

# **SE Visual Computing und Multimedia**

Prof. Uhl & Prof. Entacher

## **Analyse des Drehwuchses von Holz (anhand von CT-Bildern)**

Christian Lenz  
Martin Seidel  
Rudolf Weiglmaier

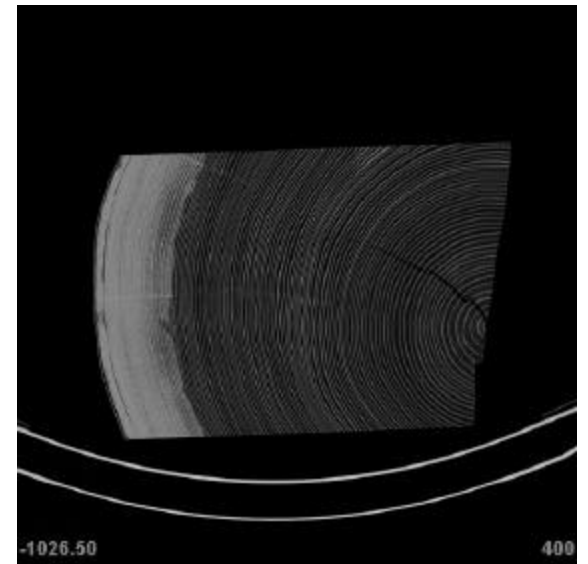
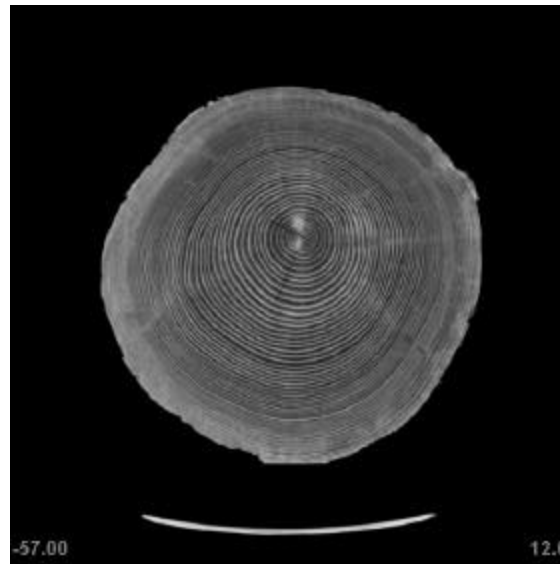
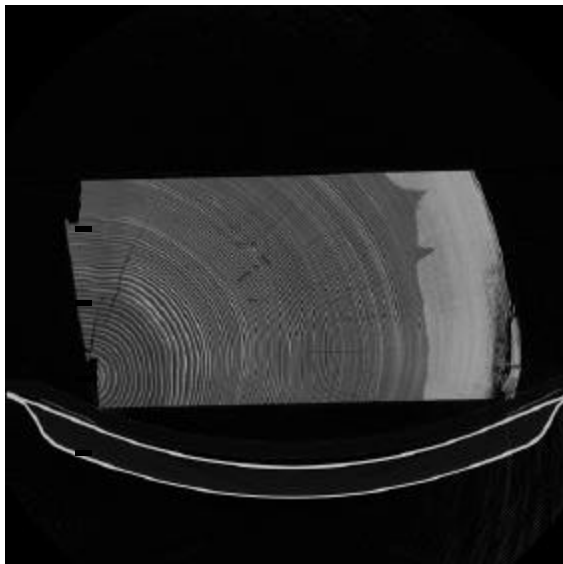
2. Februar 2007

# Übersicht:

- **Teil 1**  
Aufgabenstellung
- **Teil 2**  
Problemanalyse und Lösungswege
- **Teil 3**  
Vorverarbeitung, Filter
- **Teil 4**  
Mittelpunkt
- **Teil 5**  
Block-Matching
- **Teil 6**  
Drehen
- **Teil 7**  
Optical Flow
- **Teil 8**  
Zusammenfassung

# TEIL 1 (Aufgabenstellung)

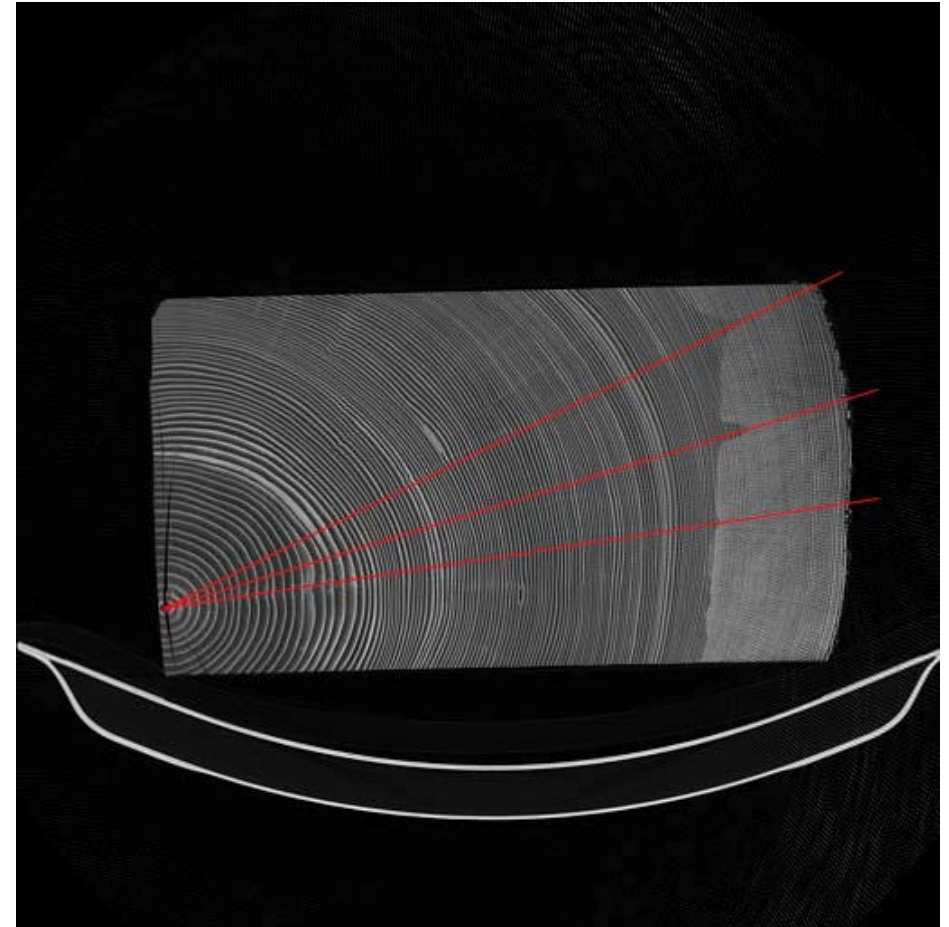
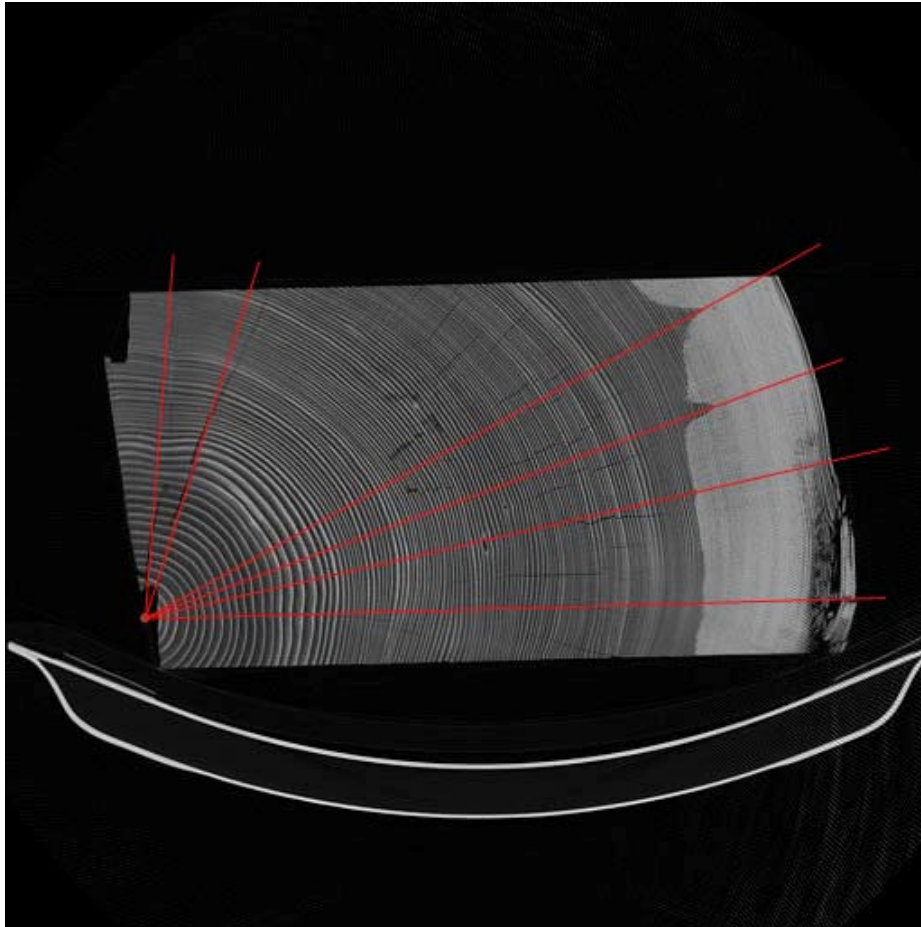
- Analyse des Drehwuchses von Bäumen anhand von CT-Bildern.
- Musterdaten



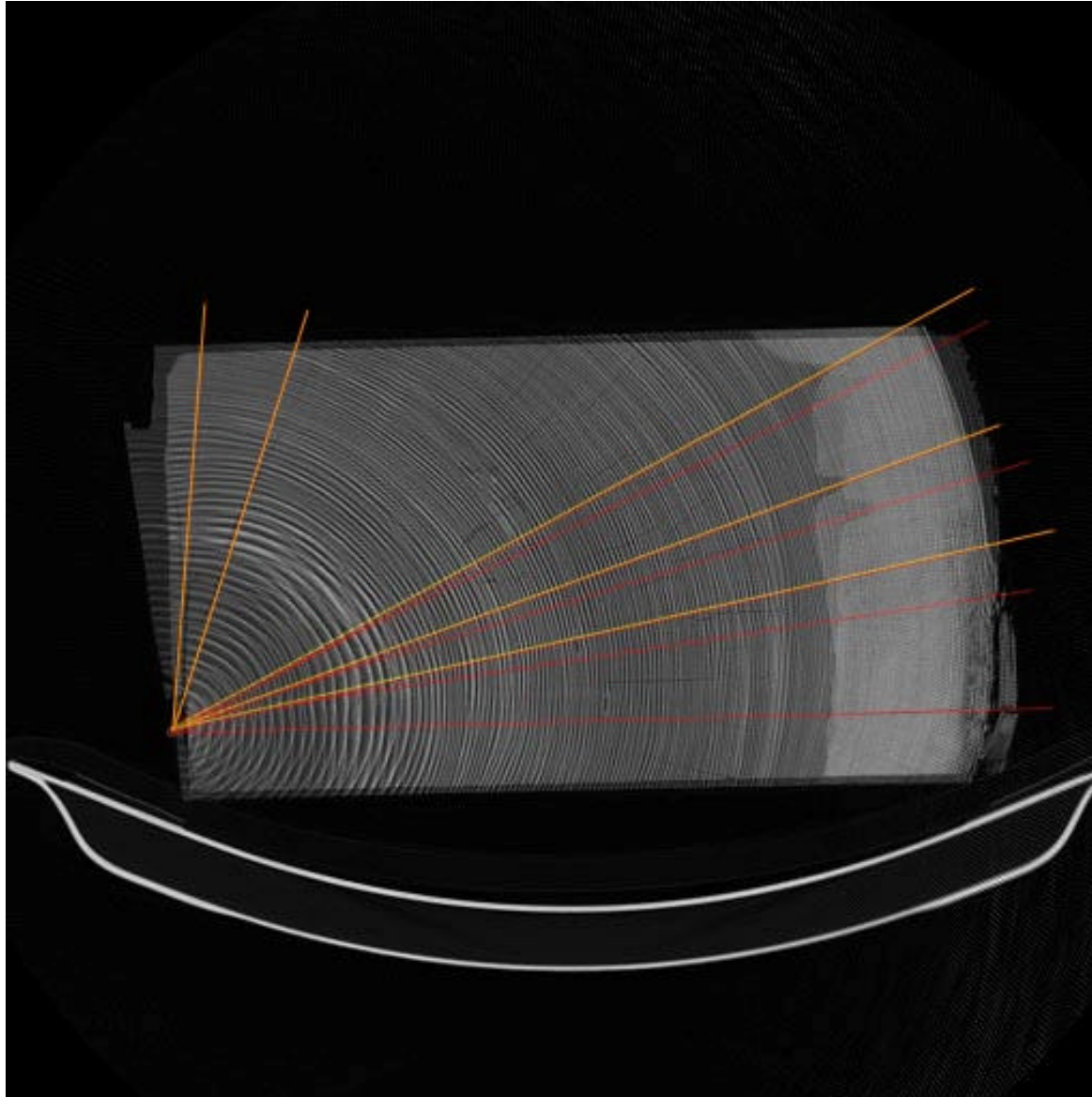
# **TEIL 2** (Problemanalyse und Lösungswege)

- Charakteristik des Drehwuchses
- Mittelpunkt bestimmen (für jedes Bild einer Serie)
- Drehung erkennen und messen

