Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Gastvorlesung

Concurrent Programming

Inhalt

- Über mich
- Effiziente parallele Dosisberechnung 1. Teil 20'
- Einführung in OpenCL 30'
- Arbeitsblatt 30'
- Effiziente parallele Dosisberechnung 1. Teil 10'

Über mich

- B. Sc. Computer Science
- Thesis:

  Effiziente parallele Dosisberechung

- Scala, Concurrent Programming, Machine Learning

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Effiziente parallele Dosisberechnung

Concurrent Programming

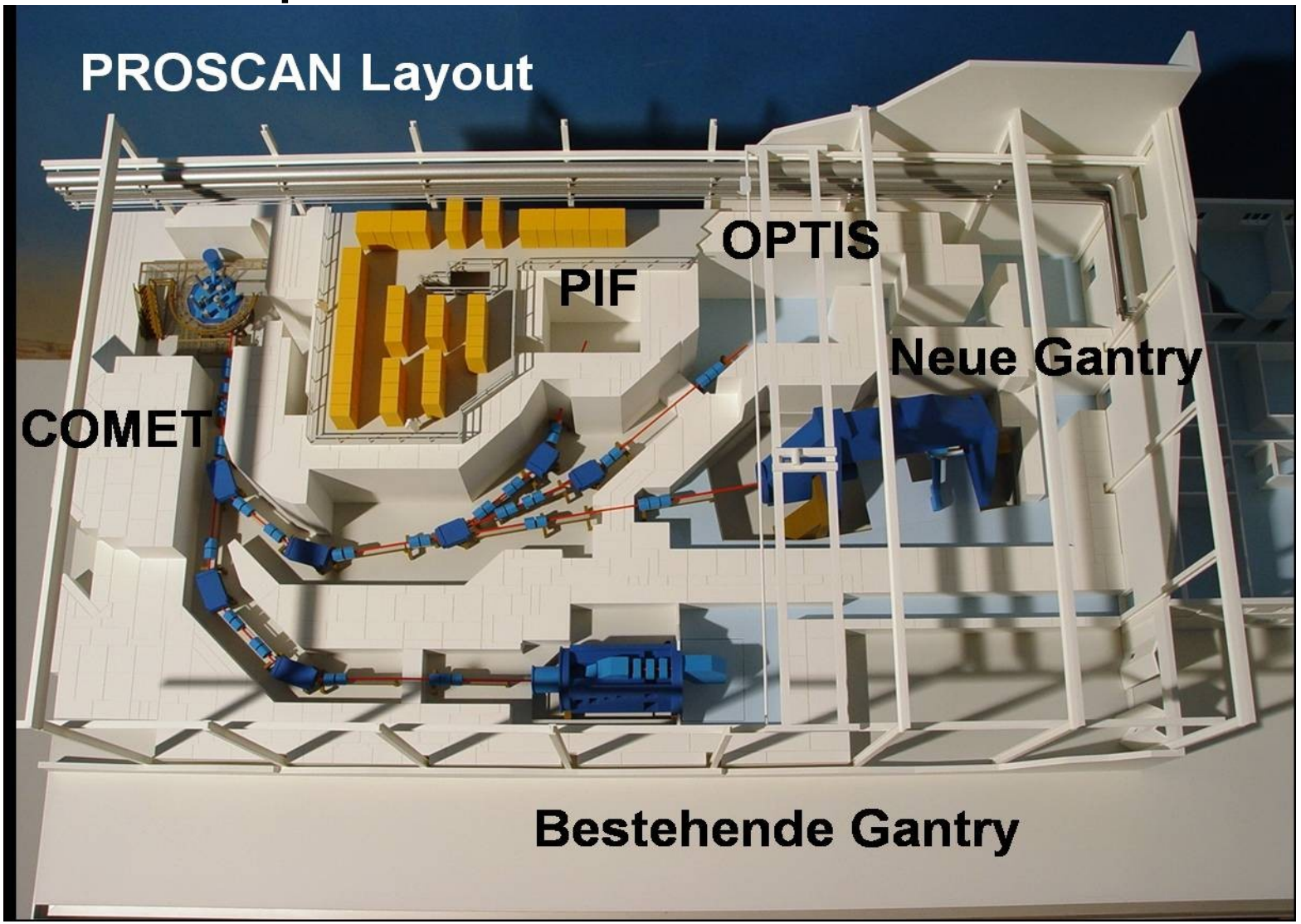
Inhalt

- Protonentherapie
- Dosisberechnung
- Resultate
  - Varianten
  - Performance

Protonentherapie am PSI

- Seit 1984
- Über 5700 Patienten
- Behandlung von
  - Augentumoren
  - Hirn-/Schädelbasis-/Wirbelsäulentumoren
  - (Prostatakarzinomen)

