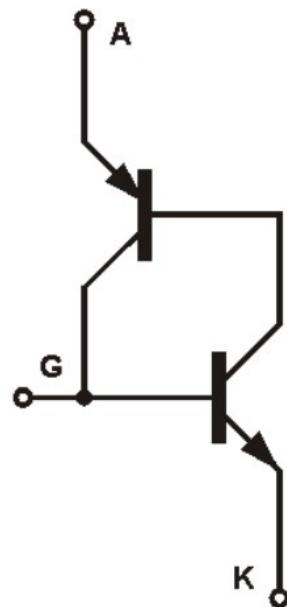


# **Latchups in der Raumfahrt: Eine Datenanalyse basierend auf Ergebnissen von Experimenten mit Teilchenbeschleunigern und Lasern**

Vorgetragen von: Thomas Schmidt, B. Eng.

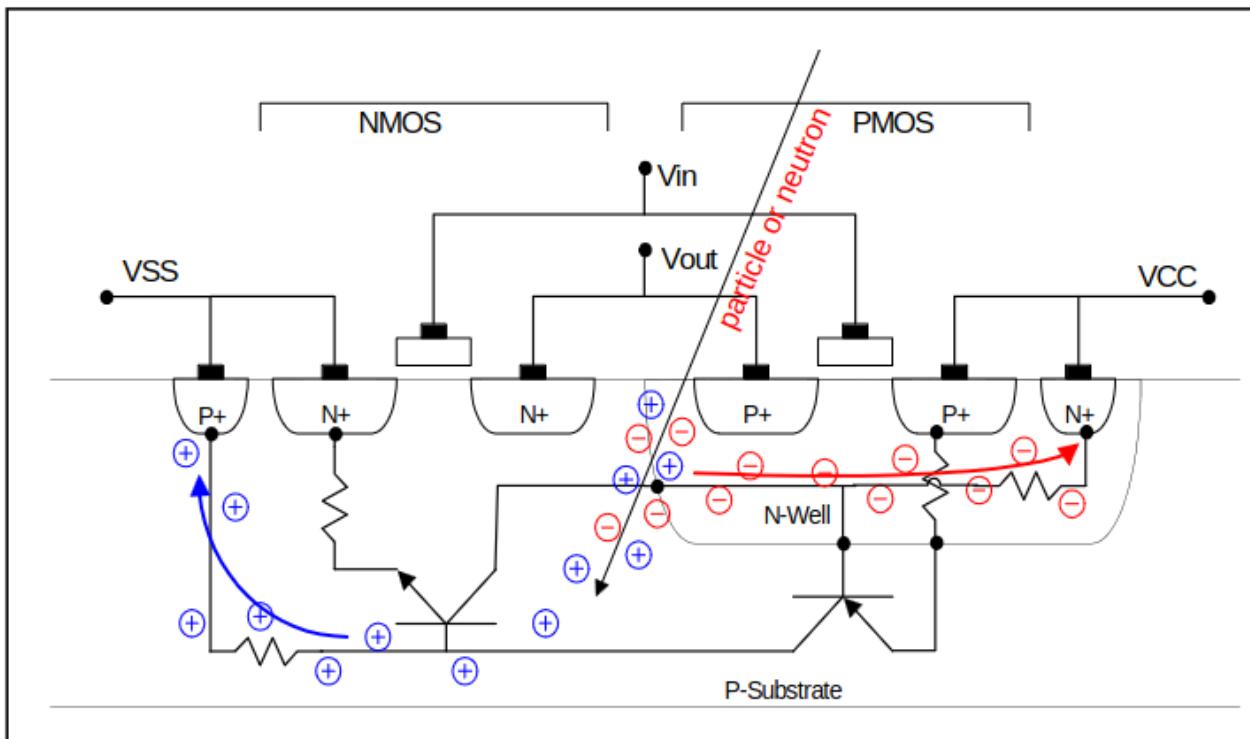
# Was ist ein Single Event Latchup (SEL)?

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?