## 2.1 Charakteristik des Drehwuchses



## 2.1 Charakteristik des Drehwuchses



## 2.2 Mittelpunkt bestimmen (für jedes Bild einer Serie)

- Schnitte durch den Stamm
- CirclePoints Methode
- Tangenten Methode
- Komponentensuche mit Kantendetektion

## 2.3 Drehung erkennen und messen

- Blockmatching
- Drehung
- Optical Flow



# **TEIL 3 (Vorverarbeitung und Filter)**

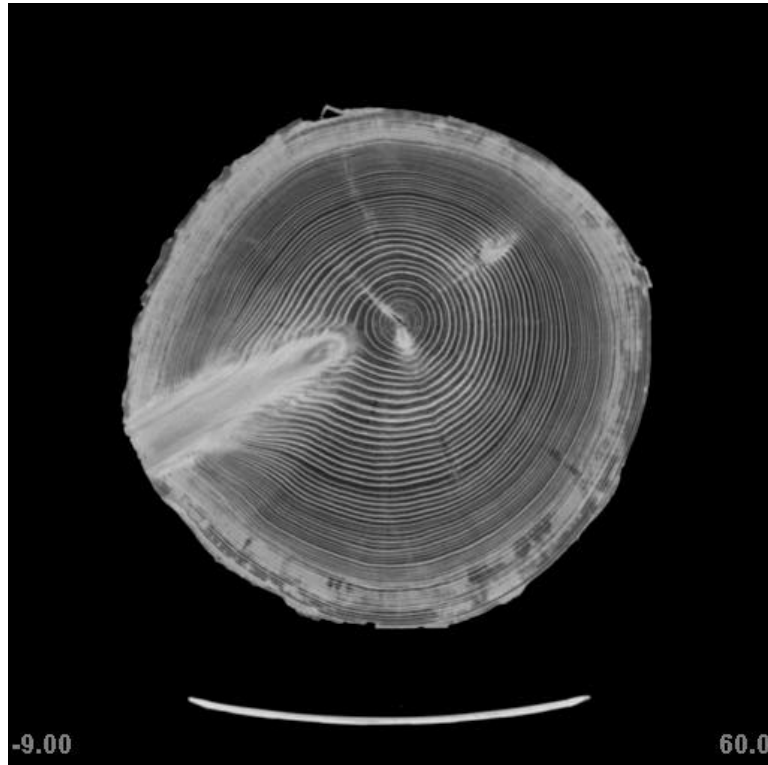
## **3.1 Erkennen der Jahresringe**

- Einstechen und Linien verfolgen
- Mengen zusammenhängender Punkte

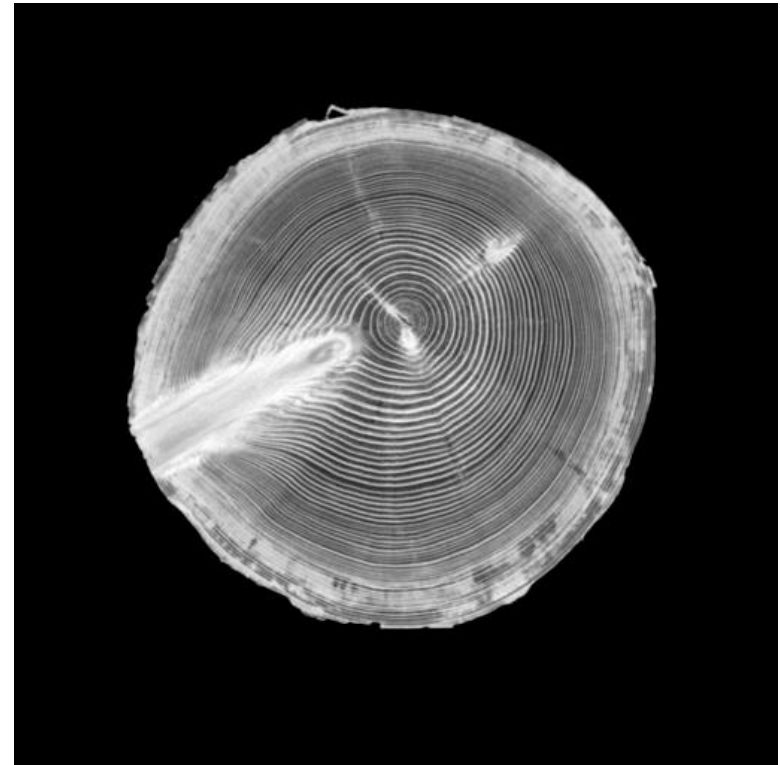
## **3.2 Verwendete Filter**

- ContrastFilter mit Parameter 1,3
- GrayQuantizeFilter mit Parameter 2
- InvertFilter
- ThinningFilter
- JunctionRemover mit Parameter 3

### 3.2.1 ContrastFilter (Bsp.: Original2/0033.bmp)



original



ContrastFilter (1.3)

Funktion:

```
pxNeu = Math.min (255, pxAlt * 1.3);
```

### 3.2.2 GrayQuantizeFilter



ContrastFilter (1.3)

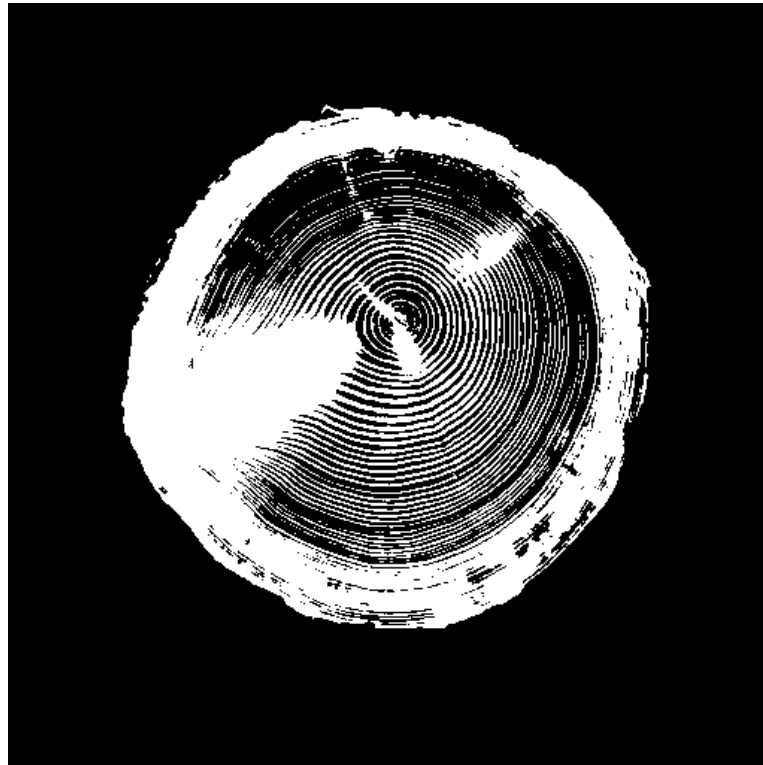


GrayQuantizeFilter(2)

Funktion:

```
if(pxAlt < 128) { pxNeu = 0; }  
else { pxNeu = 255; }
```

### 3.2.3 InvertFilter



GrayQuantizeFilter(2)



InvertFilter()

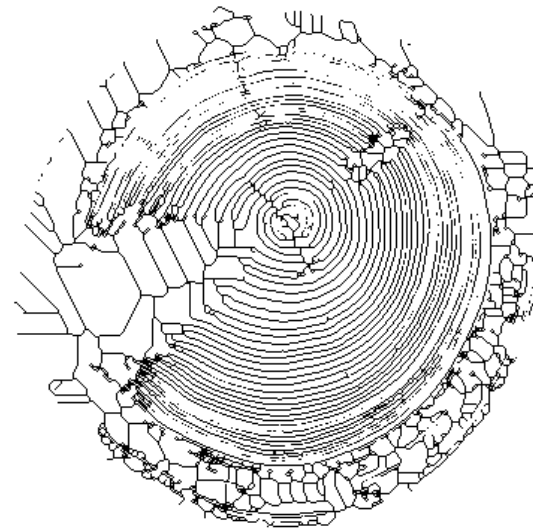
Funktion:

$$pxNeu = 255 - pxAlt;$$

### 3.2.4 ThinningFilter



InvertFilter()



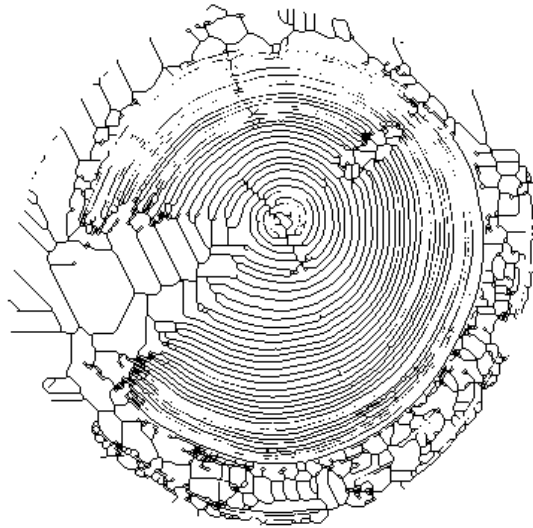
ThinningFilter() (42 Durchläufe)

Funktion:

<b>255</b>	<b>255</b>	<b>255</b>
	<b>0</b>	
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

	<b>255</b>	<b>255</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>255</b>
	<b>0</b>	

### 3.2.5 JunctionRemover



ThinningFilter()



JunctionRemove(3)

# TEIL 4 (Mittelpunkt)

## 4.1 Kreisgleichung

$$\boxed{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2}$$

Für beliebige Punkte  $(x_i, y_i)$ ,  $(x_j, y_j)$  auf einer Kreissegment gilt dann:

$$(I) \quad x_i^2 - 2 x_i x_0 + x_0^2 + y_i^2 - 2 y_i y_0 + y_0^2 = r^2$$

$$(II) \quad x_j^2 - 2 x_j x_0 + x_0^2 + y_j^2 - 2 y_j y_0 + y_0^2 = r^2$$

$$(I) - (II) \quad 2(x_j - x_i)x_0 + 2(y_j - y_i)y_0 = x_j^2 - x_i^2 + y_j^2 - y_i^2$$
$$a_{k1} x_0 + a_{k2} y_0 = b_k$$

Überbestimmtes lineares Gleichungssystem:  $\mathbf{A} \mathbf{x} = \mathbf{b}$ .



Direkte Lösung:

$$\mathbf{A} \mathbf{v} = \mathbf{b} \Rightarrow$$

$$\mathbf{A}^t \mathbf{A} \mathbf{v} = \mathbf{A}^t \mathbf{b} \Rightarrow$$

$$(\mathbf{A}^t \mathbf{A})^{-1} (\mathbf{A}^t \mathbf{A}) \mathbf{v} = (\mathbf{A}^t \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^t \mathbf{b} \quad \mathbb{P}$$

$$\mathbf{v} = (\mathbf{A}^t \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^t \mathbf{b}.$$

Numerisch stabiler: QR-Decomposition:

$$\text{Es gelte: } \mathbf{A} = \mathbf{Q} \mathbf{R}, \quad \mathbf{Q}^t \mathbf{Q} = \mathbf{I}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{Q}^t \mathbf{b}$$

$$\text{Fehlermass: } \varepsilon = \|\mathbf{A} \mathbf{x} - \mathbf{b}\|$$

Fehlermass ermöglicht Klassifizierung der Lösungen -  
Störungen im Bild  $\Rightarrow$  grosser Fehler

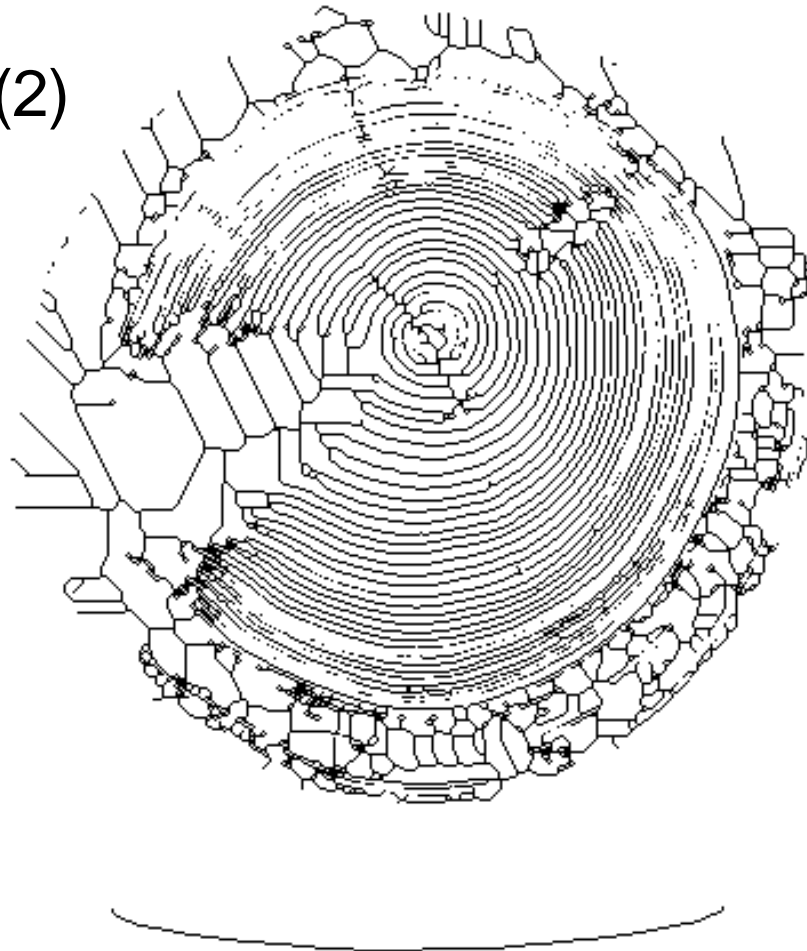
## 4.2 Circle Points Methode

### 4.2.1 Das Verfahren

- Bilder mit Filter aufbereiten
- Finden der Startpunkte
- Finden der Jahresringe
- Berechnen der Mittelpunkte der Jahresringe
- Berechnen des Mittelpunktes des Baumes