Protonentherapie am PSI



Protonentherapie am PSI – OPTIS 1 & 2

- Bestrahlung von Augentumoren

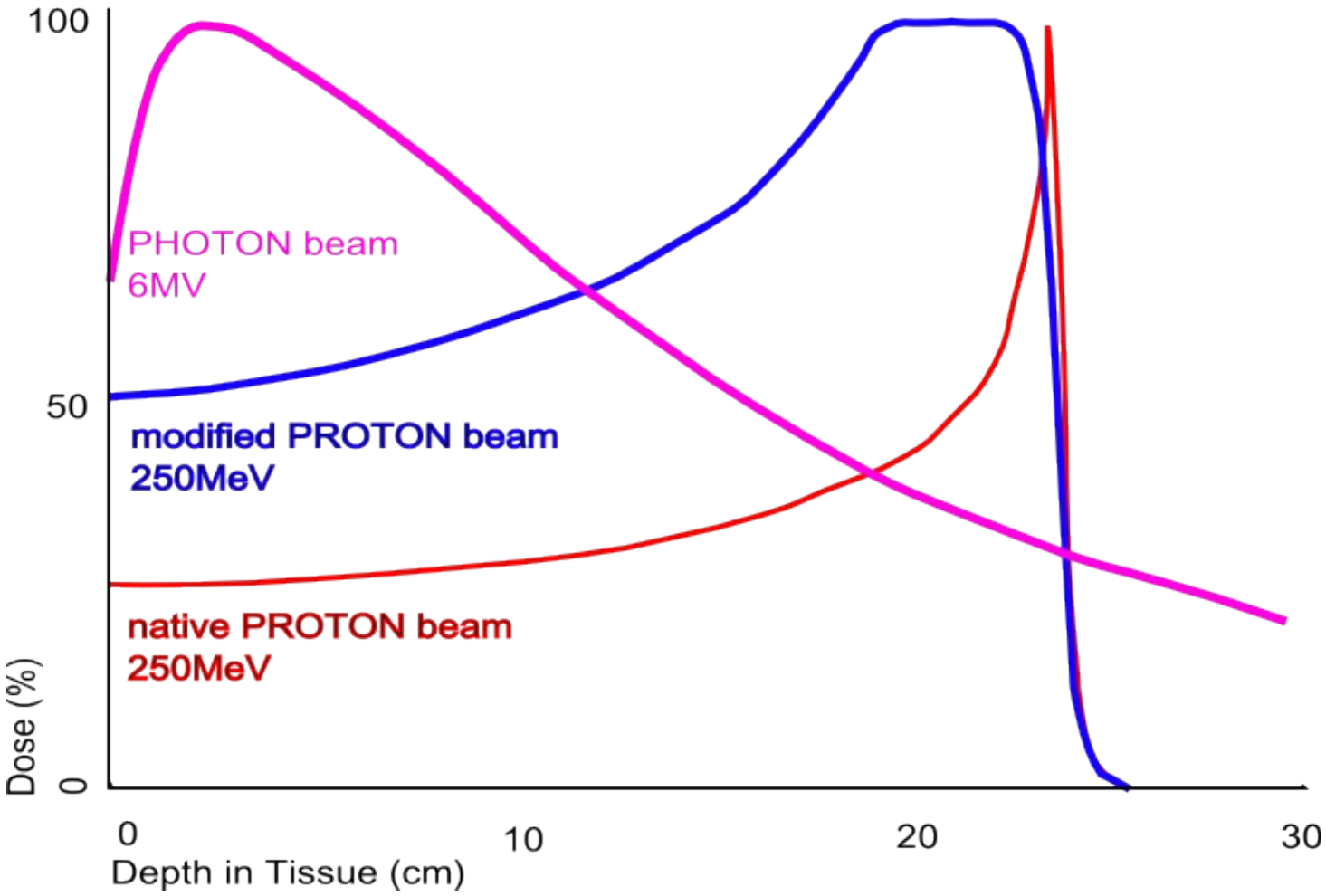
Protonentherapie am PSI – Gantry 1

- Bestrahlung von tiefliegenden Tumoren

Protonentherapie am PSI – Gantry 2

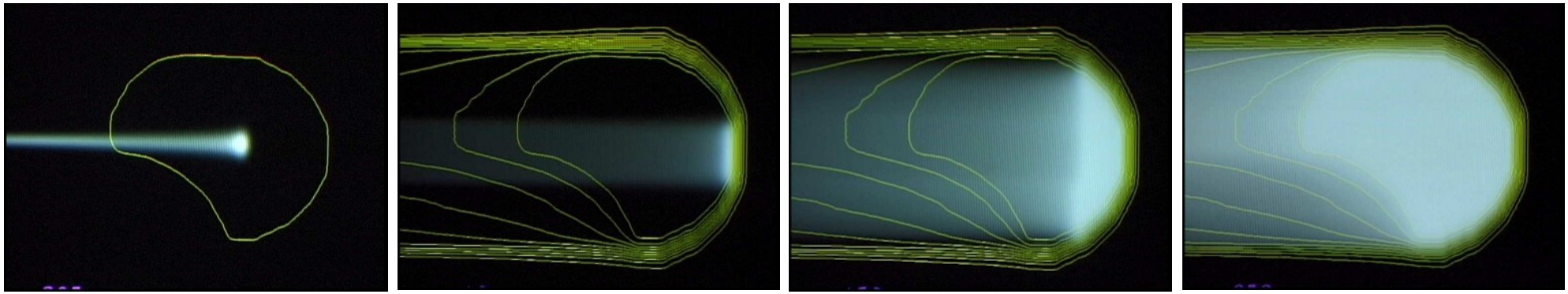
- Bestrahlung von tiefliegenden Tumoren

Weshalb Protonentherapie



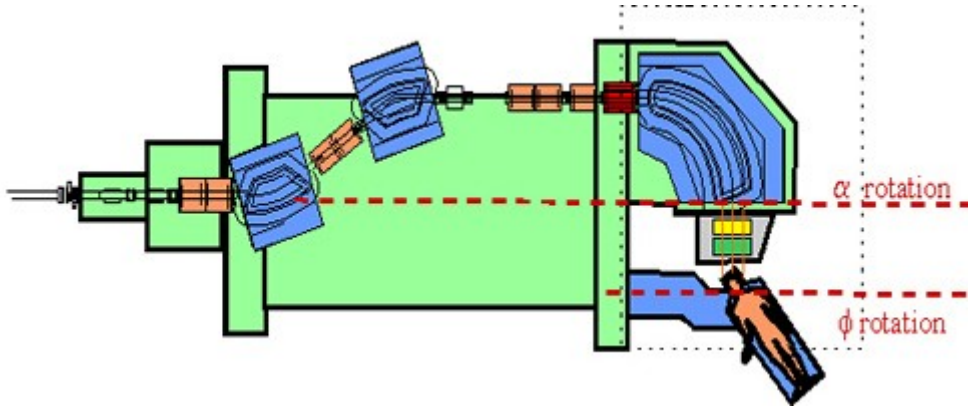
Dosisberechung – Spot Scanning

- Berechnung mittels eines Pencil Beam Models
- Spot: Ein „Schuss“
- Scannen: Verschieben der Spots
- Abgelegte Dosis = Summe der Dosen der Spots



Dosisberechung – Therapieplanung

- Artzt + Physiker planen Therapie
  - Identifizieren des Tumors
  - Definieren der Spots
- Optimierung der Freiheitsgrade der Gantry



