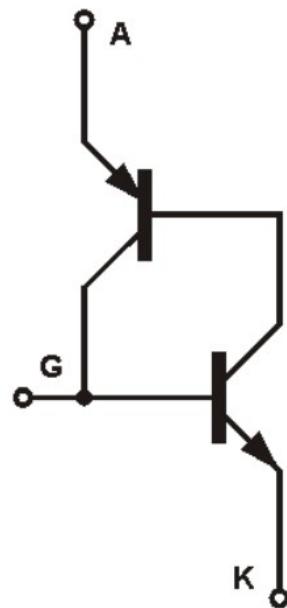


Latchups in der Raumfahrt: Eine Datenanalyse basierend auf Ergebnissen von Experimenten mit Teilchenbeschleunigern und Lasern

Vorgetragen von: Thomas Schmidt, B. Eng.

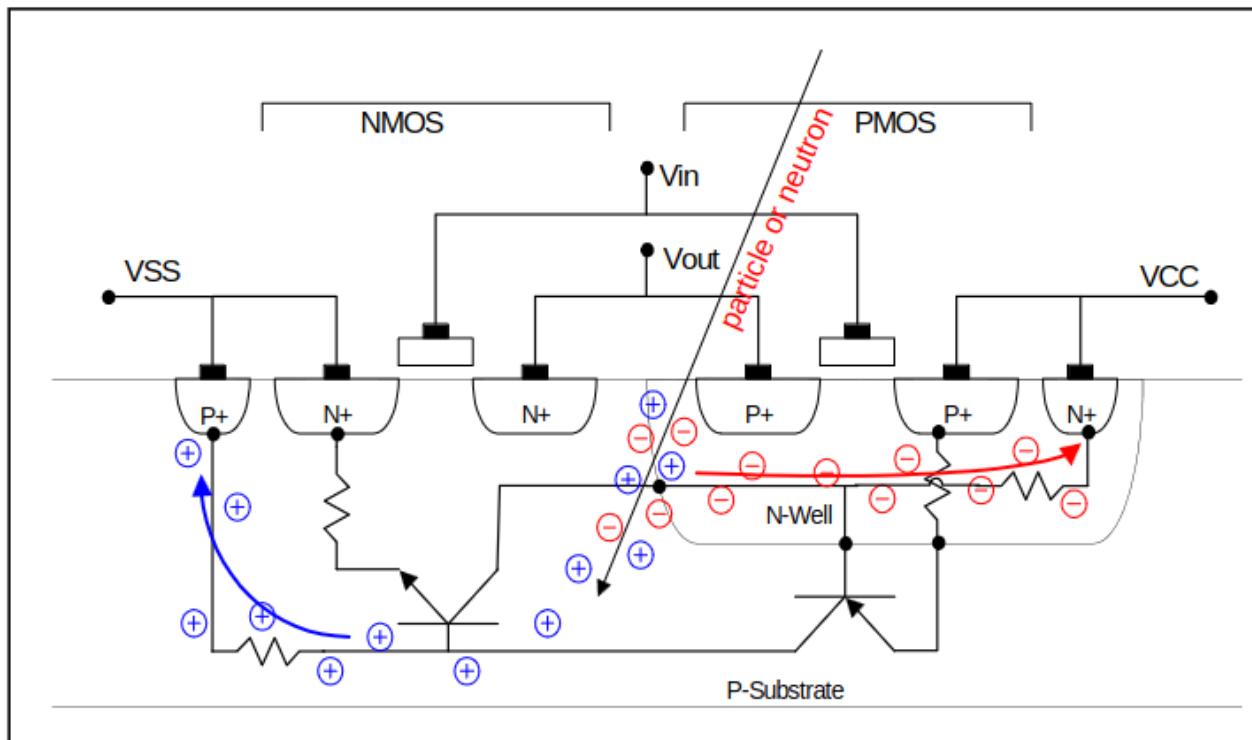
Was ist ein Single Event Latchup (SEL)?