# Bilder mit Filter aufbereiten

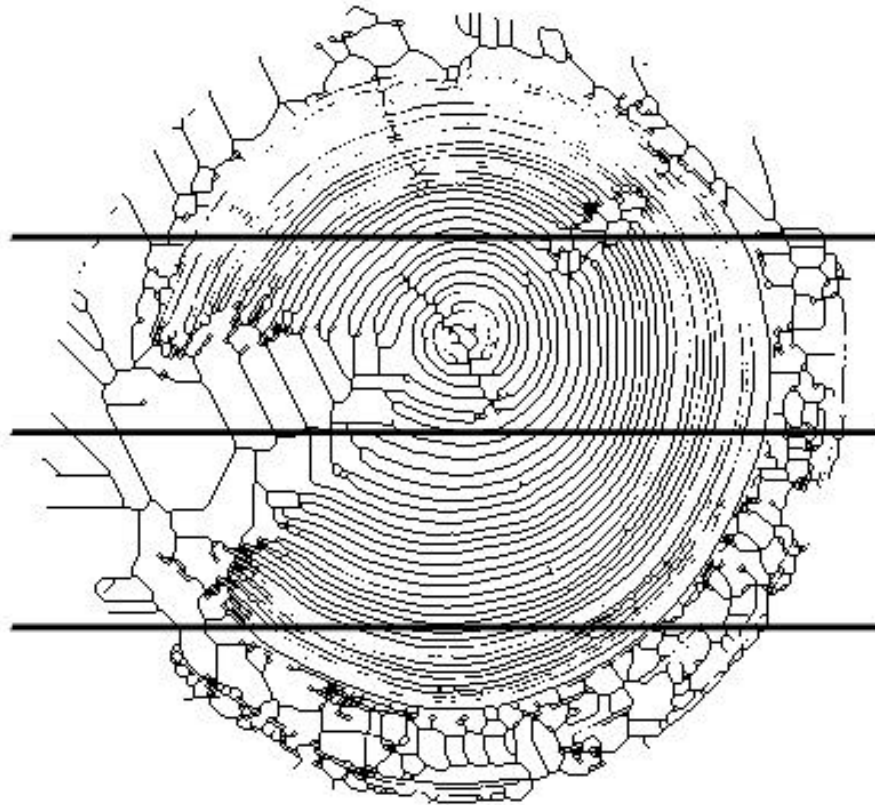
- Contrastfilter(1.3)
- GrayQuantisizeFilter(2)
- InverterFilter
- ThinnigFilter



~8.00

80.0

# Finden der Startpunkte



## **Finden der Jahresringe**

- Startpunkt aus der Liste der Startpunkte
- Suche nach farbgleichem Pixel in der Nachbarschaft
- Update der Gewichte für die jeweilige Richtung

## **Berechnen der Mittelpunkte der Jahresringe**

- Anwendung der Kreisgleichung

## **Berechnen des Mittelpunktes des Baumes**

- Sortieren der Mittelpunkte
- aus den besten 20% berechnen des Baummittelpunkts

Bilder	Manuell		CirclePoints (0.5)			CirclePoints (0.33/0.05)			CirclePoints(0.33/0.05/0.66)			CirclePoints (0.33/0.66)			CirclePoints (0.5/0.66)		
	x	y	x	y	Abstand	x	y	Abstand	x	y	Abstand	x	y	Abstand	x	y	Abstand
0001	266	210	265	217	7.07107	264	216	6.32456	264	216	6.32456	263	216	6.7082	265	217	7.07107
0002	266	210	265	217	7.07107	264	216	6.32456	264	216	6.32456	263	215	5.83095	264	217	7.28011
0003	266	210	265	215	5.09902	264	216	6.32456	263	216	6.7082	262	215	6.40312	263	218	8.544
0004	266	210	265	215	5.09902	264	217	7.28011	264	217	7.28011	263	216	6.7082	264	218	8.24621
0005	266	210	262	221	11.7047	263	217	7.61577	263	216	6.7082	263	216	6.7082	262	222	12.6491
0006	266	210	265	215	5.09902	263	218	8.544	263	218	8.544	263	217	7.61577	263	217	7.61577
0007	266	210	264	216	6.32456	264	217	7.28011	263	217	7.61577	262	217	8.06226	263	217	7.61577
0008	266	210	264	215	5.38516	263	216	6.7082	263	217	7.61577	263	216	6.7082	263	216	6.7082
0009	266	210	264	215	5.38516	264	216	6.32456	263	217	7.61577	263	216	6.7082	263	217	7.61577
0010	266	210	264	215	5.38516	264	217	7.28011	263	218	8.544	262	217	8.06226	264	217	7.28011
0011	266	210	264	215	5.38516	263	217	7.61577	263	218	8.544	261	217	8.60233	263	217	7.61577
0012	266	211	263	217	6.7082	263	217	6.7082	263	218	7.61577	262	217	7.2111	263	217	6.7082
0013	266	211	263	215	5	263	217	6.7082	263	217	6.7082	262	217	7.2111	263	217	6.7082
0014	266	211	263	215	5	262	218	8.06226	263	218	7.61577	262	217	7.2111	262	217	7.2111
0015	266	211	263	215	5	262	218	8.06226	262	217	7.2111	261	217	7.81025	262	217	7.2111
0016	266	212	262	217	6.40312	262	217	6.40312	262	217	6.40312	262	217	6.40312	262	217	6.40312
0017	266	212	264	213	2.23607	262	216	5.65685	262	216	5.65685	261	217	7.07107	265	214	2.23607
0018	265	212	267	209	3.60555	262	216	5	261	216	5.65685	261	216	5.65685	264	217	5.09902
0019	265	212	262	215	4.24264	262	216	5	262	216	5	261	218	7.2111	264	214	2.23607
0020	265	212	269	206	7.2111	262	217	5.83095	263	215	3.60555	262	218	6.7082	263	218	6.32456
0021	265	212	262	215	4.24264	262	215	4.24264	262	219	7.61577	258	230	19.3132	261	219	8.06226
0022	264	212	260	215	5	261	217	5.83095	260	222	10.7703	258	229	18.0278	259	225	13.9284
0023	264	212	257	216	8.06226	263	217	5.09902	259	226	14.8661	260	225	13.6015	255	231	21.0238
0024	264	212	253	214	11.1803	270	208	7.2111	264	220	8	259	227	15.8114	251	229	21.4009
0025	264	212	217	225	48.7647	250	216	14.5602	245	235	29.8329	254	234	24.1661	237	242	40.3609
0026	264	212	260	227	15.5242	272	216	8.94427	262	238	26.0768	252	238	28.6356	256	252	40.7922
0027	264	212	268	226	14.5602	263	221	9.05539	262	234	22.0907	260	225	13.6015	262	240	28.0713
0028	264	212	187	235	80.3617	248	220	17.8885	253	233	23.7065	260	240	28.2843	237	240	38.8973
0029	263	212	259	213	4.12311	261	221	9.21954	253	232	22.3607	258	228	16.7631	248	236	28.3019
0030	263	212	244	228	24.8395	261	221	9.21954	249	234	26.0768	251	235	25.9422	240	240	36.2353
0031	263	212	256	217	8.60233	257	216	7.2111	256	224	13.8924	255	233	22.4722	255	225	15.2643
0032	262	212	256	215	6.7082	258	217	6.40312	256	227	16.1555	257	232	20.6155	255	227	16.5529
0033	261	212	256	214	5.38516	257	216	5.65685	256	223	12.083	256	228	16.7631	255	223	12.53
0034	261	213	256	217	6.40312	256	216	5.83095	255	222	10.8167	255	225	13.4164	255	224	12.53
0035	261	213	251	220	12.2066	253	219	10	253	224	13.6015	255	230	18.0278	252	227	16.6433
0036	261	213	257	213	4	264	206	7.61577	260	217	4.12311	262	220	7.07107	255	224	12.53
ME					10.3994			7.47342			11.0935			12.309			13.9307
MSE					11230			2241			6150			7241			11167