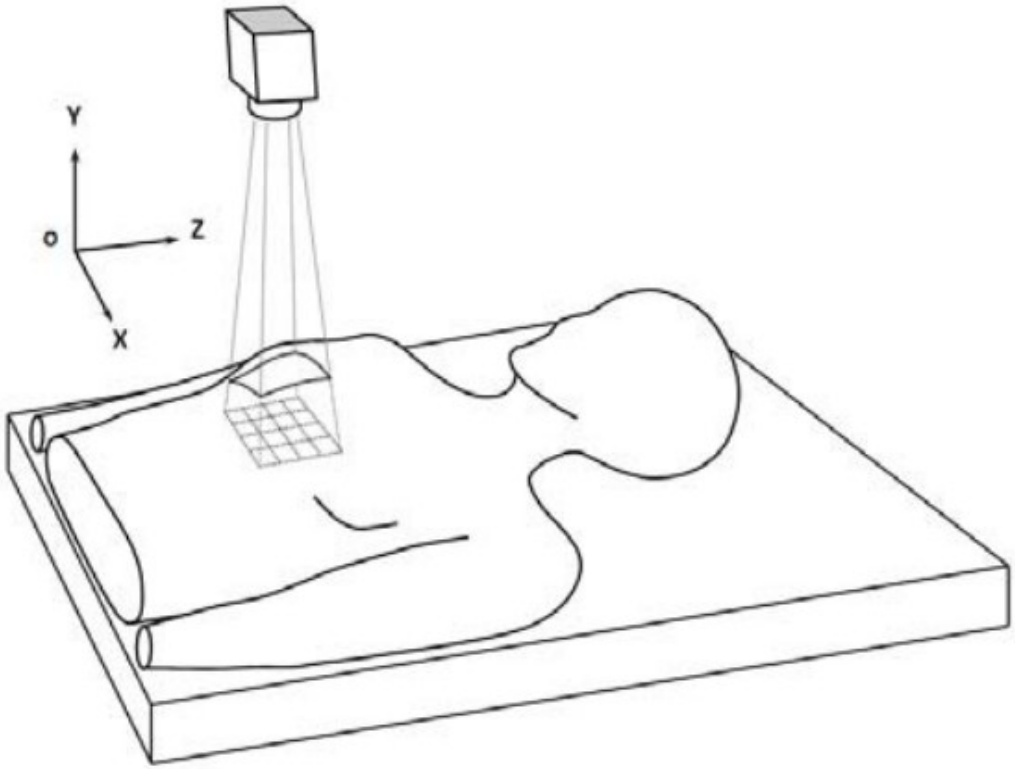
Dosisberechung – Ziele der Thesis

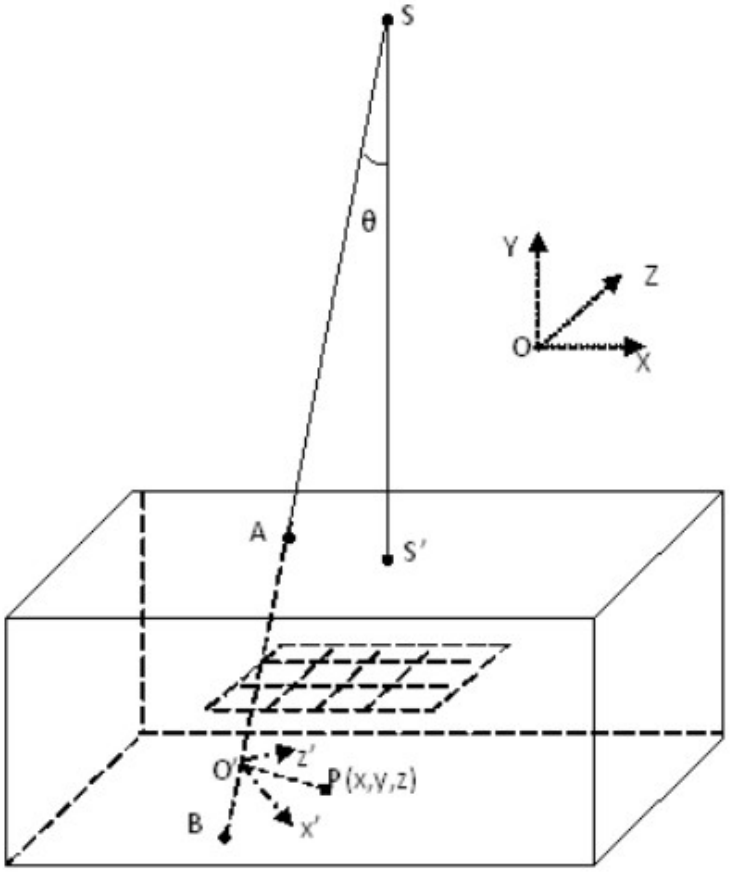
- So schnell wie möglich, so wartbar wie möglich
- Evaluieren verschiedener Varianten
  - Möglichst auf der JVM
  - Empfelungen welche Technologie weiterverfolgt werden soll
- Verbesserungen des Algorithmus

Dosisberechung – Performance?

- UI der Therapieplanungs-Software
- Optimierung
- Zukunft:
  - Online adaptive radiation therapy (OART)