Thyristor



Ersatzschaltbild

<https://technik.reicke.de/egrundlagen5.php>



Hannes Zöllner, Erzeugung und Untersuchung von Effekten kosmischer Strahlung mit einem Klasse-1-Laseraufbau, 2021

Warum sind Single Event Latchups ein Problem?

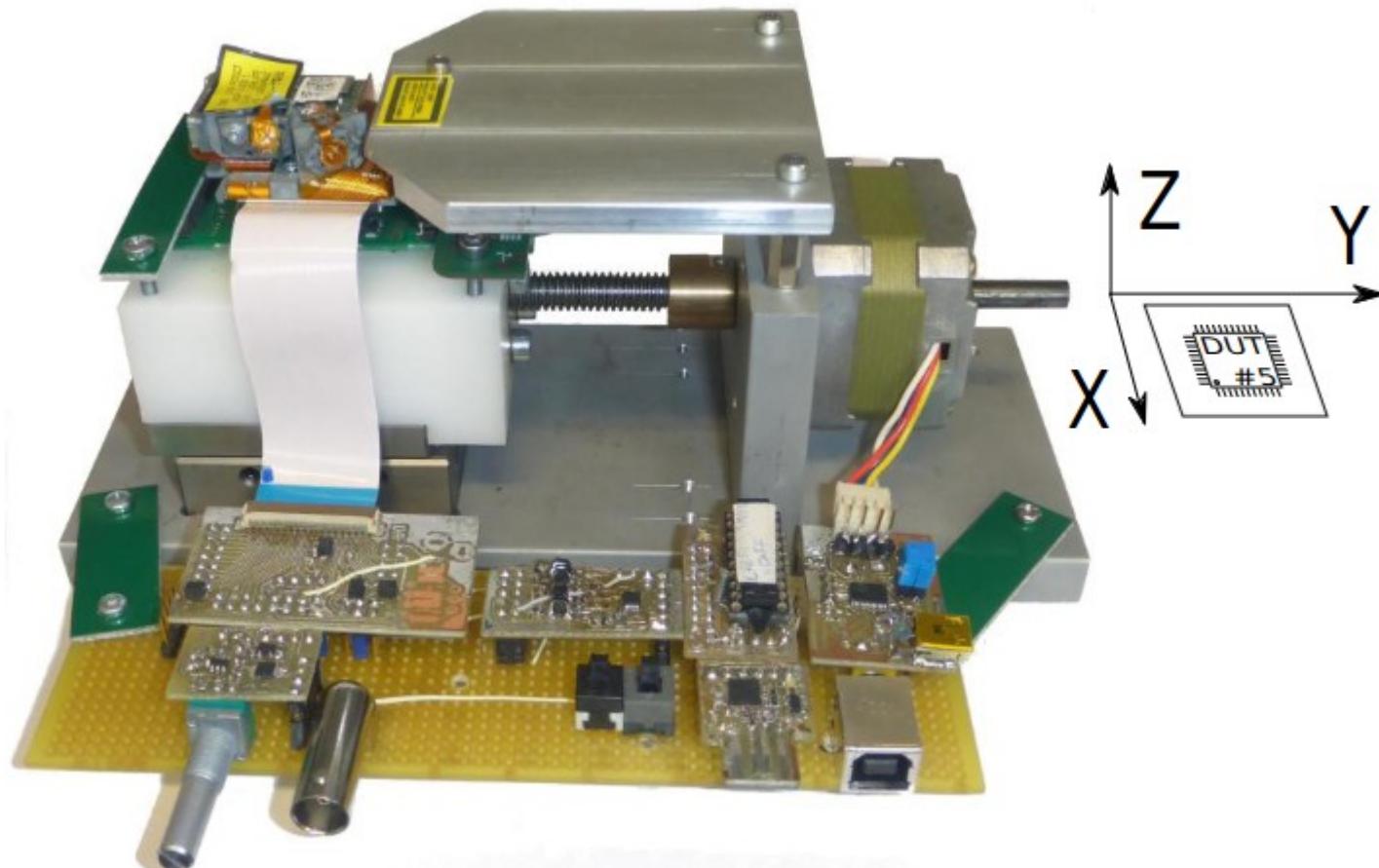


<https://www.geo.de>



<https://www.geo.de>

Laseraufbau



Hannes Zöllner, Erzeugung und Untersuchung von Effekten kosmischer Strahlung mit einem Klasse-1-Laseraufbau, 2021