## 4.2.2 Analyse des Verfahrens

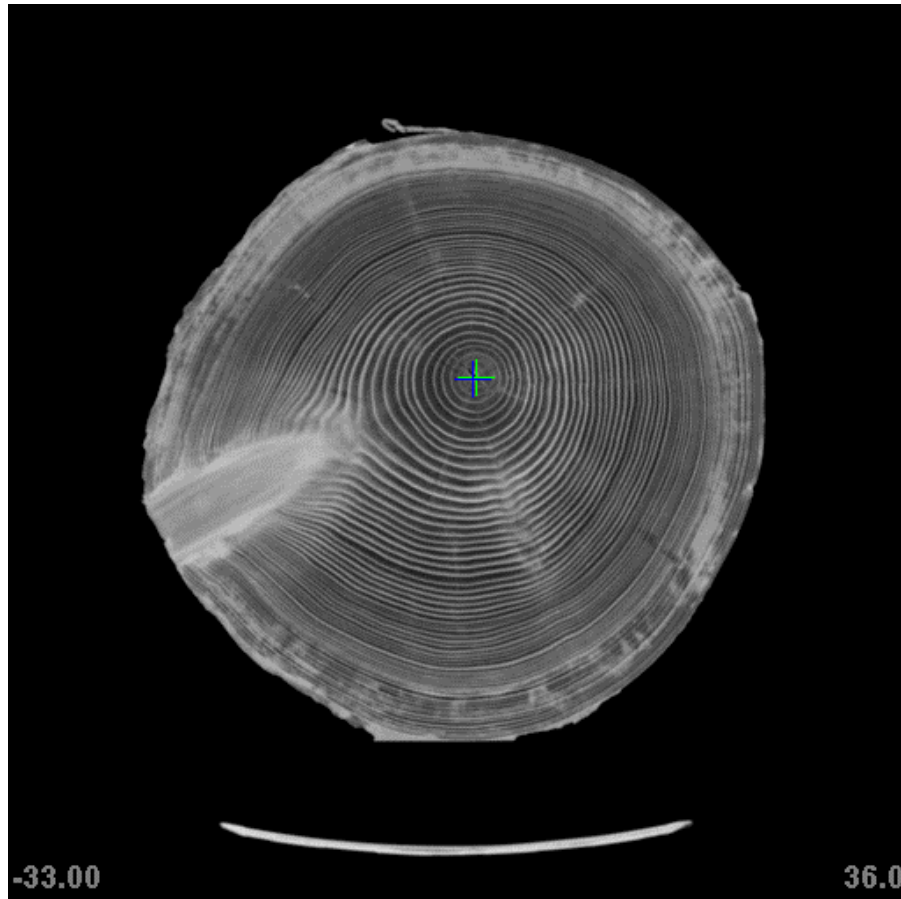


Bild 17  
Bild mit geringster Abweichung

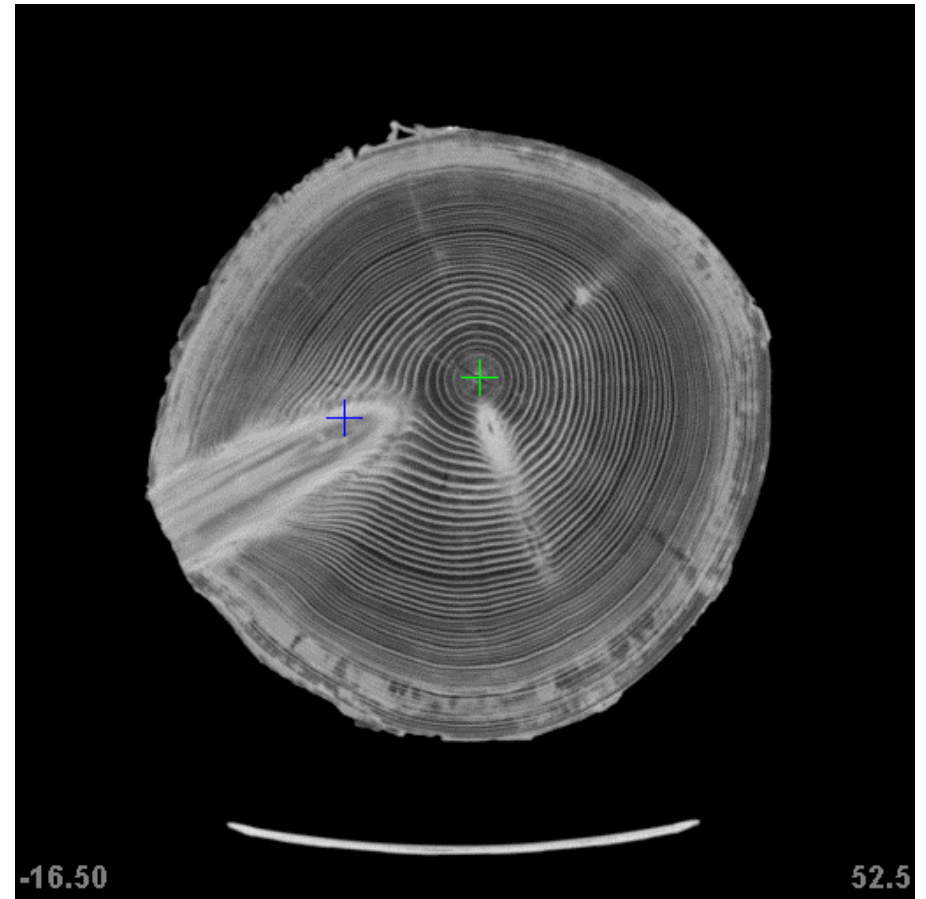


Bild 28  
Bild mit größter Abweichung

## 4.2.2 Analyse des Verfahrens (0.33/0.5)

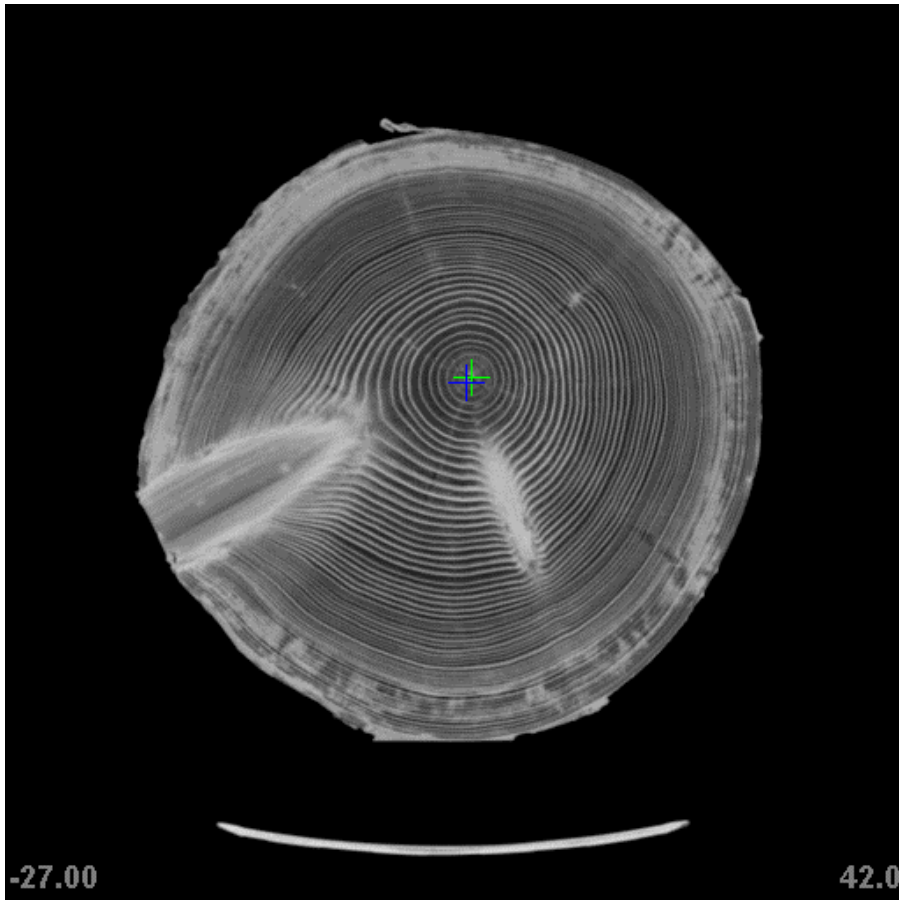


Bild 17  
Bild mit geringster Abweichung

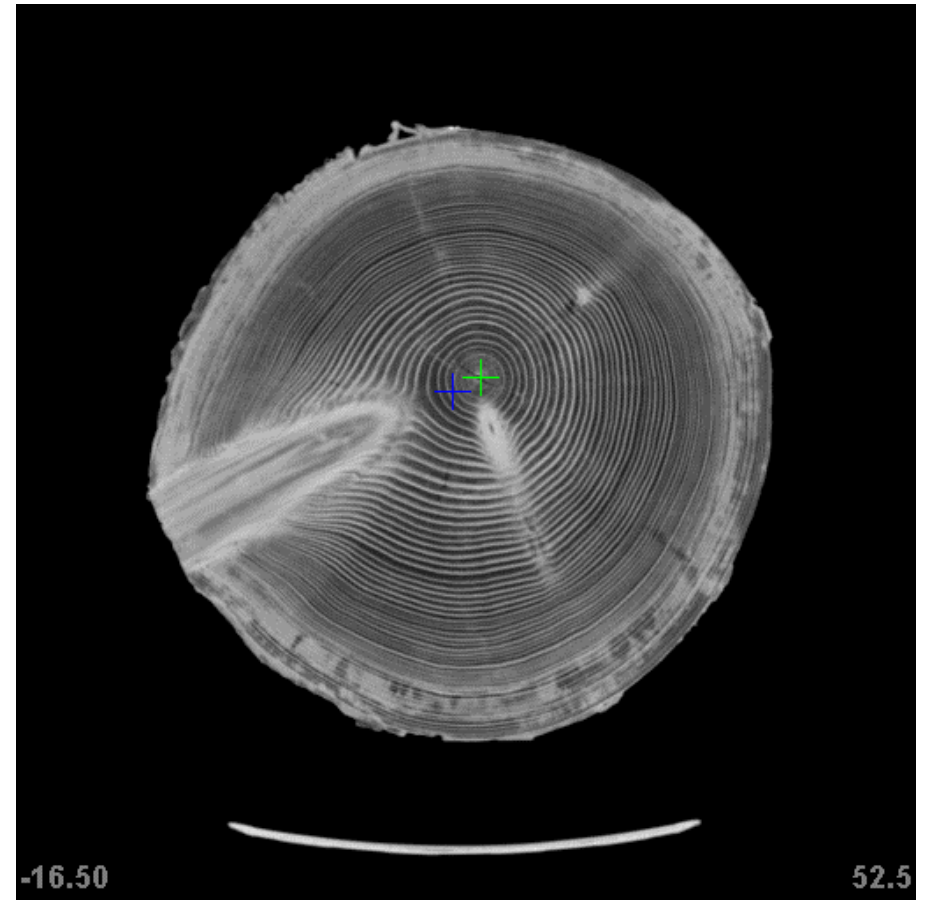


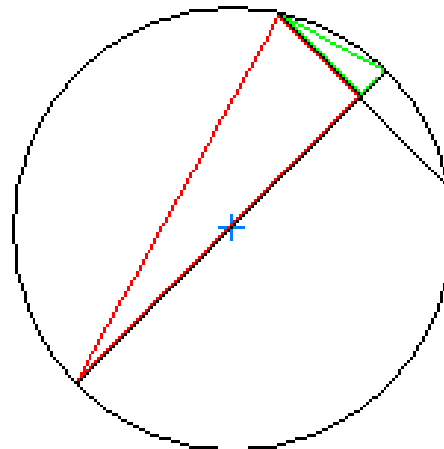
Bild 28  
Bild mit größter Abweichung



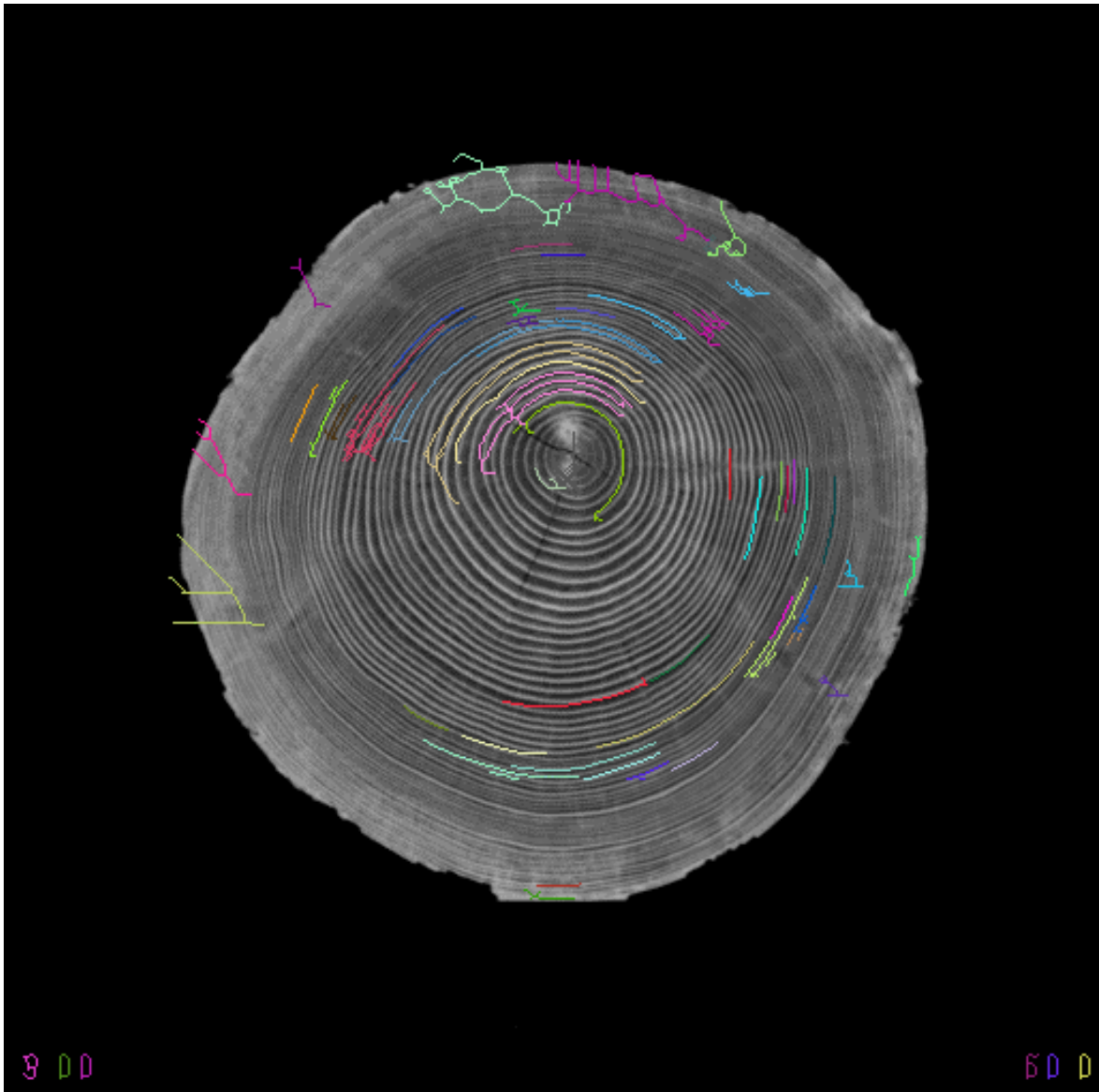
## 4.3 Tangenten- Methode

### 4.3.1 Das Verfahren

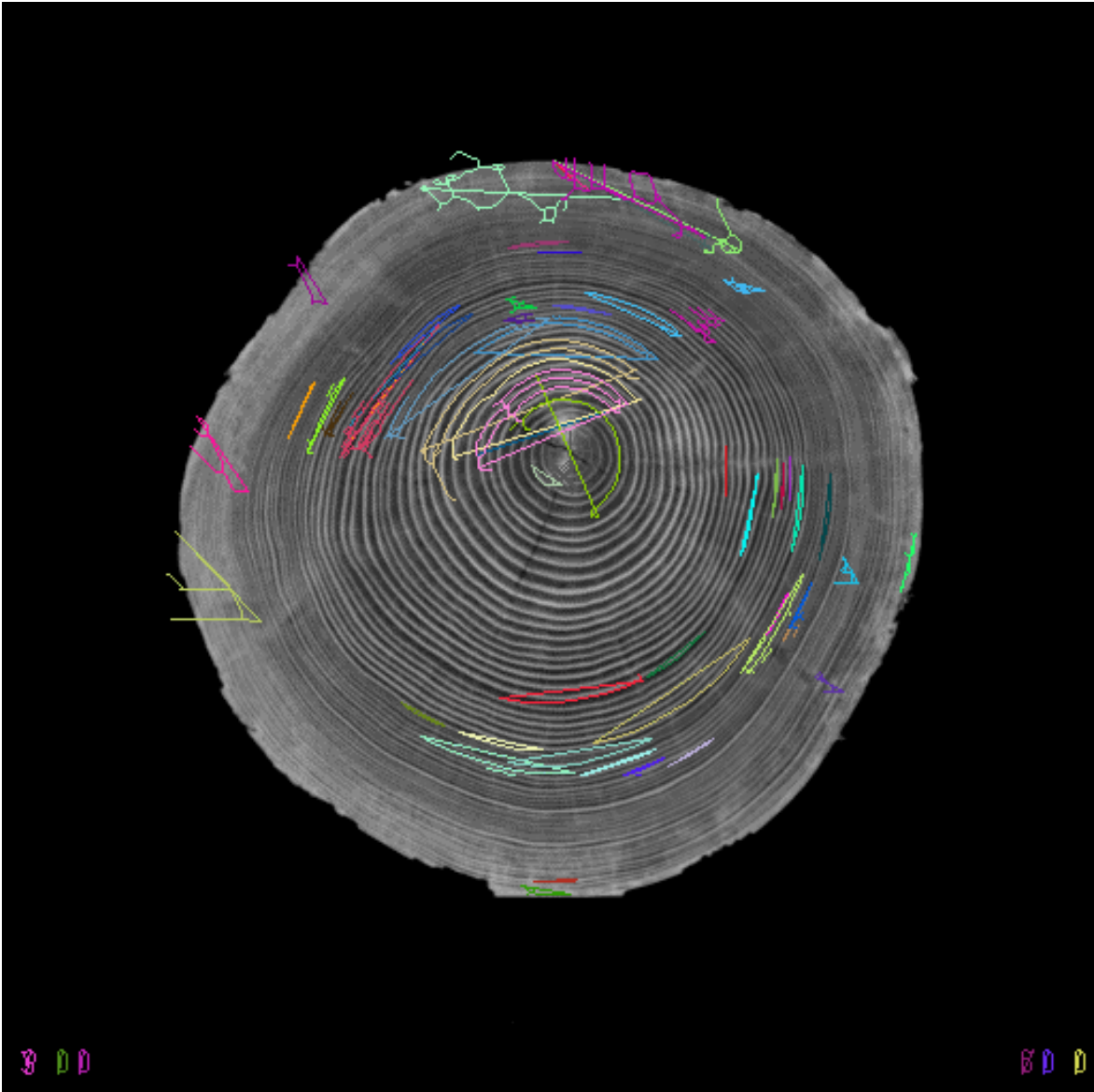
- Grundlage ist die Menge der Punktmengen nach Circle-Points oder Gradient-Points-Verfahren
- Berechnen der Sehnenendpunkte
- Kreisabschnittshöhe ermitteln
- Radius berechnen und abschlagen (falls Sehnenhöhe / Sehnenlänge ok)
- Aus Mittelpunkten mit geringstem Abstand wird Baummittelpunkt berechnet