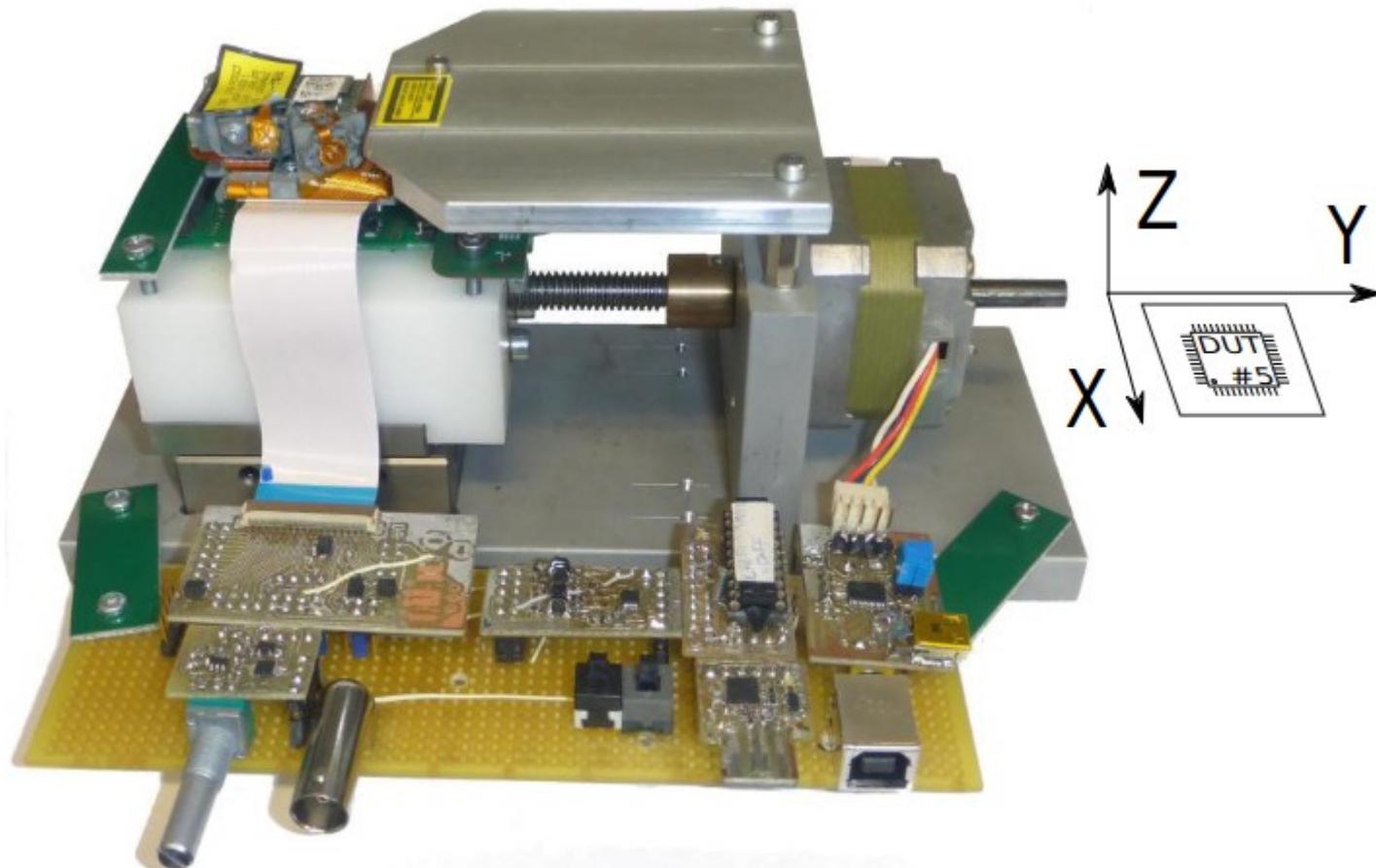


<https://www.geo.de>



<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

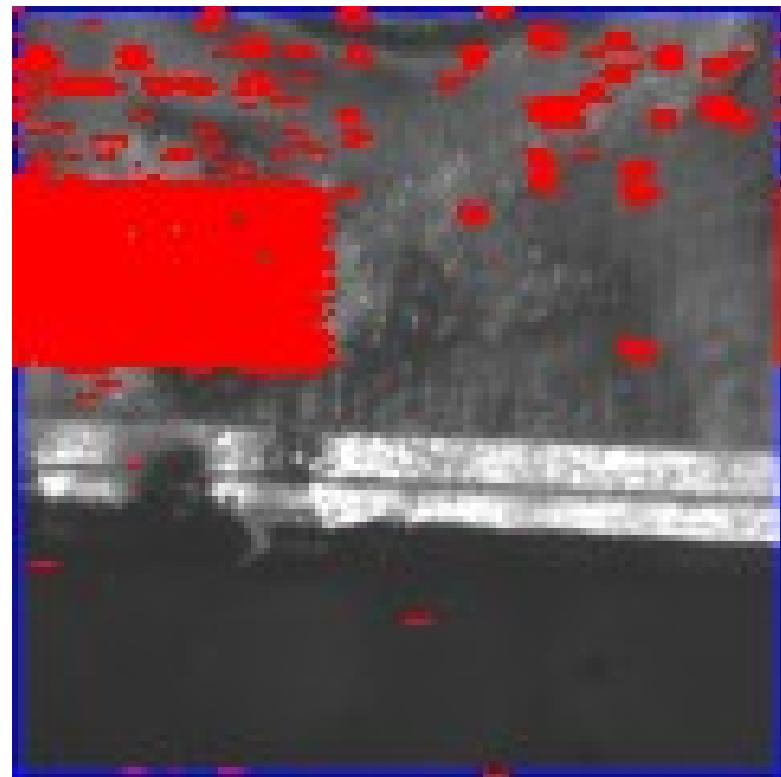
# Vorgehen

- 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

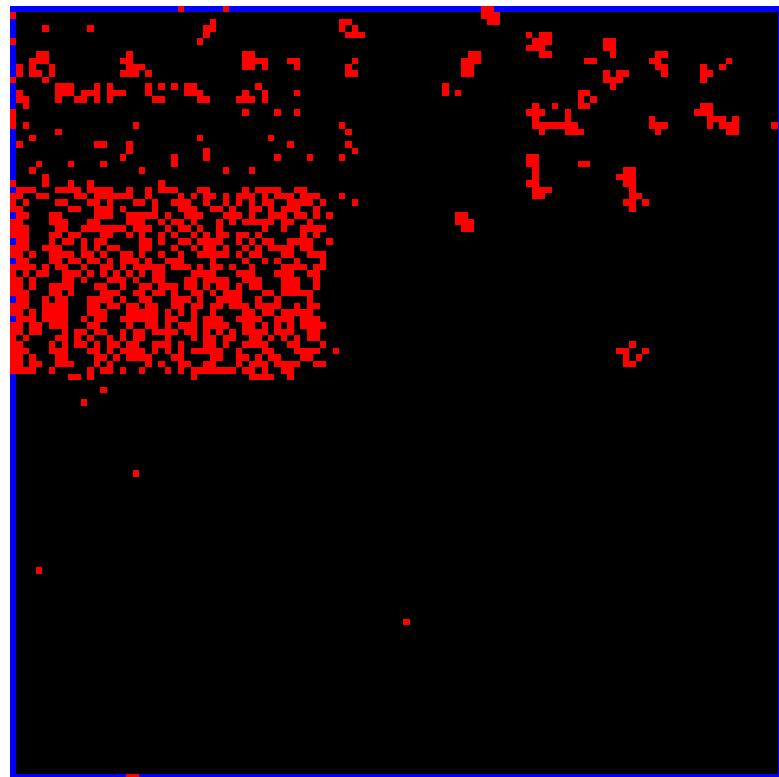
```
1|CNAF file: C:\EXPERI~1\AUJUN21\CNAFS\XY-SE-SB.WRK
2 comment: Jena microcontroller 03 3.3V fs24
3 CAMAC parameters per event:      5