Datenaufbau

Laserexperiment

- In 3 Bereichen gescannt, Bild- und SEL-Koordinaten stimmen überein
- Bilder
- CSV-Dateien mit Latchupschwellen

Teilchenbeschleunigerexperiment

- In 25 Bereichen gescannt, Bild- und SEL-Koordinaten stimmen nicht überein
- Mikroskopbilder:
 - Jenamicro18_fs<Spalte><Zeile>.tif
- Textdateien
 - Koordinaten, an denen Ionen eingeschlagen sind
 - Informationen ob ein SEL ausgelöst wurde

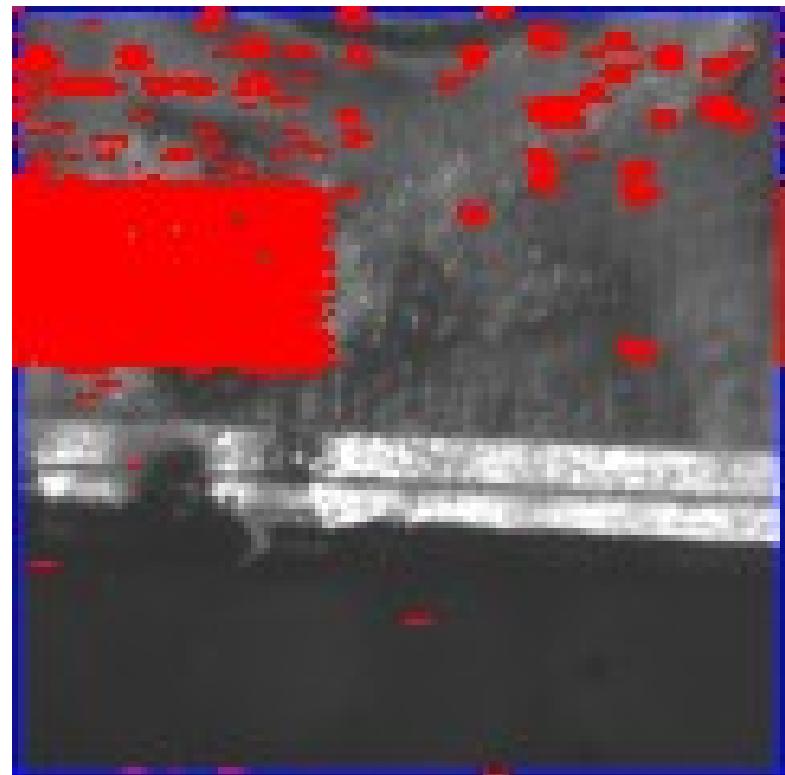
Vorgehen

- Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment
 - Daten vorbereiten
 - SEL-Koordinaten extrahieren und konvertieren
 - SEL in Array eintragen
 - Array und Mikroskopbild überlagern
 - Bilder zu Panorama zusammensetzen
 - Bilder auf Plausibilität prüfen
- Daten aus dem Laserexperiment
 - Datengröße an Panorama anpassen
 - Daten zusammensetzen
- Empfindliche Fläche ausrechnen und Ergebnisse auswerten

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Daten vorbereiten

- Streifenbildung durch systematischen Fehler:
 - DUT wird ausgeschaltet wenn SEL detektiert wird
 - Alle Ionen werden in dem Zeitraum als SEL gespeichert
- Lösung:
 - Dokument einlesen
 - SEL finden
 - In folgenden 10 Zeilen alle Werte auf 0 setzen