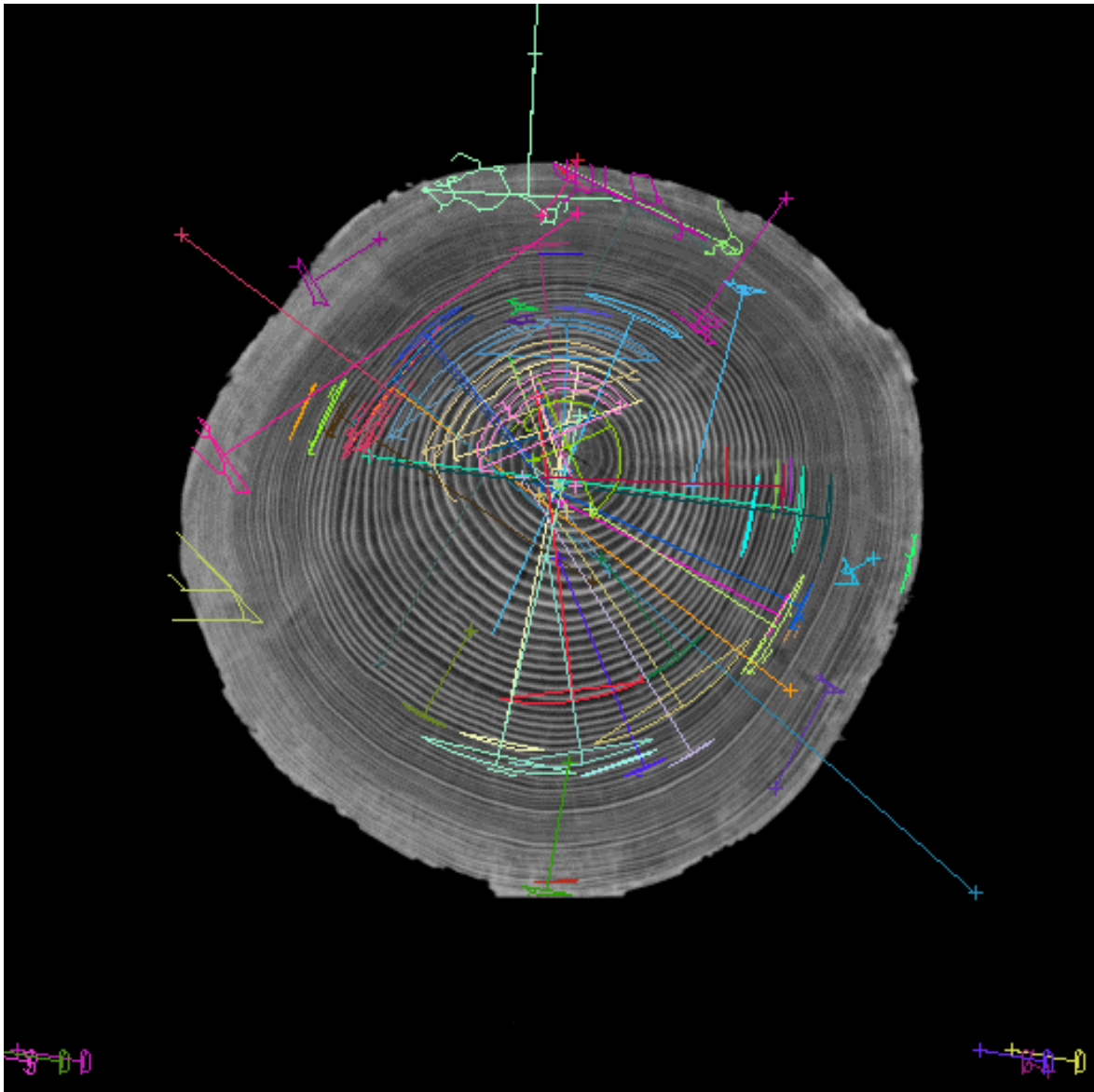
### 4.3.1.1 Punktemengen



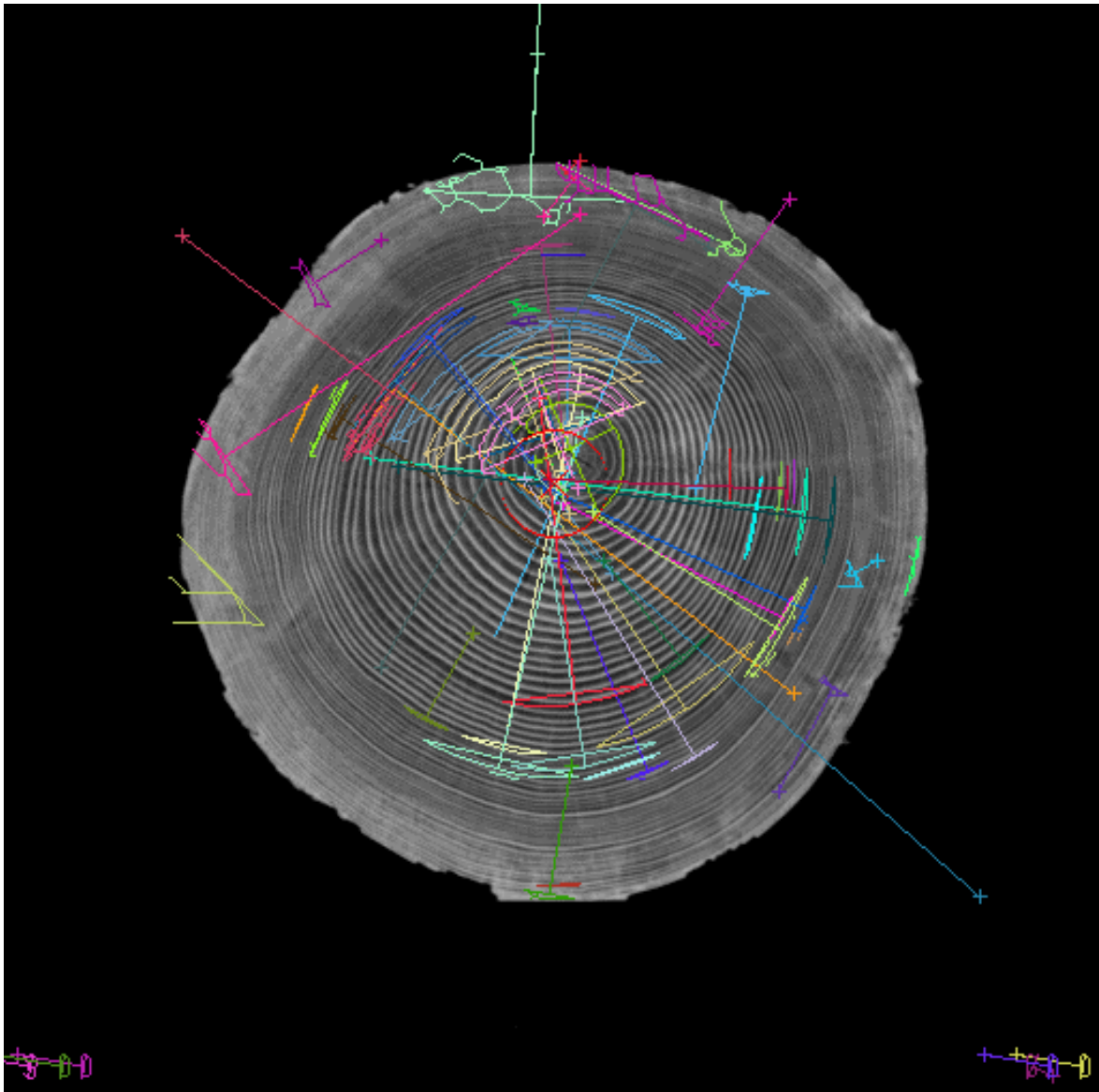
### 4.3.1.2 Sehnen



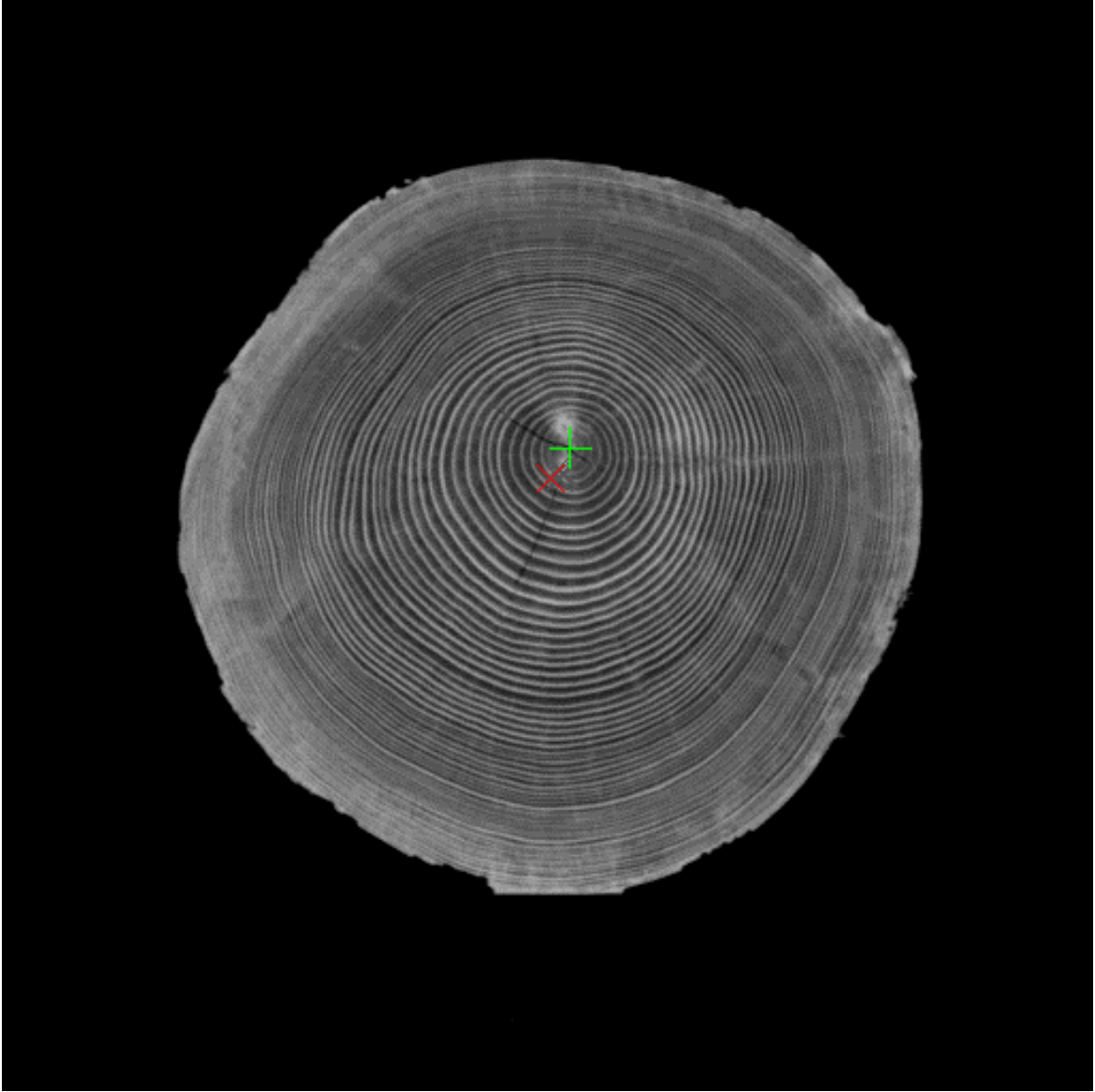
### 4.3.1.3 Radien



### 4.3.1.4 Radien



### 4.3.1.5 Ergebnis



Bilder	Manuell		Tangente (GradientPoints)			Tangente (GradientPoints)			Tangente (CirclePoints)			Tangente (CirclePoints)					
	x	y	x	y	Abstand	x	y	Abstand	x	y	Abstand	x	y	Abstand			
0001	266	210	262	222	12.6491	264	222	12.1655	262	220	10.7703	261	219	10.2956			
0002	266	210	264	225	15.1327	264	221	11.1803	261	218	9.43398	261	218	9.43398			
0003	266	210	260	226	17.088	262	226	16.4924	261	217	8.60233	259	212	7.28011			
0004	266	210	260	224	15.2315	261	226	16.7631	263	212	3.60555	264	218	8.24621			
0005	266	210	261	223	13.9284	258	224	16.1245	263	211	3.16228	264	209	2.23607			
0006	266	210	261	225	15.8114	263	224	14.3178	261	217	8.60233	264	208	2.82843			
0007	266	210	262	226	16.4924	263	230	20.2237	263	214	5	344	253	89.0674			
0008	266	210	261	223	13.9284	258	225	17	262	219	9.84886	344	251	88.1192			
0009	266	210	260	224	15.2315	265	227	17.0294	263	220	10.4403	341	252	85.9593			
0010	266	210	259	225	16.5529	267	226	16.0312	261	217	8.60233	339	253	84.7231			
0011	266	210	261	217	8.60233	263	231	21.2132	264	220	10.198	339	251	83.7257			
0012	266	211	260	222	12.53	262	226	15.5242	260	218	9.21954	261	219	9.43398			
0013	266	211	259	221	12.2066	259	223	13.8924	259	220	11.4018	257	211	9			
0014	266	211	257	217	10.8167	254	222	16.2788	257	218	11.4018	259	217	9.21954			
0015	266	211	255	218	13.0384	255	223	16.2788	256	218	12.2066	257	218	11.4018			
0016	266	212	256	218	11.6619	259	221	11.4018	257	218	10.8167	258	217	9.43398			
0017	266	212	260	214	6.32456	261	222	11.1803	258	213	8.06226	259	214	7.28011			
0018	265	212	258	211	7.07107	260	224	13	256	214	9.21954	261	218	7.2111			
0019	265	212	260	212	5	264	218	6.08276	258	213	7.07107	261	216	5.65685			
0020	265	212	255	219	12.2066	262	226	14.3178	253	220	14.4222	261	217	6.40312			
0021	265	212	263	210	2.82843	264	222	10.0499	252	220	15.2643	257	217	9.43398			
0022	264	212	257	218	9.21954	262	228	16.1245	249	219	16.5529	259	218	7.81025			