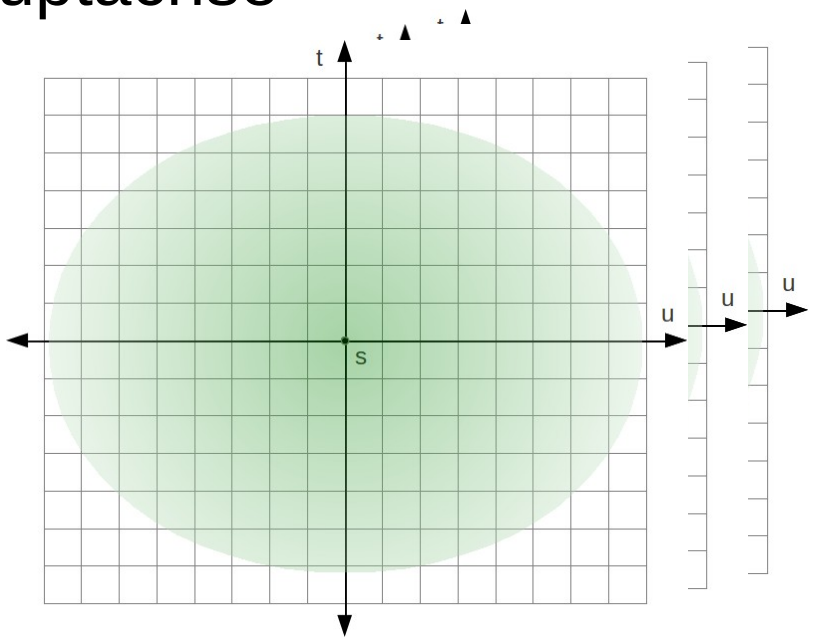
Dosisberechung – Algorithmus





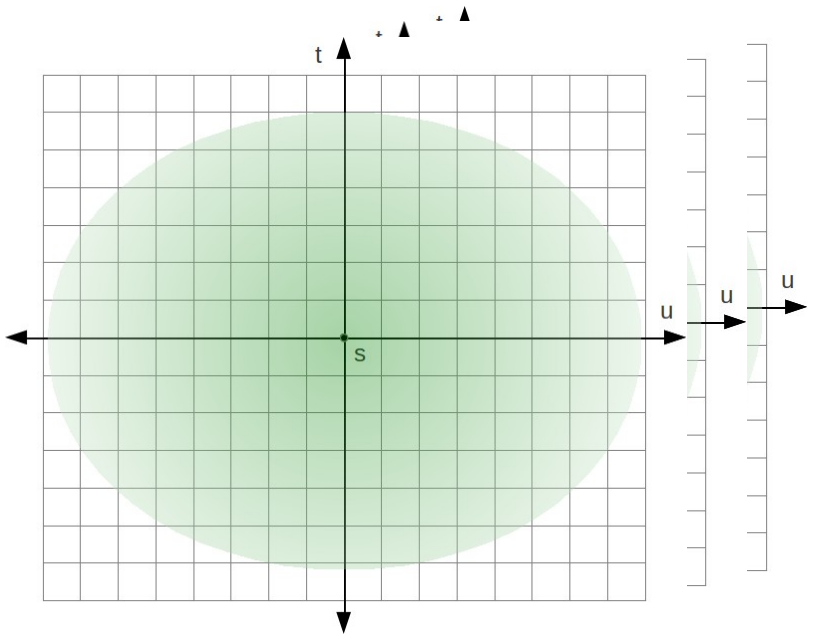
Dosisberechung – Berechnung der Dosis

- Abhängig von der Water Equivalent Depth
- Abhänig vom Air Gap (Abstand Patient – Nozzle)
- Abhängig vom Abstand zur Spot-Hauptachse
- Optimierungen:
  - Abschneiden nachdem 99% Dosis deponiert wurde