4 number of events per record:     204
5 date:   03.06.21
6 time:   16:00:00
7 1749    2784    0    0    310
8 327     1680    0    0    305
9 3026    1361    0    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

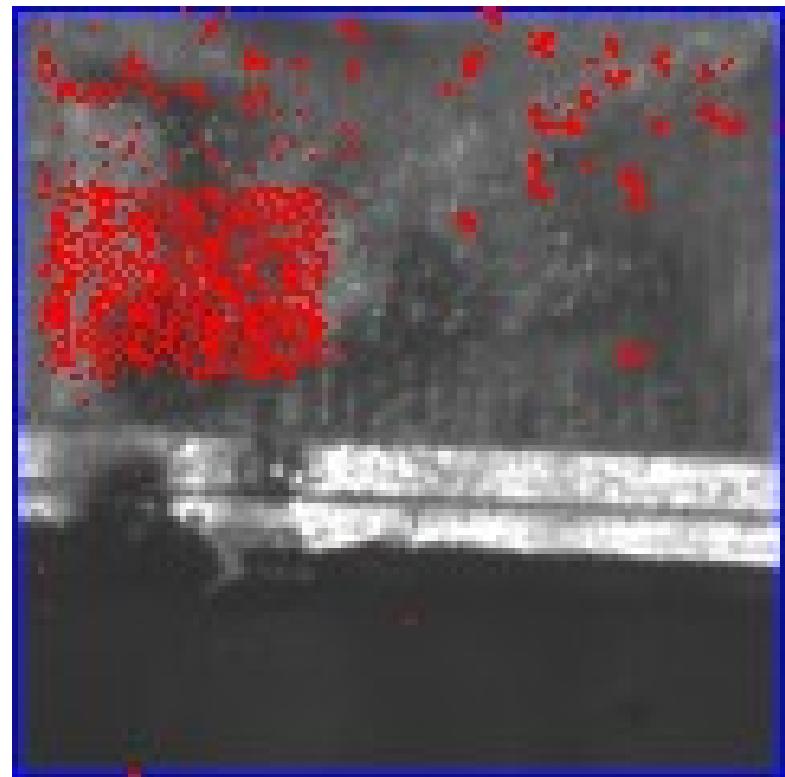


SEL-Map von micfs45.dat.txt

# Daten aus dem Teilchenbeschleunigerexperiment

Array und Bilder überlagern

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