SEL-Map von micfs45.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

SEL-Koordinaten extrahieren und konvertieren

- Dokument Zeilenweise einlesen
- Kopfsegment löschen
- Zeile in 5 Elemente aufteilen
 - y-Koordinate
 - x-Koordinate
 - SEL (0 – kein SEL, 4 – SEL)
- Speichere Zeilen mit SEL in extra Liste

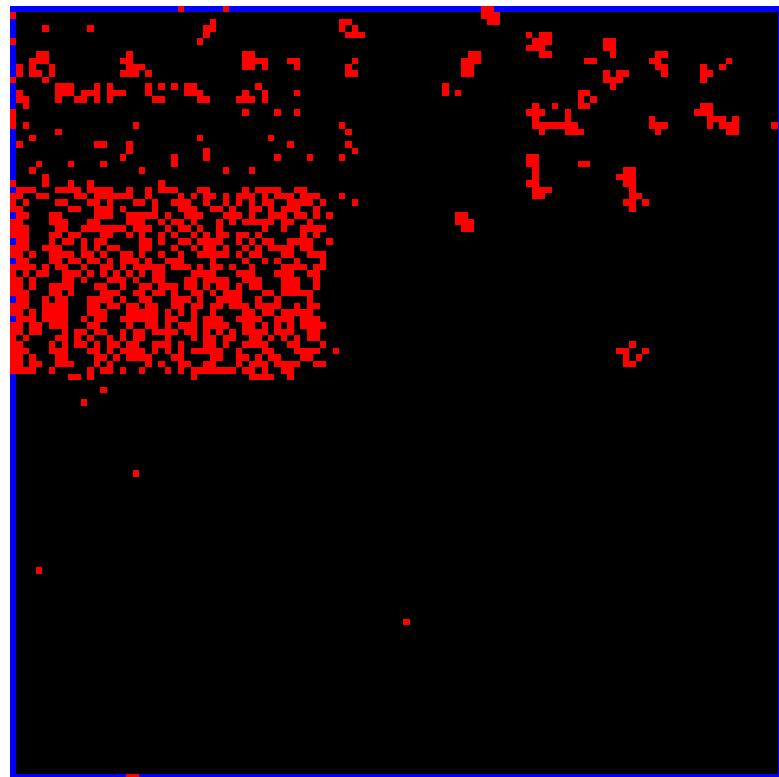
```
1|CNAF file: C:\EXPERI~1\AUJUN21\CNAFS\XY-SE-SB.WRK
2 comment: Jena microcontroller 03 3.3V fs24
3 CAMAC parameters per event:      5
4 number of events per record:     204
5 date:   03.06.21
6 time:   16:00:00
7 1749    2784    0    0    310
8 327     1680    0    0    305
9 3026    1361    0    0    465
10 2106   1217    0    0    1300
11 886    968     0    0    310
12 847    967     0    0    507
13 802    933     0    0    573
14 257    3215    0    0    289
15 2250   877     0    0    504
16 3346   510     0    0    391
17 1378   118     0    0    1557
18 1282   118     0    0    941
19 1204   49      0    0    2503
20 1147   48      0    0    1351
21 1075   48      0    0    2965
22 958    47      0    0    1544
23 570    4037   0    0    543
24 538    4003   0    0    673
25 247    4000   0    0    1569
26 3605   3789   0    0    1807
```

Ausschnitt aus micfs24.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

SEL in Array eintragen

- ADC-Wert in Koordinaten umwandeln (durch Skalierungsfaktor dividieren)
- Koordinaten transformieren:
 - Spiegeln an der y-Achse
 - Rotieren um +90°
- Leeren Array erstellen (120 x 120 Pixel)
- SEL als rote Punkte eintragen

