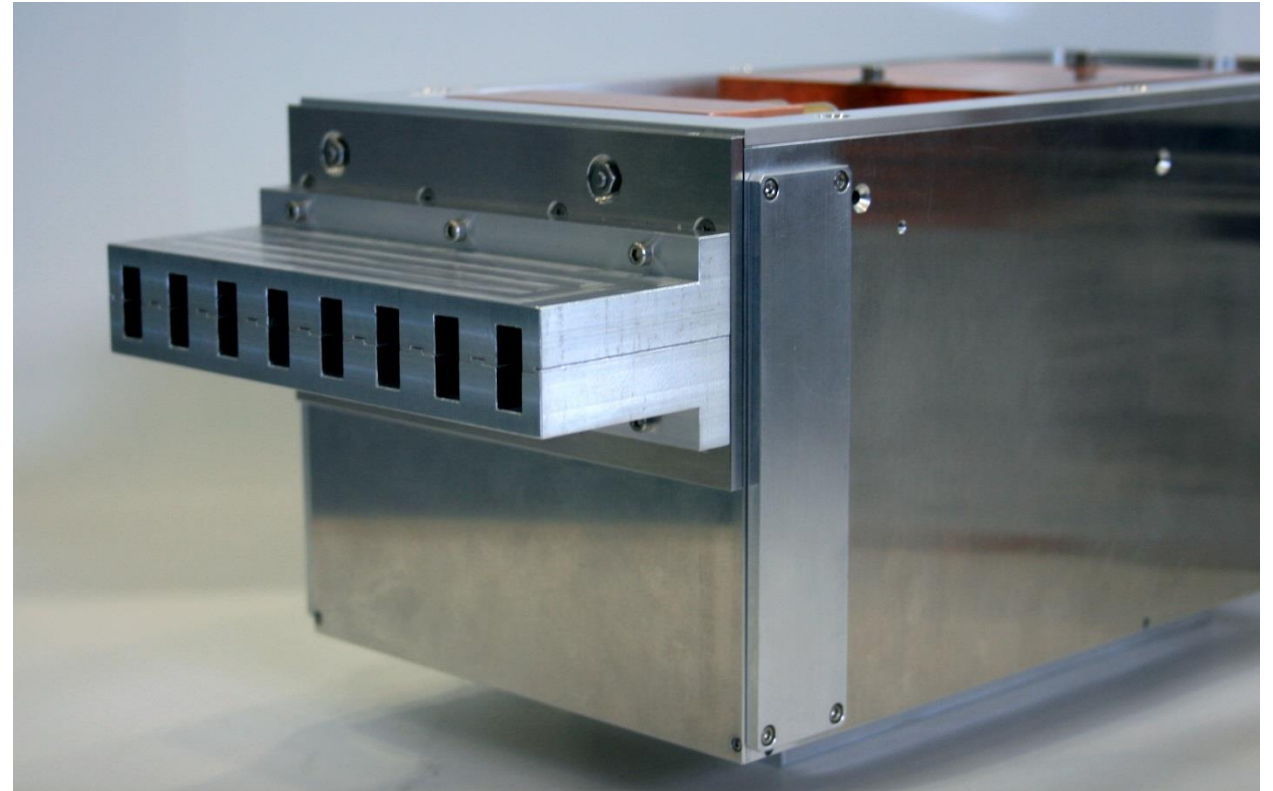
- 5 mm Spurbreite
- 160 mm Breite
- anreihbar im Raster
- dicht nach IP 67
- mechanische Dämpfer
- mit Stickstoff spülbar
- variable Aufhängung
- Temperaturstabilisierung über Wärmetauscher