0023	264	212	259	216	6.40312	260	226	14.5602	257	217	8.60233	259	219	8.60233			
0024	264	212	263	209	3.16228	243	218	21.8403	250	219	15.6525	263	220	8.06226			
0025	264	212	261	209	4.24264	258	221	10.8167	256	216	8.94427	260	216	5.65685			
0026	264	212	261	209	4.24264	263	221	9.05539	258	215	6.7082	260	216	5.65685			
0027	264	212	259	212	5	248	224	20	249	218	16.1555	262	219	7.28011			
0028	264	212	254	220	12.8062	257	225	14.7648	251	218	14.3178	264	202	10			
0029	263	212	256	221	11.4018	255	223	13.6015	246	218	18.0278	258	216	6.40312			
0030	263	212	255	216	8.94427	257	221	10.8167	250	222	16.4012	257	216	7.2111			
0031	263	212	255	220	11.3137	253	225	16.4012	244	218	19.9249	255	211	8.06226			
0032	262	212	252	217	11.1803	255	223	13.0384	250	213	12.0416	253	210	9.21954			
0033	261	212	256	222	11.1803	257	224	12.6491	255	215	6.7082	258	215	4.24264			
0034	261	213	254	220	9.89949	258	224	11.4018	254	215	7.28011	247	202	17.8045			
0035	261	213	255	219	8.48528	260	231	18.0278	255	213	6	256	211	5.38516			
0036	261	213	256	221	9.43398	260	224	11.0454	256	214	5.09902	259	214	2.23607			
ME					10.5902				14.4637				10.438				18.6117
MSE					4612				7961				4517				39374

## 4.3.2 Analyse der Tangenten- Methode

### 4.3.2.1 Verfahren A

Bildvorbereitung: Punkte nach GradientPointsVf., Punktemengen 20-300px, ContrastFilter, GrayQuantisizeFilter, ThinningFilter, useableRad 25, JunctionRemoveFilter

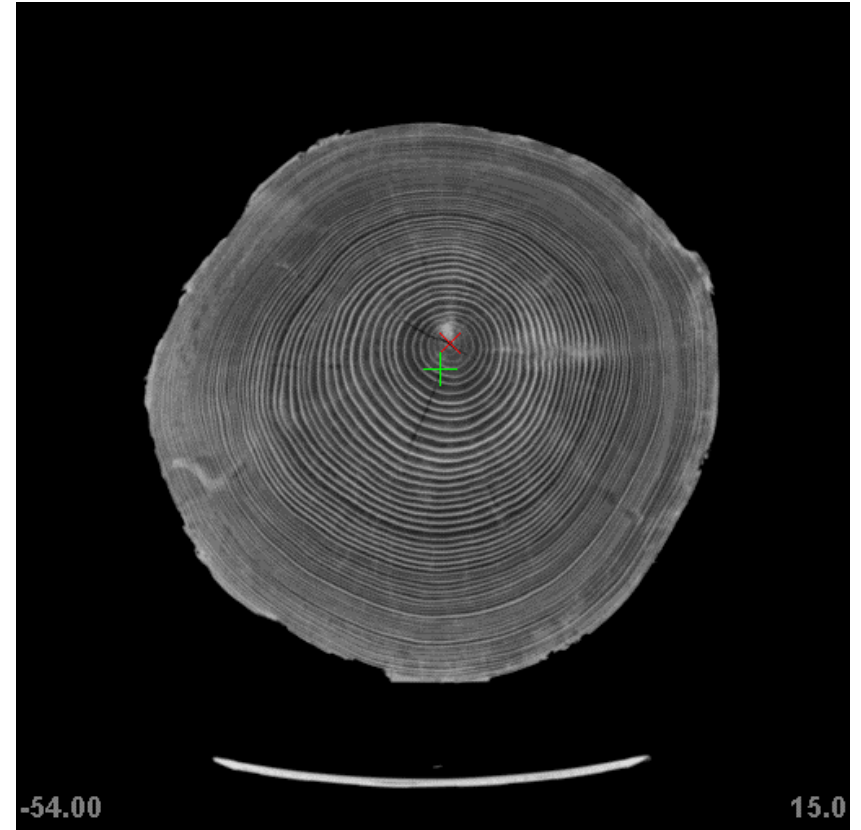
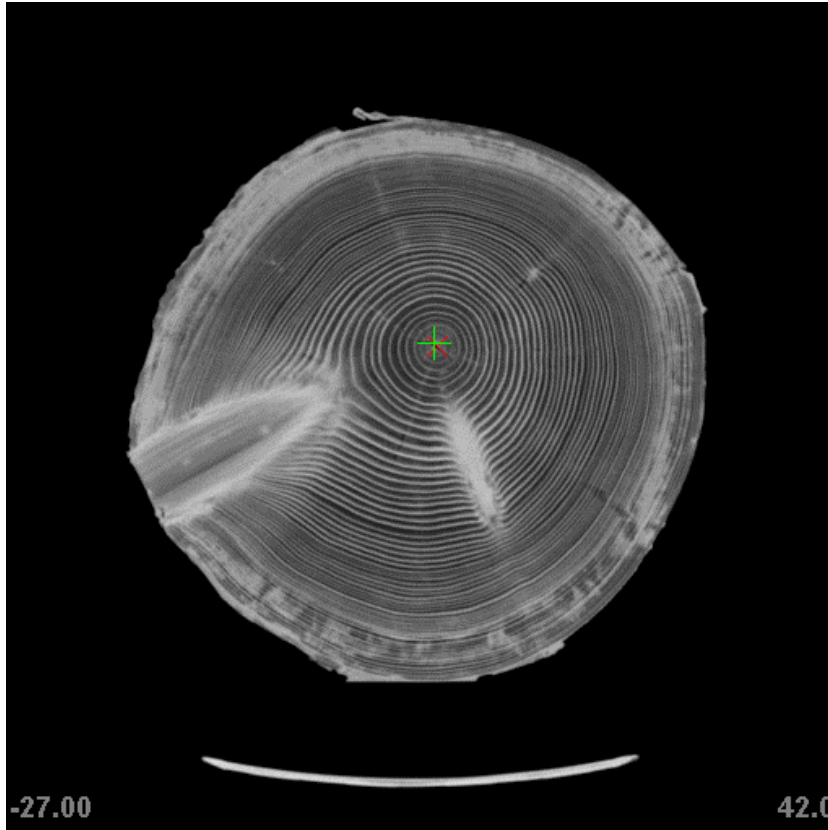


Bild mit geringster Abweichung (2.83)

Bild mit größter Abweichung (17.09)

ME = 10.59, MSE = 4612



### 4.3.2.2 Verfahren B

Bildvorbereitung: Punkte nach GradientPointsVf., Punktemengen 20-300px, ContrastFilter, GrayQuantizeFilter, ThinningFilter, useableRad 25

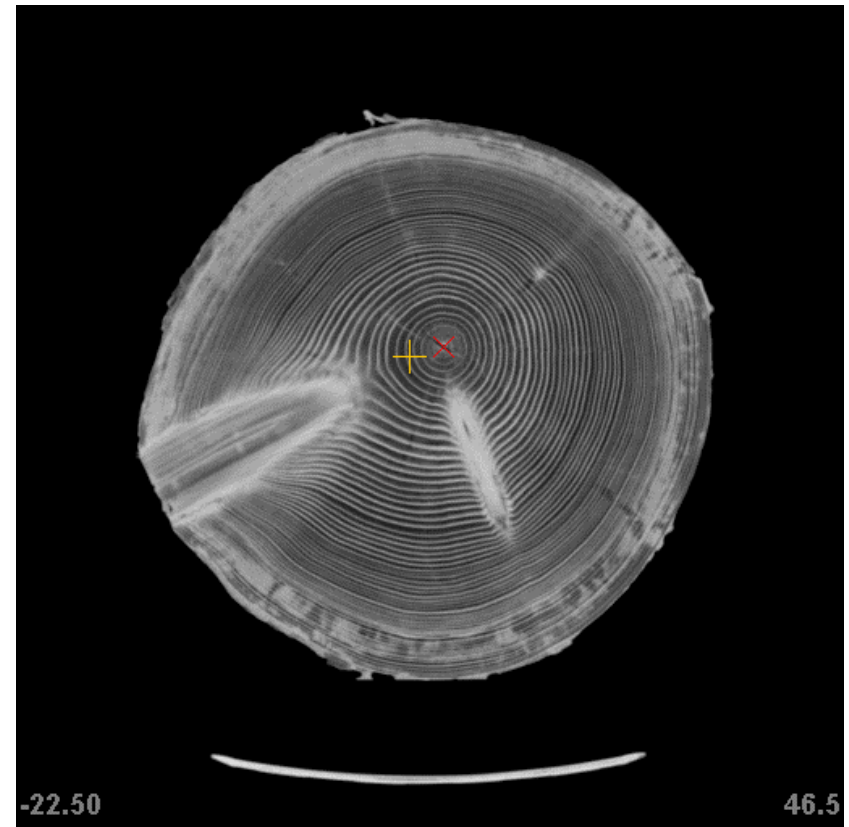
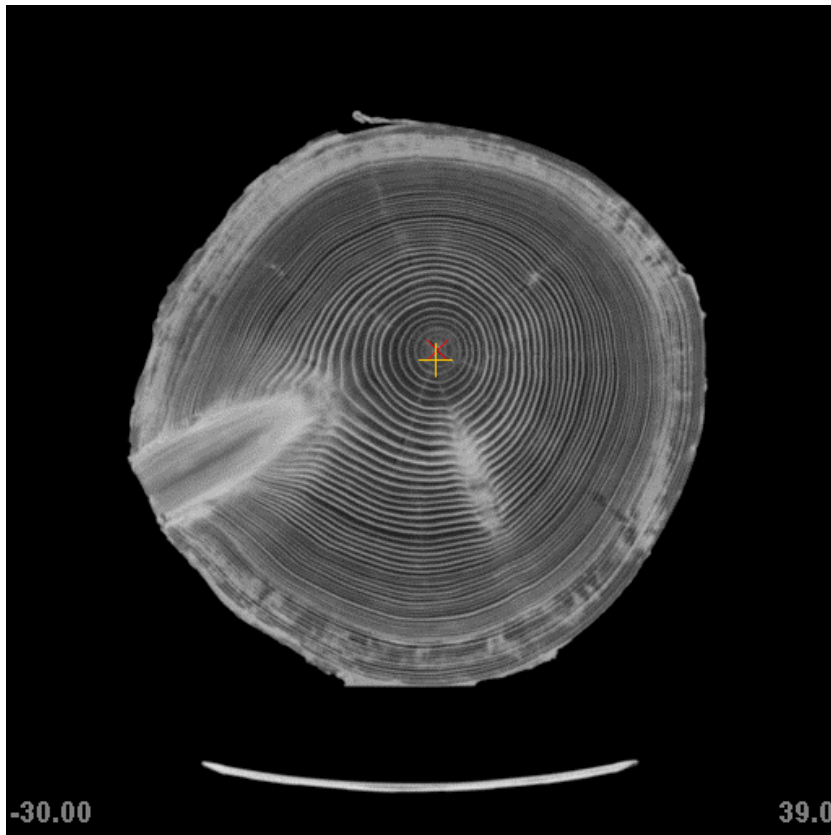


Bild mit geringster Abweichung (6.08)      Bild mit größter Abweichung (21.84)  
ME = 14.46, MSE = 7961

### 4.3.2.3 Verfahren C

Bildvorbereitung: Punkte nach CirclePoints, Punktemengen 20-300px, ContrastFilter, GrayQuantisizeFilter, ThinningFilter, useableRad 25, JunctionRemoveFilter