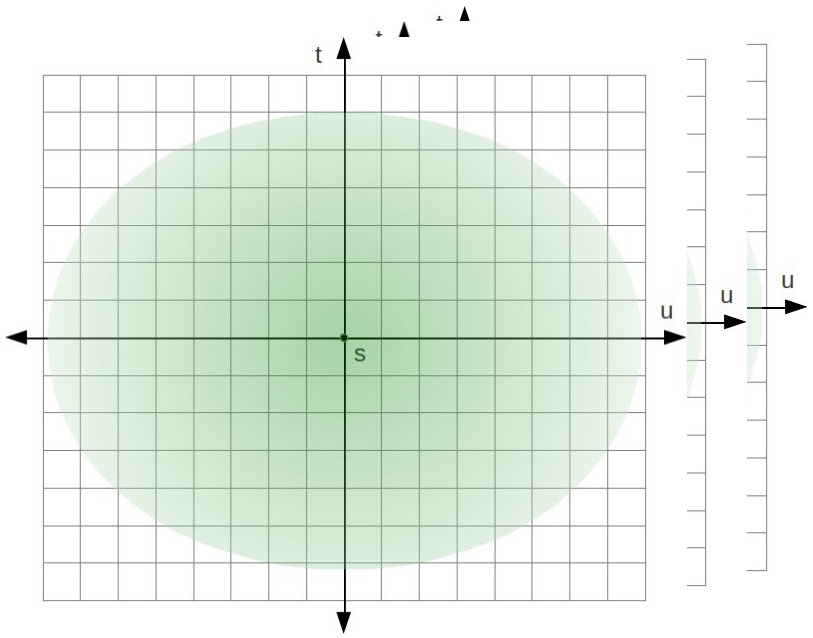
Dosisberechung – Planewise Iteration

- Keine Synchronisation nötig
- Parallelität beschränkt durch Anzahl Planes



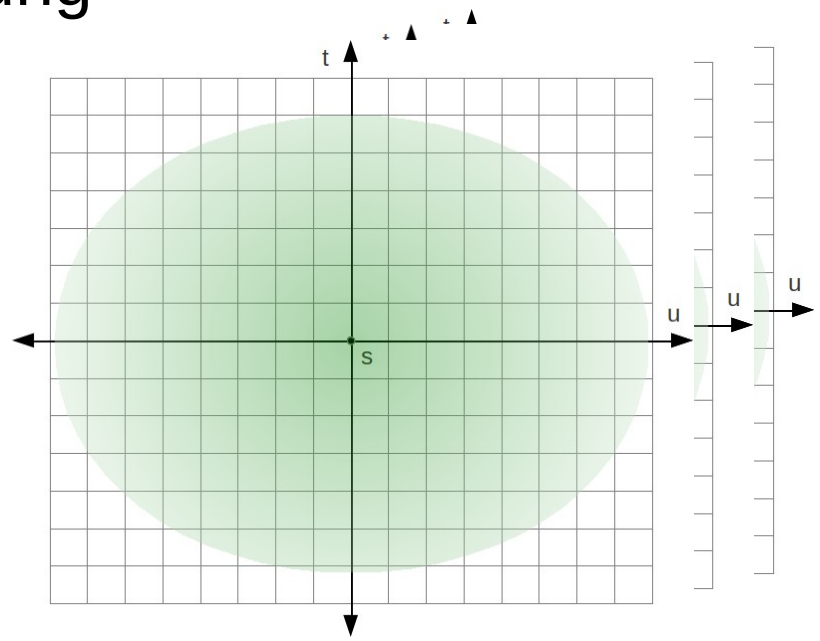
Dosisberechung – Spotwise Iteration

- Synchronisation nötig
- Parallelität beschränkt durch Anzahl Spots



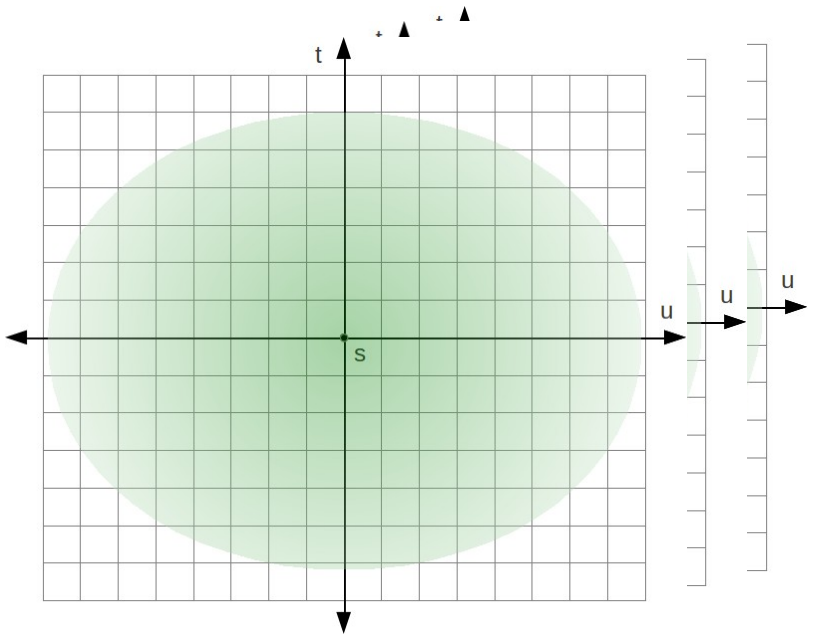
Dosisberechung – Voxelwise Iteration

- Keine Synchronisation nötig
- Parallelität beschränkt durch Anzahl Voxels