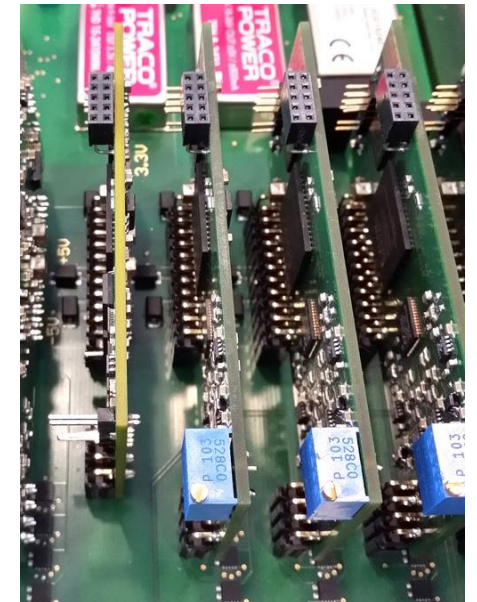
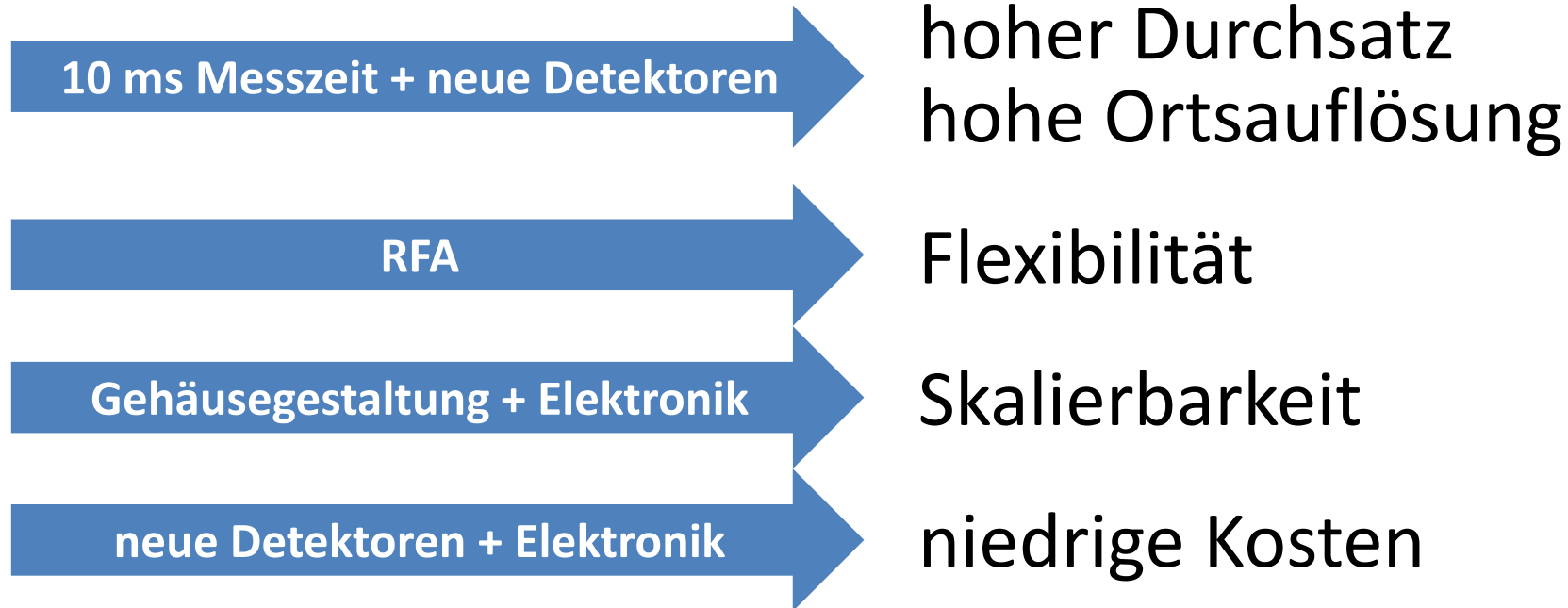


- Trennung der Fluoreszenzstrahlung benachbarter Kanäle
- Kompromiss: effektive Anregung vs. Spurentrennung
- wechselbar
- für 32, 16 oder 8 Spuren
- benachbarte Spektren werden bei Bedarf im Rechner zusammengefasst



- Elektronik und Gehäuse in Erprobung
- Simulation über DA-Modul
- Datenübertragung funktioniert zuverlässig
- Hardware bietet Reserven
- mit FPGA Optimierung der Signalverarbeitung (Filter)





- Test und Charakterisierung der neuen Detektoren
- Optimierung von Hard- und Software
- Kombination mit weiteren Detektormodulen
- Testbetrieb der Anlage im Labor und unter realistischen Bedingungen
- Überführung in die Serienfertigung durch IFG (Fischer-Gruppe)
- *neue Anwendungsgebiete*