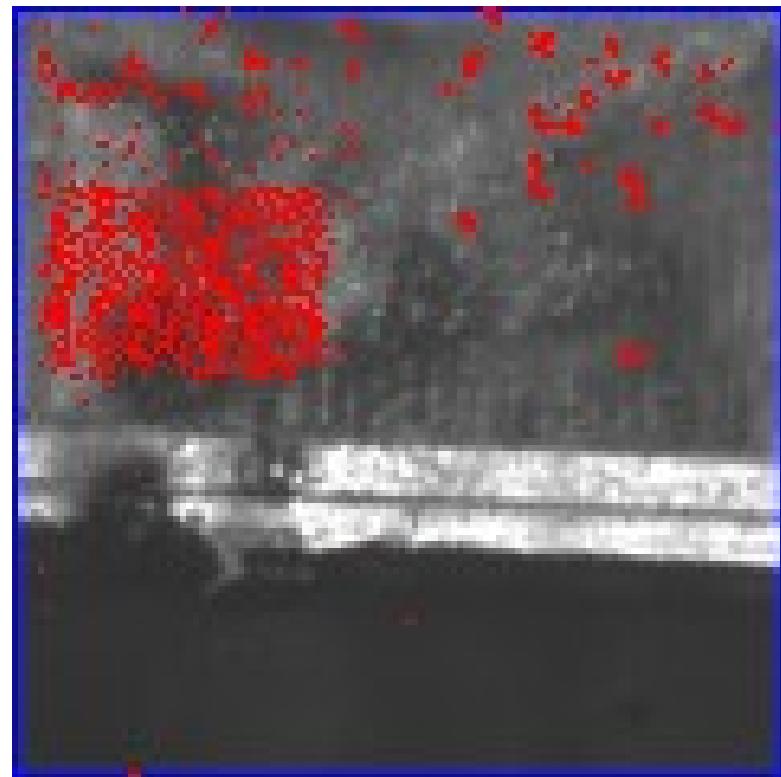


SEL-Map von micfs45.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Array und Bilder überlagern

- Zentren müssen übereinander liegen
- Versatz in x- und y-Richtung berechnen
- Einzeichnen der SEL

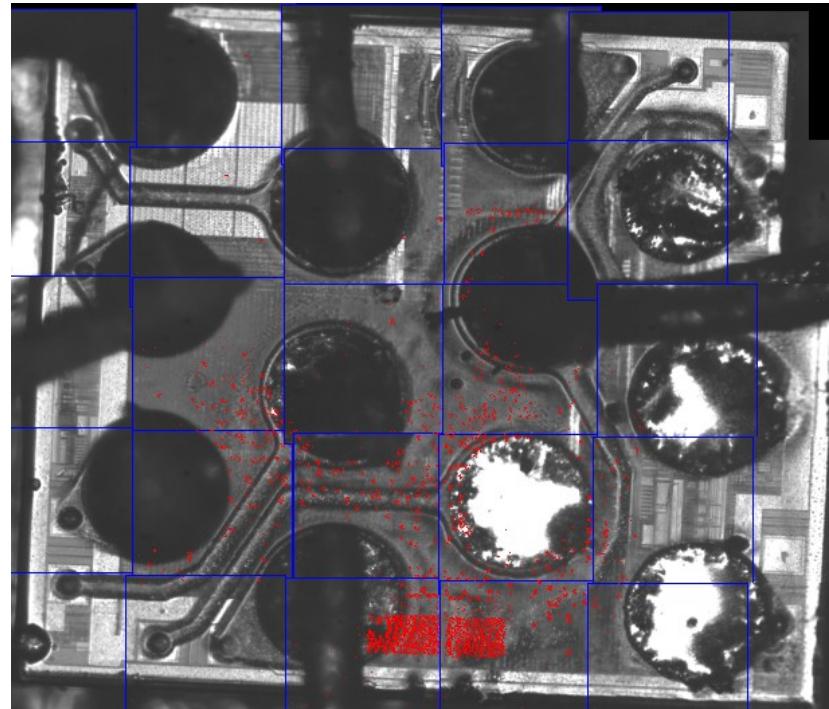


SEL-Map von micfs45.dat.txt

Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Bilder zu Panorama zusammenfügen