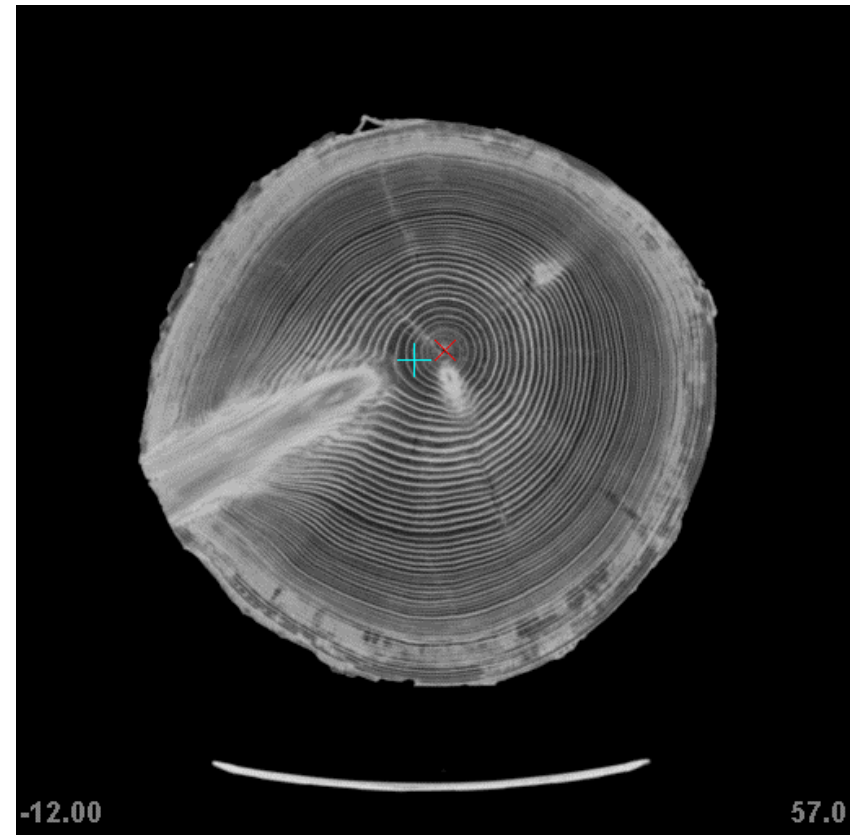
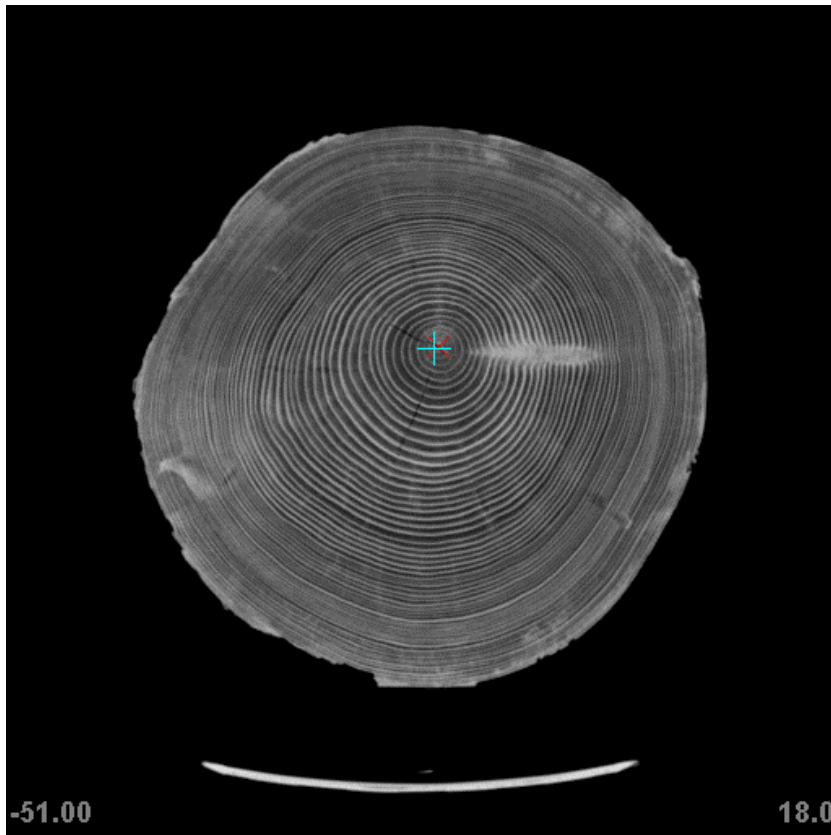


Bild mit geringster Abweichung (3.16)      Bild mit größter Abweichung (19.92)  
ME = 10.44, MSE = 4517

### 4.3.2.4 Verfahren D

Bildvorbereitung: Punkte nach CirclePoints, Punktemengen 20-300px, ContrastFilter, GrayQuantizeFilter, ThinningFilter, useableRad 25

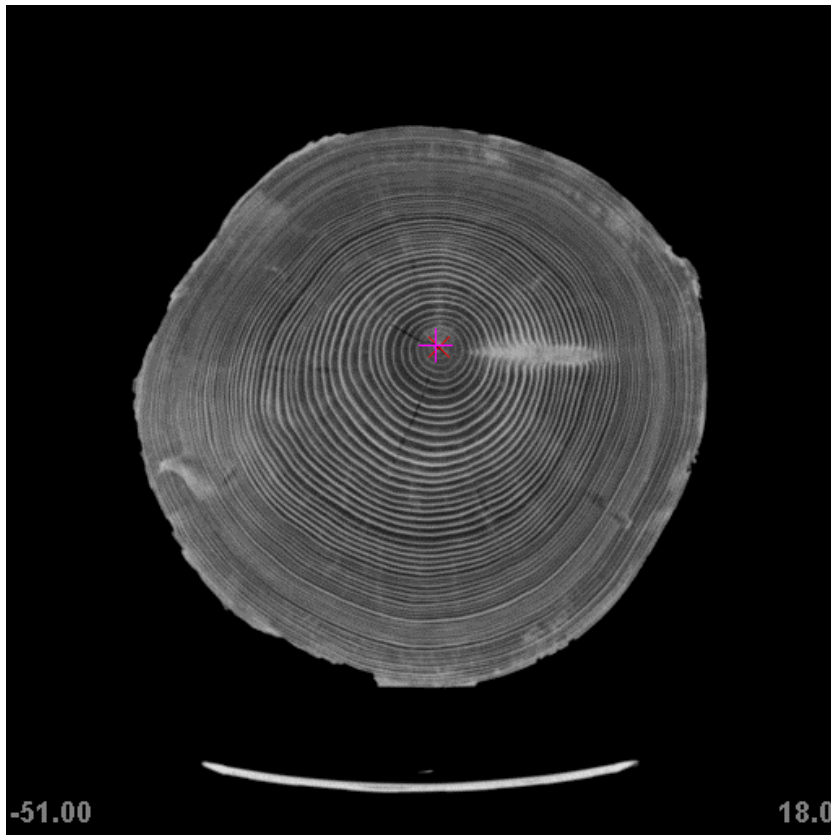


Bild mit geringster Abweichung (2.24)  
ME = 18.61, MSE = 39374

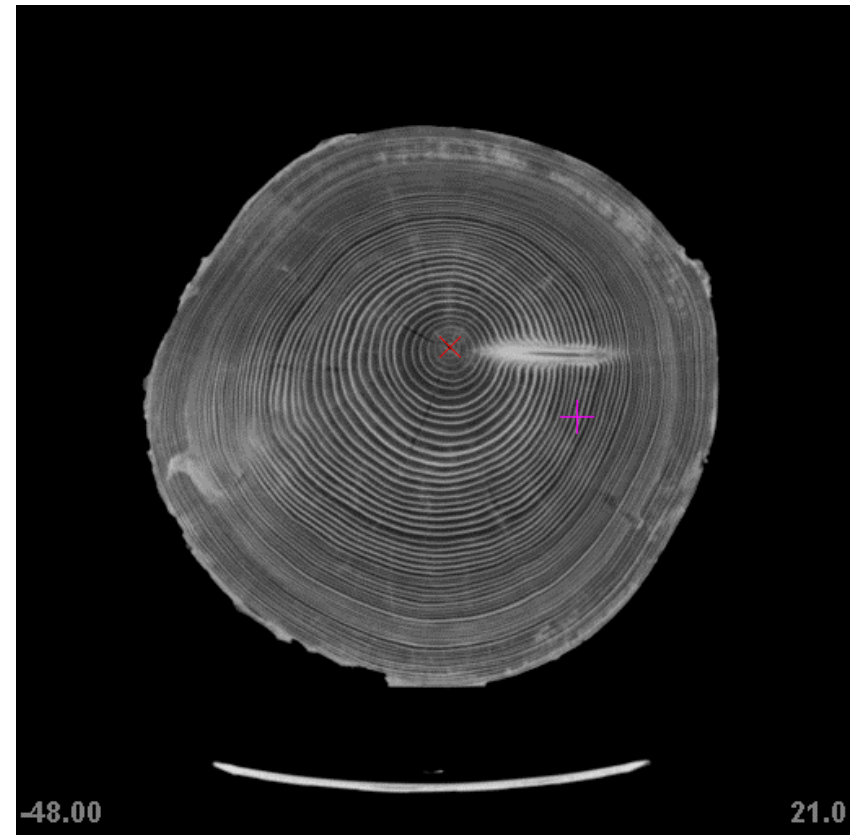


Bild mit größter Abweichung (89.07)

## 4.4 Komponentensuche mit Kantendetektion

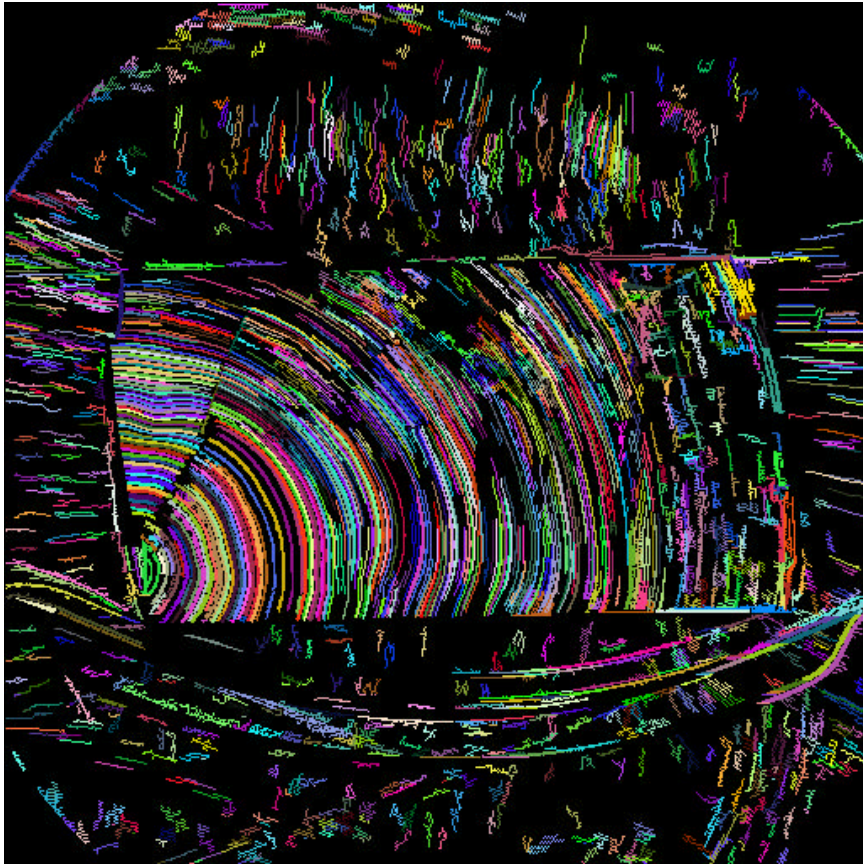
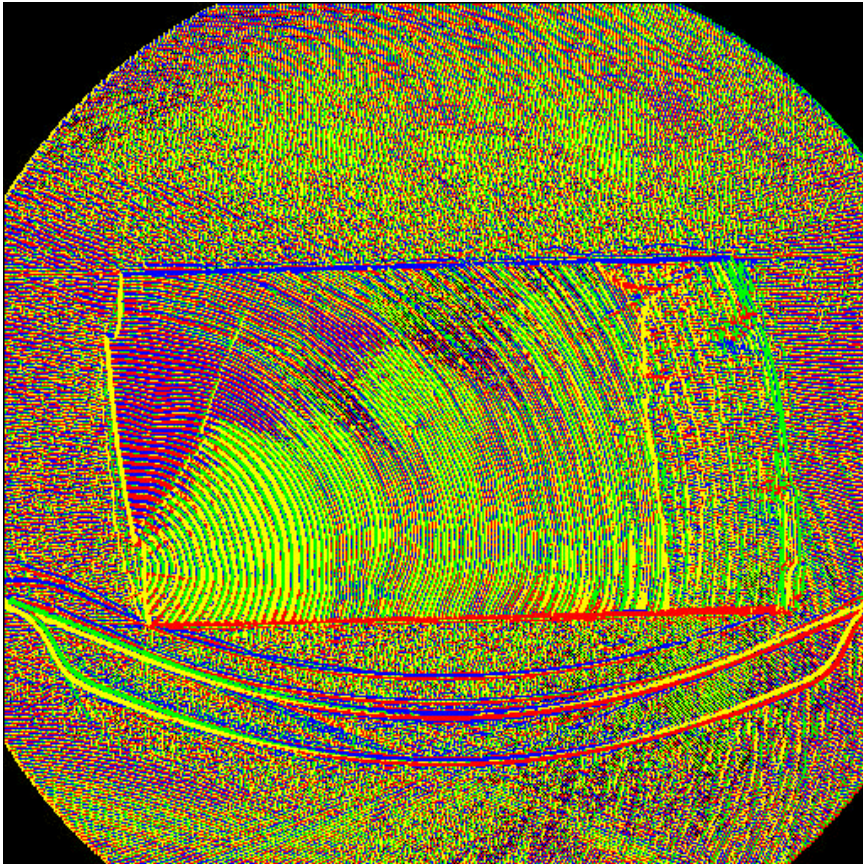
Suche Richtung des steilsten Anstieges (Gradient)