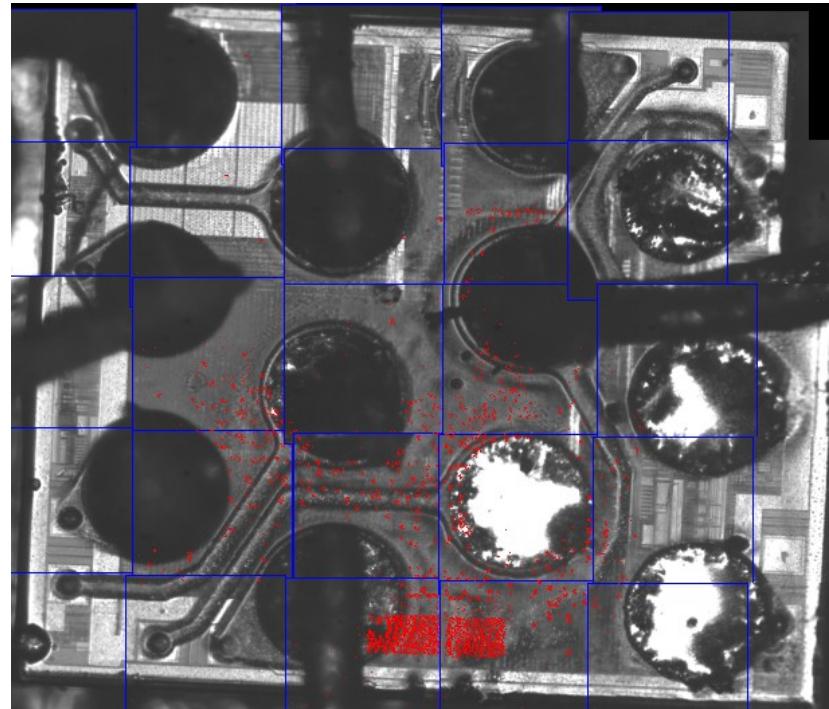


SEL-Map von micfs45.dat.txt

# 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

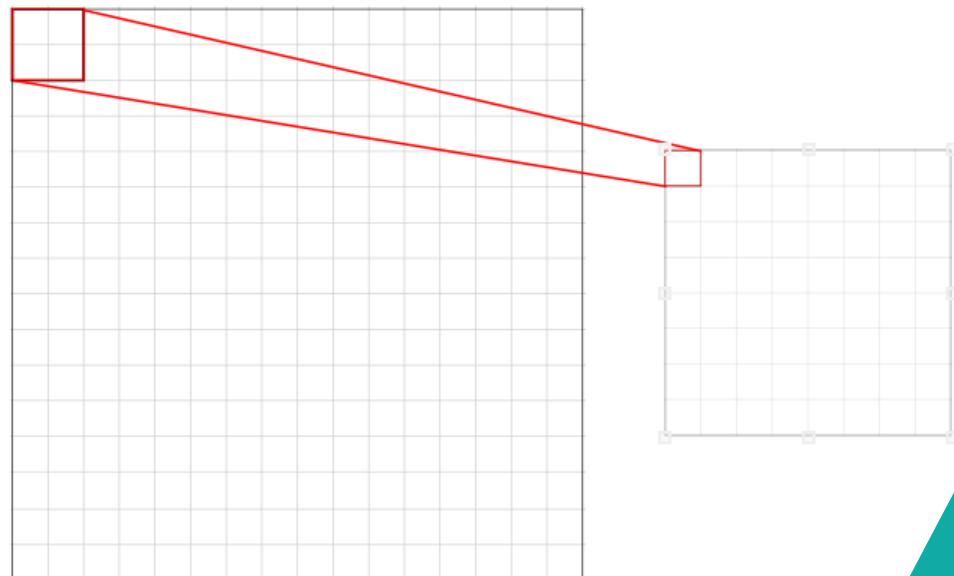
## Größe der Bildstreifen und zugehörigen CSV-Dateien ändern

- 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

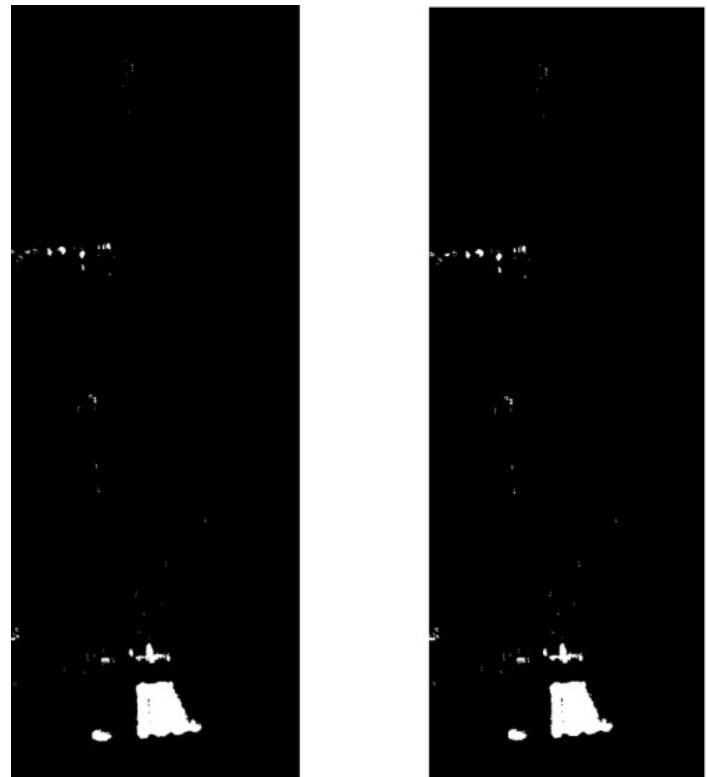
## Größe der Bildstreifen und zugehörigen CSV-Dateien ändern

- 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 Reihe zusammenfügen