  - Ideale Flexibilität für Arbeitsaufteilung
- Cutoff Optimierung aufwändig



Dosisberechung – Optimierung (WIP)

- Voxelwise
- Vorberechnung der Voxel of Interests (VOI)



Dosisberechung – Klinische Testfälle

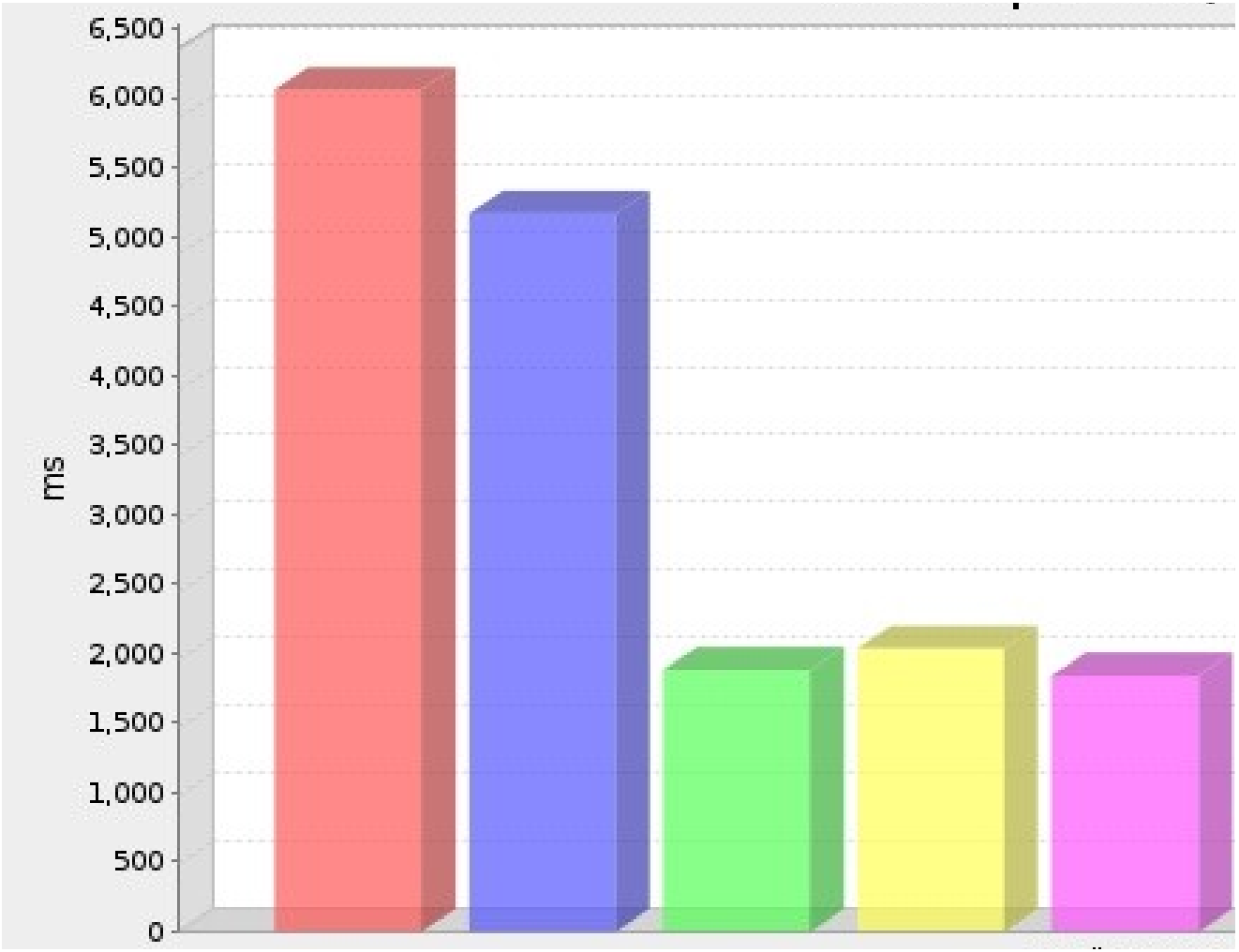
Name	CT-Dimensions	CT-Voxels	Calculation-Grid	Calculation-Voxels	Spots
Small	256,256,114	7'471'104	61,61,61	226'981	3'444
Medium	256,256,166	10'878'976	96,51,71	347'616	10'241
Large	256,256,159	10'420'224	51,51,71	184'671	51'081