- Bilder am blauen Rand ausschneiden
- Verschiedene Ansätze:
 - Hugin
 - Python – Ansatz über Homographiematrizen
 - Manuelles Zusammenfügen



Panorama aus 25 Einzelbildern

Daten aus dem Laserexperiment

Panorama Zusammensetzen

- Streifen manuell zusammensetzen
- Möglichst eng auf DUT zuschneiden
- Größe der Panoramen vergleichen und Skalierungsfaktor berechnen



Panorama aus 3 Streifen

Daten aus dem Laserexperiment

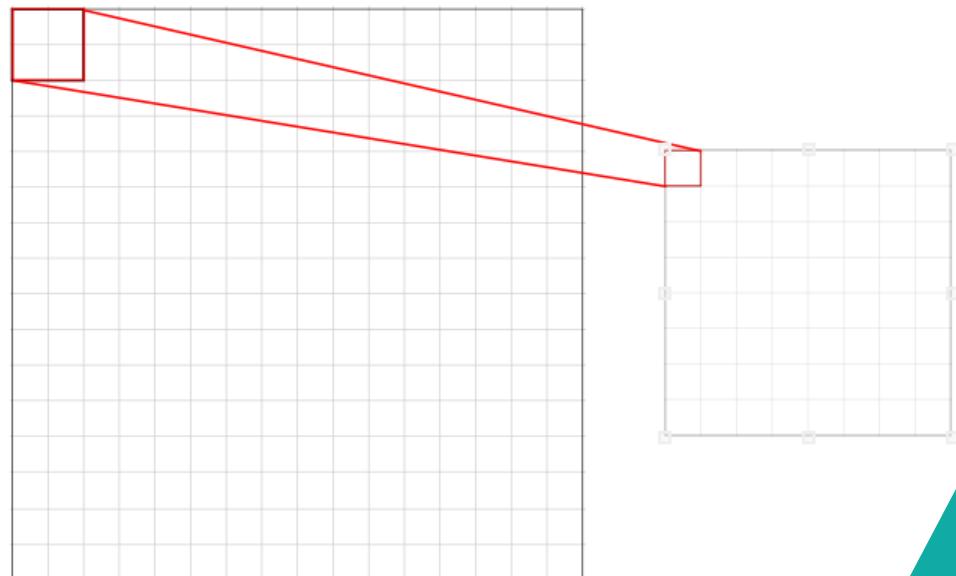
Größe der Bildstreifen und zugehörigen CSV Dateien ändern

- Erstellen eines leeren Arrays mit den neuen Dimensionen
- Berechnen welche Pixel des Originalarrays mit welchem Pixel des neuen Arrays korrespondiert

$$P_{original, Start} = \text{trunc}\left(\frac{P_{neu}}{\text{Skalierungsfaktor}}\right)$$

$$P_{original, Ende} = \text{trunc}\left(\frac{P_{neu} + 1}{\text{Skalierungsfaktor}}\right)$$