  - In CSV-Datei schreiben

# Berechnung der Wirkungsquerschnitte

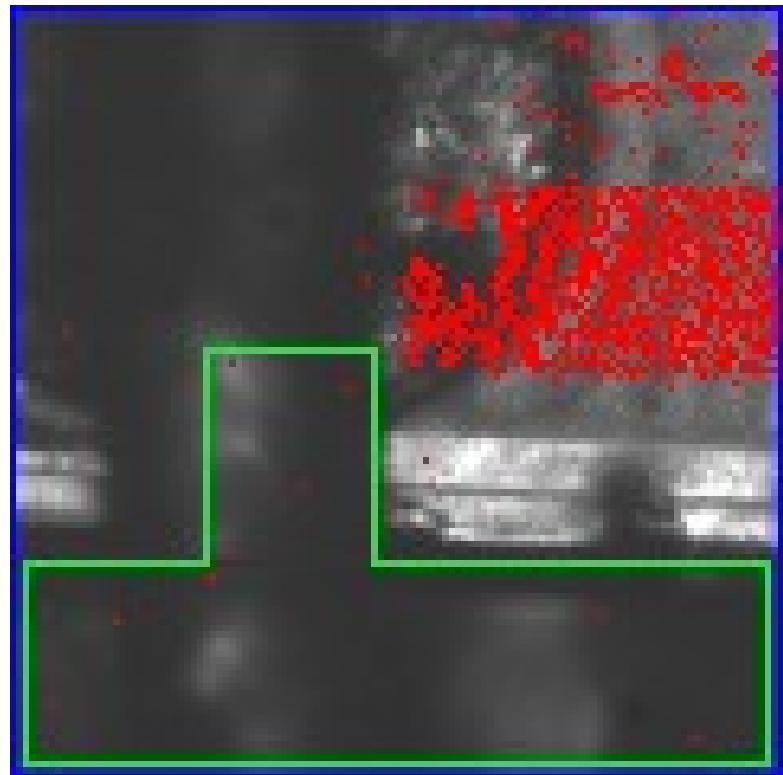
- Ionendaten
  - Umwandeln des Panoramas in eine CSV-Datei
  - Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit vorhandenem Skript
  - Alternative: Rate SEL pro Ion
- Laserdaten
  - Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit vorhandenem Skript