Name	Voxels	Affected Voxels	Avg. Spots	Total Calculations	Max Calculations	Affected Grid
Small	226'981	105'043	6.377597	669'921	781'722'564	46.28%
Medium	347'616	265'791	10.3802	2'758'963	3'559'935'456	76.46%
Large	184'671	175'288	5.289427	927'173	9'433'179'351	94.92%

Dosisberechung – Varianten

- „Legacy“ Java
- Scala
  - Sequentiell
  - Planewise / Spotwise
- OpenCL
  - nativ
  - Aparapi

Dosisberechung – Ergebnisse



driver	resultAritMean	resultAritMeanStddev	resultGeomMean	resultGeomMeanStddev	resultHarmMean	resultHarmMeanStddev
Java Implementation	6213.028	43.033	6213.028	43.033	6213.028	43.033
Scala Sequential Implementation	5299.601	35.777	5299.601	35.777	5299.601	35.777
Scala Lock Free Planewise Parallel Implementation	1930.34	45.642	1930.34	45.642	1930.34	45.642
Scala CAS Spotwise Parallel Implementation	2088.018	36.048	2088.018	36.048	2088.018	36.048
Scala Locked Spotwise Parallel Implementation	1890.032	46.124	1890.032	46.124	1890.032	46.124

Dosisberechung – Fast Scala

- tailrecursion
- Vorsicht vor Objekterzeugung
  - Typealiases
  - Value Classes
  - Predefined Functions anstatt Lambdas

Dosisberechung – Work Item

- Zwei Dimensionale Work Items
- Work Item
  - Berechnet die Dosis eines Spots in einer Plane
  - Benötigt atomics
- Andere Möglichkeiten
  - Spotwise (atomics)
  - Planewise (lock-free)