- Extraktion der Minimalwerte größer Null
- Eintragen des Wertes in neues Array



Daten aus dem Laserexperiment

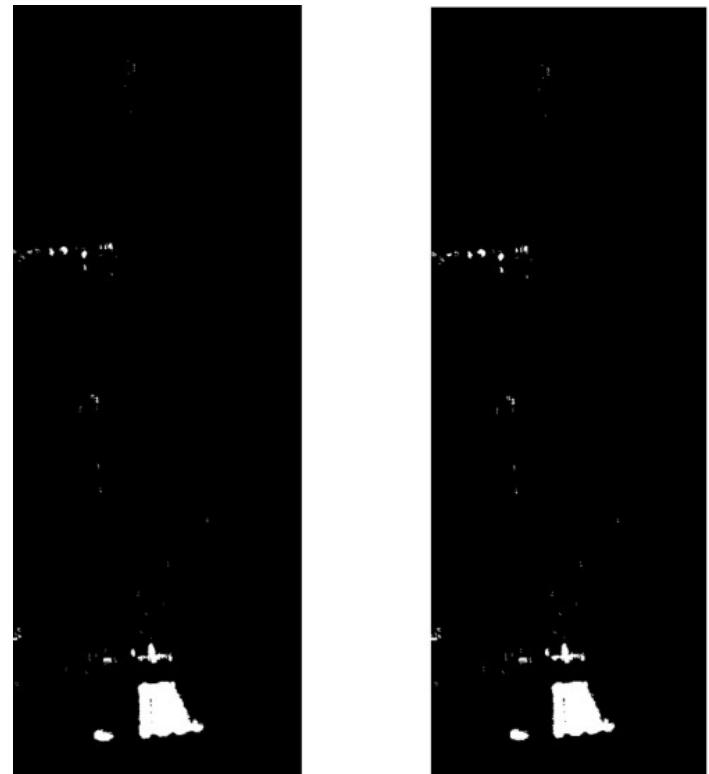
Größe der Bildstreifen und zugehörigen CSV Dateien ändern

- Erstellen eines leeren Arrays mit den neuen Dimensionen
- Berechnen welche Pixel des Originalarrays mit welchem Pixel des neuen Arrays korrespondiert

$$P_{original, Start} = \text{trunc}\left(\frac{P_{neu}}{\text{Skalierungsfaktor}}\right)$$

$$P_{original, Ende} = \text{trunc}\left(\frac{P_{neu} + 1}{\text{Skalierungsfaktor}}\right)$$

- Extraktion der Minimalwerte größer Null
- Eintragen des Wertes in neues Array



Originalversion vs. verkleinerte Version

Daten aus dem Laserexperiment

Überlappende Pixel löschen und CSV-Dateien zusammenfügen

- Pixel löschen
 - Zusammenfügen der verkleinerten Bilder zu einem Panorama
 - Auf überlappende bereiche zuschneiden
 - Pixel zählen
 - Korrespondierende Spalten löschen
- CSV-Dateien zusammenfügen
 - Einlesen und Dimensionen ermitteln
 - Reihe für Reihen zusammenfügen
 - In CSV-Datei schreiben

Berechnung der Wirkungsquerschnitte

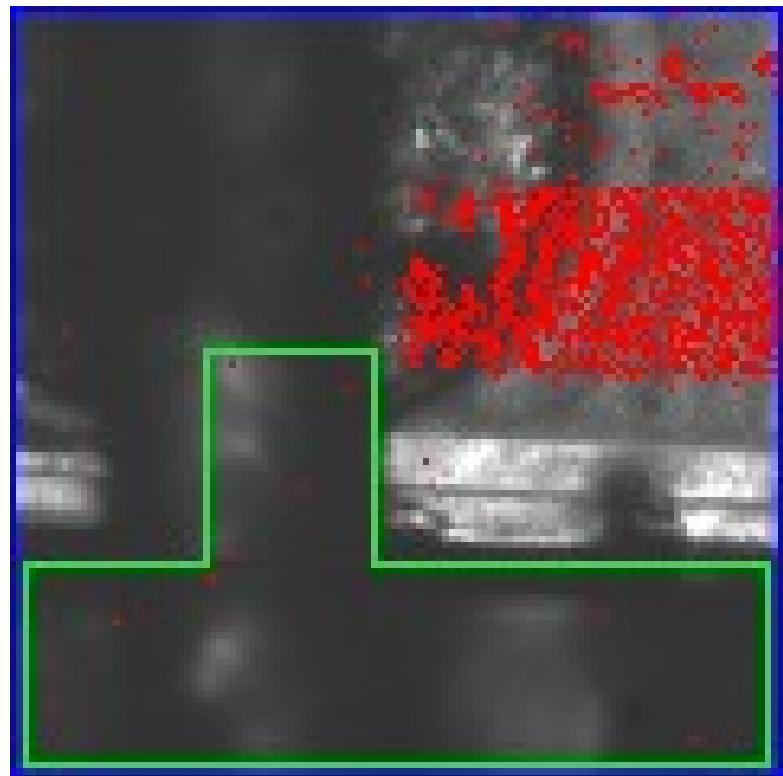
- Ionendaten
 - Umwandeln des Panoramas in eine CSV Datei
 - Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit vorhandenem Skript
 - Alternative: Rate SEL pro Ion
- Laserdaten
 - Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit vorhandenem Skript