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

# Auswertung

## Plausibilitätsprüfung

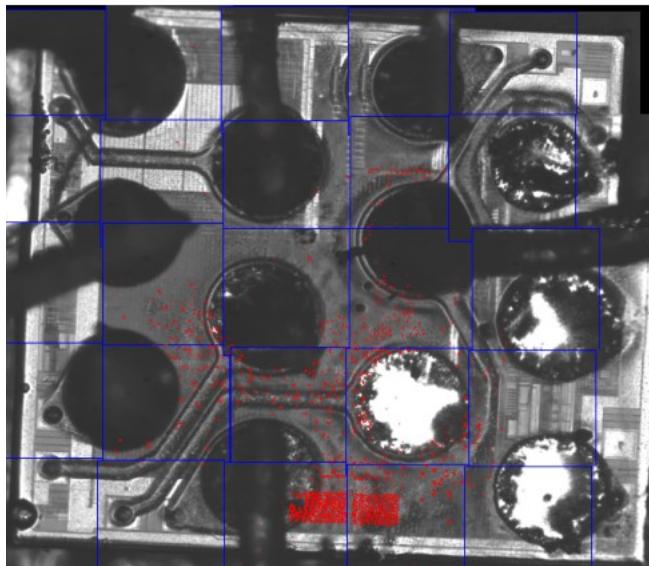
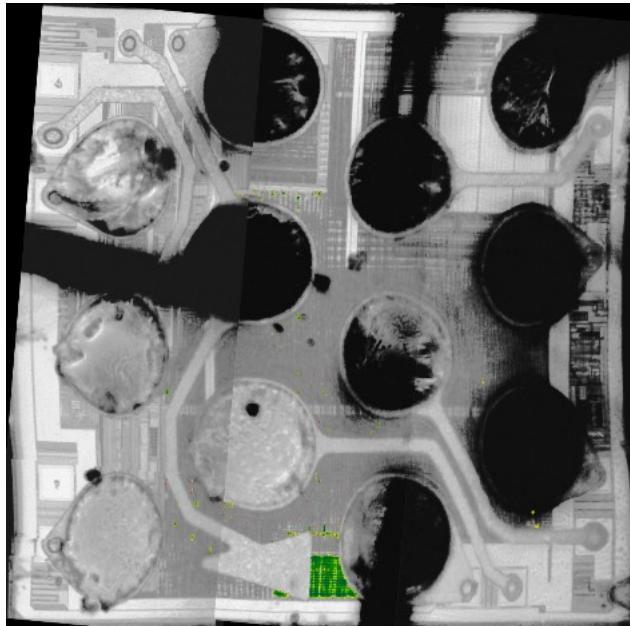
- Vergleich der Strukturen
  - Stimmen größtenteils mit physischen Strukturen des DUT überein
  - Artefakte stimmen nicht mit Strukturen überein
  - Hypothese: Sekundäreffekte



# 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