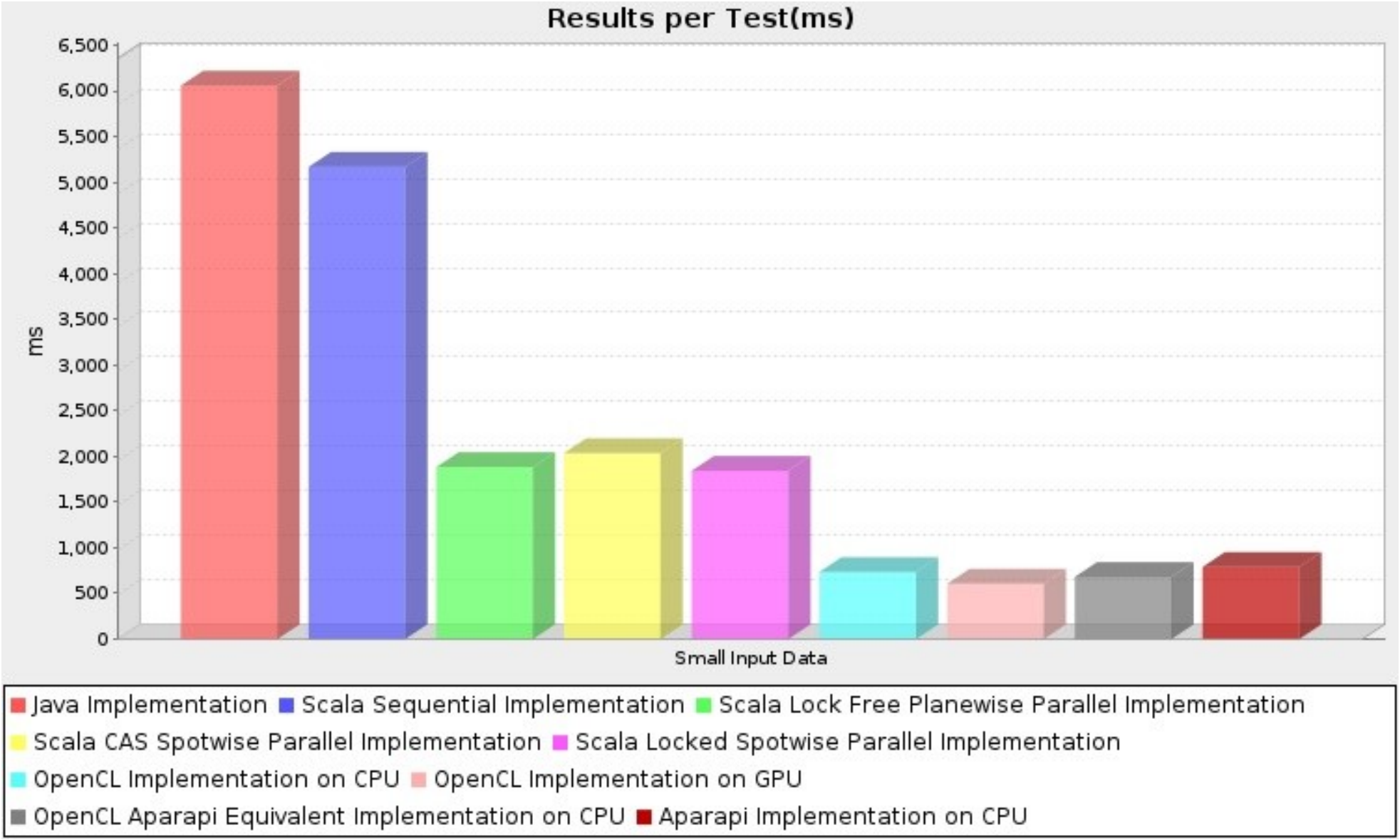
Dosisberechung – OpenCL Memory

- Dosis / Spots im globalen Memory
- Lookup Tables in konstanten Speicher
- Keine Verwendung von lokalem Speicher

Dosisberechung – OpenCL C Testing

- Black Box Unit Tests
  - Für die Dosisberechnung
- Testen des Modells
  - Hilfskernel welche eine einzige Funktion ausführen

Dosisberechung – Ergebnisse



driver	resultAritMean	resultAritMeanStddev	resultGeomMean	resultGeomMeanStddev	resultHarmMean	resultHarmMeanStddev
Java Implementation	6213.028	43.033	6213.028	43.033	6213.028	43.033
Scala Sequential Implementation	5299.601	35.777	5299.601	35.777	5299.601	35.777
Scala Lock Free Planewise Parallel Implementation	1930.34	45.642	1930.34	45.642	1930.34	45.642
Scala CAS Spotwise Parallel Implementation	2088.018	36.048	2088.018	36.048	2088.018	36.048
Scala Locked Spotwise Parallel Implementation	1890.032	46.124	1890.032	46.124	1890.032	46.124
OpenCL Implementation on CPU	754.026	7.584	754.026	7.584	754.026	7.584
OpenCL Implementation on GPU	621.703	3.977	621.703	3.977	621.703	3.977
OpenCL Aparapi Equivalent Implementation on CPU	699.152	8.801	699.152	8.801	699.152	8.801
Aparapi Implementation on CPU	809.903	77.437	809.903	77.437	809.903	77.437

Dosisberechung – LOC

Part	Java	Scala	OpenCL C	Aparapi
Dose Calculation	104	107	104	165
Model	190	132	119	160
Setup			202	119
Datenstrukturen	46	45	30	
Total	**340**	**284**	**455**	**444**

	Java	Scala	C
Total	**628**	**3601**	**499**

Dosisberechung – Verleich Scala

+ JVM: Java Performance erreichbar
+ Java Tooling: jvisualvm
+ Abstraktion und Wiederverwendung

- Objekterzeugungsfreudig (javap)

Dosisberechung – Verleich Aparapi

+ Gleiche Devices wie native möglich
+ Kein C Code
+ Auf JVM ausführbar (debugging/testing)

- Nicht erweiterbar
- Eingeschränkte Funktionalität (2D-Arrays)

Dosisberechung – Verleich OpenCL

+ Gesamtes OpenCL verfügbar
+ Flexibel per preprocessor auf Device anpassen
+ Maximale OpenCL Performance erreichbar

- C Code
- komplexes Testing
- Manuelles Memory Management (JVM <-> Device)

Dosisberechung – Ausblick

- Optimierung des Algorithmus auf parallele Hardware
  - Voxel of Interest (VOI) vorberechnen

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Gastvorlesung

Concurrent Programming