Latchup Flächen im Ionenexperiment in mm ²	
Bild (unkorrigiert)	0,025
Bild (korrigiert)	0,0115
SEL/Ion (unkorrigiert)	0,021

Auswertung

Plausibilitätsprüfung

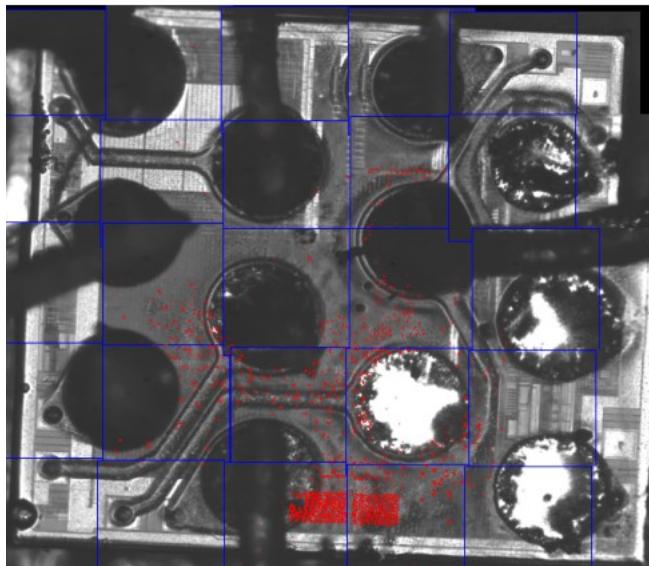
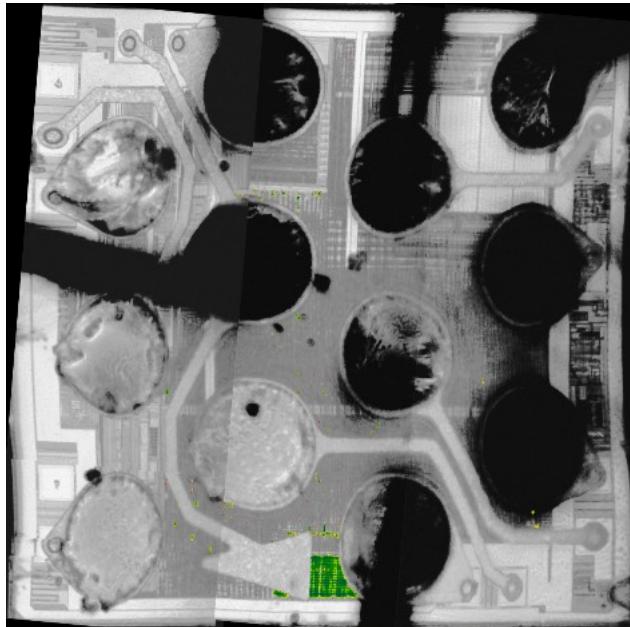
- Vergleich der Strukturen
 - Stimmen größtenteils mit physischen Strukturen des DUT überein
 - Artefakte stimmen nicht mit Strukturen überein
 - Hypothese: Sekundäreffekte



Auswertung

Plausibilitätsprüfung

- Vergleich der Panoramen nach Ionen- und Laserbeschuss
 - Stimmen zu großen Teilen überein
 - Unterschiede durch Metallisierung



Oben: Laserdaten,
Unten: Beschleunigerdaten

Auswertung

Auswertung der Wirkungsquerschnitte