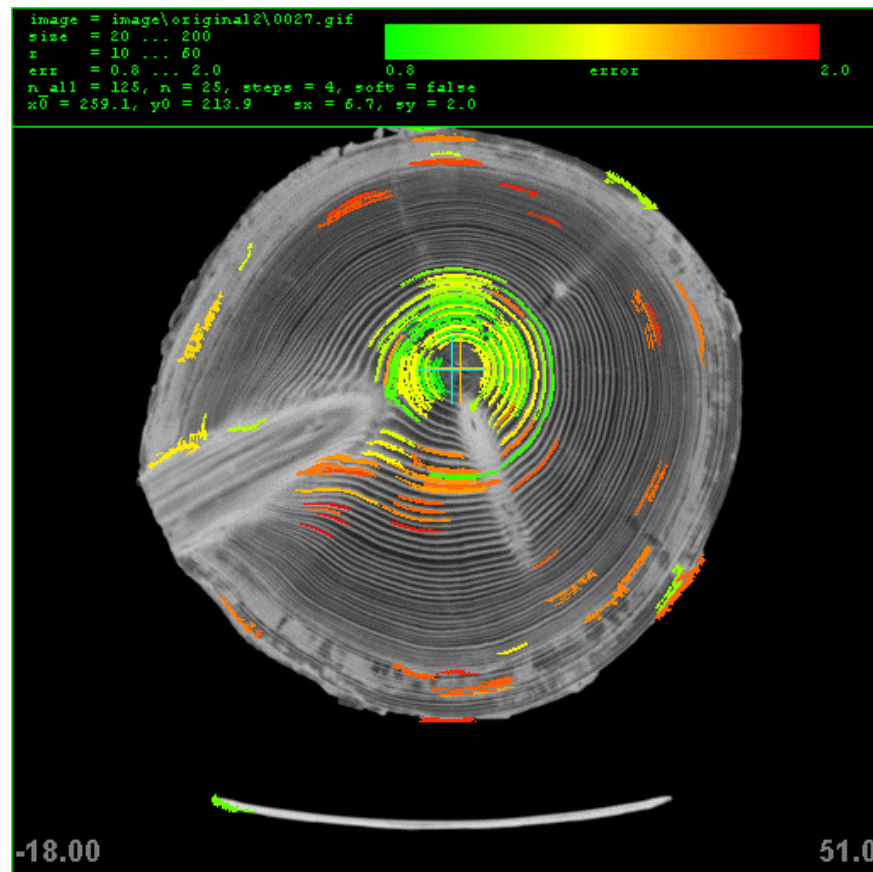
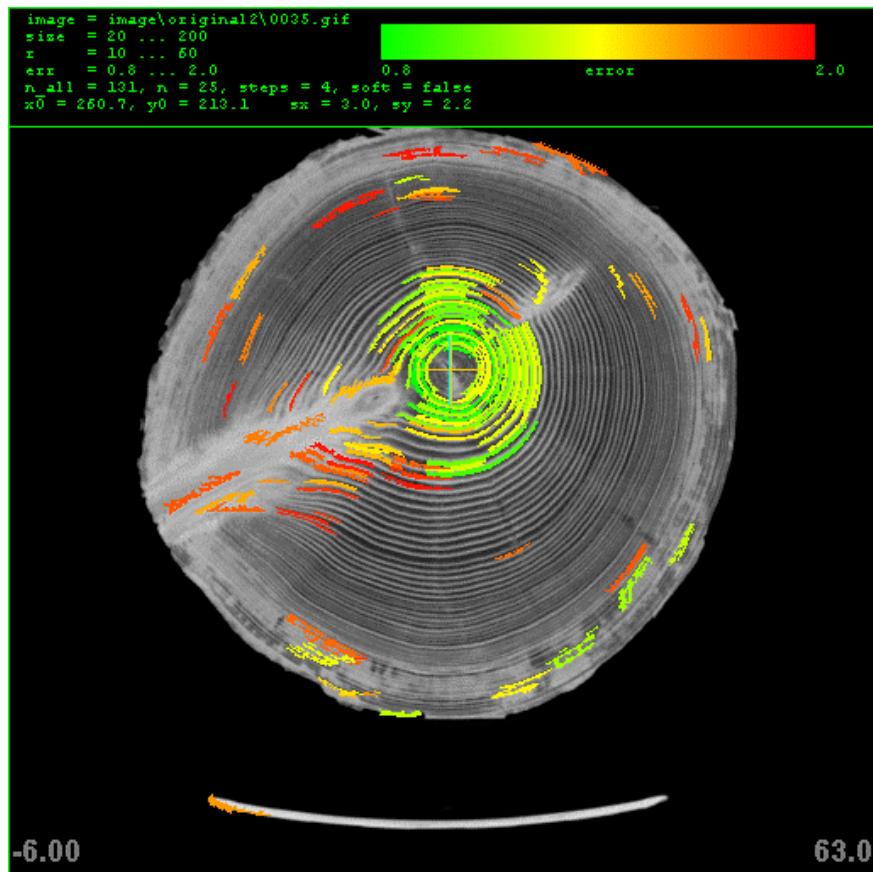
Kirsch-Operator:

$$h_{nm} = \max_{z=1,\dots,8} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 g_{ij}^{(z)} \cdot f_{n+i,m+j}$$

$$\mathbf{g}^{(1)} = \begin{bmatrix} +5 & +5 & +5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}, \mathbf{g}^{(2)} = \begin{bmatrix} +5 & +5 & -3 \\ +5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}, \mathbf{g}^{(3)} = \begin{bmatrix} +5 & -3 & -3 \\ +5 & 0 & -3 \\ +5 & -3 & -3 \end{bmatrix}, \mathbf{g}^{(4)} = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ +5 & 0 & -3 \\ +5 & +5 & -3 \end{bmatrix}$$

Partitionieren: Alle zusammenhängenden Pixel mit Gradient gleicher Richtung werden zu einer Partition zusammengefasst.





Bilder	Manuell		Gradient		
	x	y	x	y	Abstand
0001	266	210	265.333	214.029	4.08387
0002	266	210	264.811	214.026	4.19845
0003	266	210	263.993	214.351	4.79144
0004	266	210	264.543	214.499	4.72938
0005	266	210	264.529	214.795	5.01531
0006	266	210	264.731	214.192	4.3801
0007	266	210	264.586	214.923	5.12242
0008	266	210	264.444	214.299	4.57181
0009	266	210	263.888	214.146	4.65307
0010	266	210	263.75	214.492	5.02361
0011	266	210	263.904	214.63	5.08246
0012	266	211	263.531	214.559	4.33197
0013	266	211	263.473	214.829	4.58783
0014	266	211	263.131	214.504	4.52903
0015	266	211	264.016	214.63	4.13661
0016	266	212	262.757	214.198	3.91792
0017	266	212	262.907	214.649	4.07189
0018	265	212	262.998	214.157	2.94332
0019	265	212	262.543	213.446	2.8507
0020	265	212	262.255	213.488	3.12176
0021	265	212	262.734	213.181	2.5555
0022	264	212	262.223	213.841	2.55868
0023	264	212	262.023	213.65	2.5755
0024	264	212	261.201	213.799	3.32681
0025	264	212	260.62	213.245	3.6014
0026	264	212	260.958	213.444	3.36771
0027	264	212	259.078	213.905	5.27759
0028	264	212	261.47	212.729	2.63292
0029	263	212	261.774	212.451	1.30647
0030	263	212	261.36	212.738	1.79902
0031	263	212	259.167	213.497	4.11541
0032	262	212	260.807	211.904	1.19645
0033	261	212	261.409	211.537	0.61805
0034	261	213	261.851	210.876	2.28774
0035	261	213	260.722	213.082	0.28975
0036	261	213	261.151	213.809	0.82284
ME					3.457633552
MSE					499.2948834

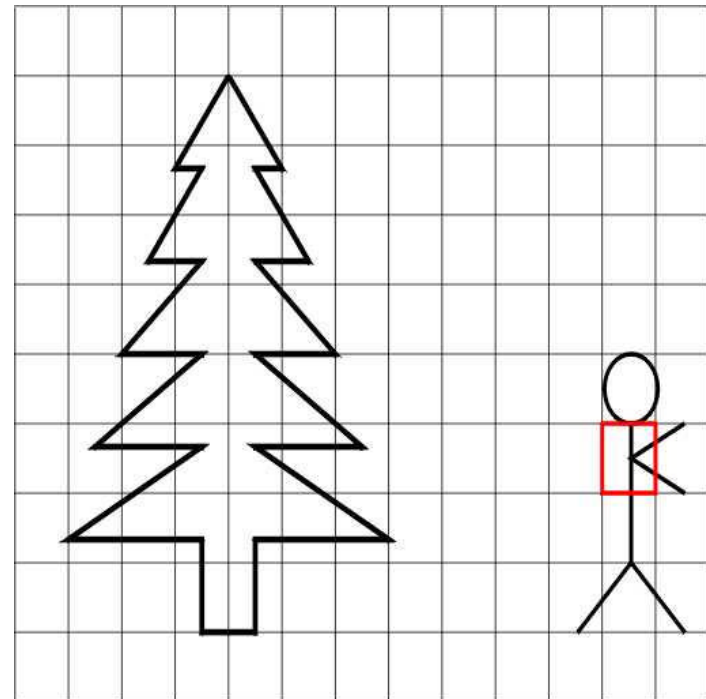
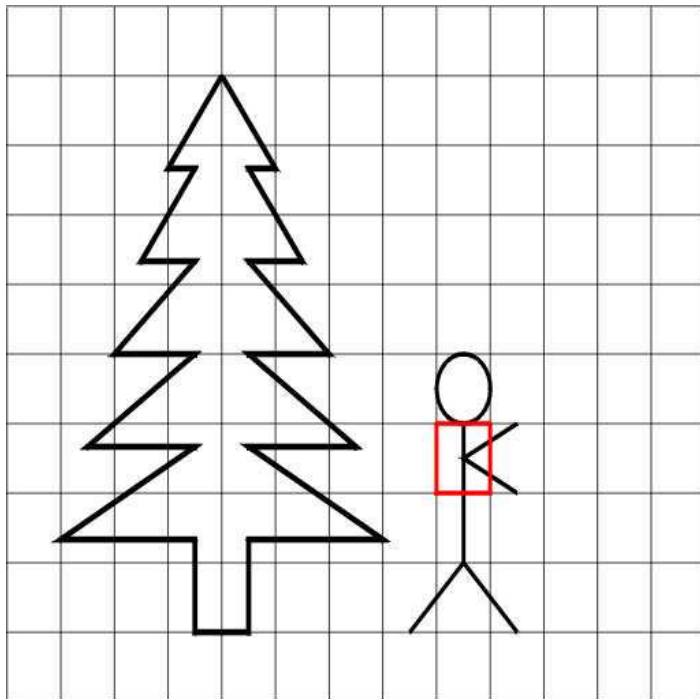
# 4.5 Fazit

Bilder	Manuell		CirclePoints (0.33/0.05)			Tangente (LenzPunkte)			Gradient		
	x	y	x	y	Abstand	x	y	Abstand	x	y	Abstand
0001	266	210	264	216	6.32456	262	220	10.7703	265.333	214.029	4.08387
0002	266	210	264	216	6.32456	261	218	9.43398	264.811	214.026	4.19845
0003	266	210	264	216	6.32456	261	217	8.60233	263.993	214.351	4.79144
0004	266	210	264	217	7.28011	263	212	3.60555	264.543	214.499	4.72938
0005	266	210	263	217	7.61577	263	211	3.16228	264.529	214.795	5.01531
0006	266	210	263	218	8.544	261	217	8.60233	264.731	214.192	4.3801
0007	266	210	264	217	7.28011	263	214	5	264.586	214.923	5.12242
0008	266	210	263	216	6.7082	262	219	9.84886	264.444	214.299	4.57181
0009	266	210	264	216	6.32456	263	220	10.4403	263.888	214.146	4.65307
0010	266	210	264	217	7.28011	261	217	8.60233	263.75	214.492	5.02361
0011	266	210	263	217	7.61577	264	220	10.198	263.904	214.63	5.08246
0012	266	211	263	217	6.7082	260	218	9.21954	263.531	214.559	4.33197
0013	266	211	263	217	6.7082	259	220	11.4018	263.473	214.829	4.58783
0014	266	211	262	218	8.06226	257	218	11.4018	263.131	214.504	4.52903
0015	266	211	262	218	8.06226	256	218	12.2066	264.016	214.63	4.13661
0016	266	212	262	217	6.40312	257	218	10.8167	262.757	214.198	3.91792
0017	266	212	262	216	5.65685	258	213	8.06226	262.907	214.649	4.07189
0018	265	212	262	216	5	256	214	9.21954	262.998	214.157	2.94332
0019	265	212	262	216	5	258	213	7.07107	262.543	213.446	2.8507
0020	265	212	262	217	5.83095	253	220	14.4222	262.255	213.488	3.12176
0021	265	212	262	215	4.24264	252	220	15.2643	262.734	213.181	2.5555
0022	264	212	261	217	5.83095	249	219	16.5529	262.223	213.841	2.55868
0023	264	212	263	217	5.09902	257	217	8.60233	262.023	213.65	2.5755
0024	264	212	270	208	7.2111	250	219	15.6525	261.201	213.799	3.32681
0025	264	212	250	216	14.5602	256	216	8.94427	260.62	213.245	3.6014
0026	264	212	272	216	8.94427	258	215	6.7082	260.958	213.444	3.36771
0027	264	212	263	221	9.05539	249	218	16.1555	259.078	213.905	5.27759
0028	264	212	248	220	17.8885	251	218	14.3178	261.47	212.729	2.63292
0029	263	212	261	221	9.21954	246	218	18.0278	261.774	212.451	1.30647
0030	263	212	261	221	9.21954	250	222	16.4012	261.36	212.738	1.79902
0031	263	212	257	216	7.2111	244	218	19.9249	259.167	213.497	4.11541
0032	262	212	258	217	6.40312	250	213	12.0416	260.807	211.904	1.19645
0033	261	212	257	216	5.65685	255	215	6.7082	261.409	211.537	0.61805
0034	261	213	256	216	5.83095	254	215	7.28011	261.851	210.876	2.28774
0035	261	213	253	219	10	255	213	6	260.722	213.082	0.28975
0036	261	213	264	206	7.61577	256	214	5.09902	261.151	213.809	0.82284
ME			7.47342			10.438			3.45763		
MSE			2241			4517			499.295		

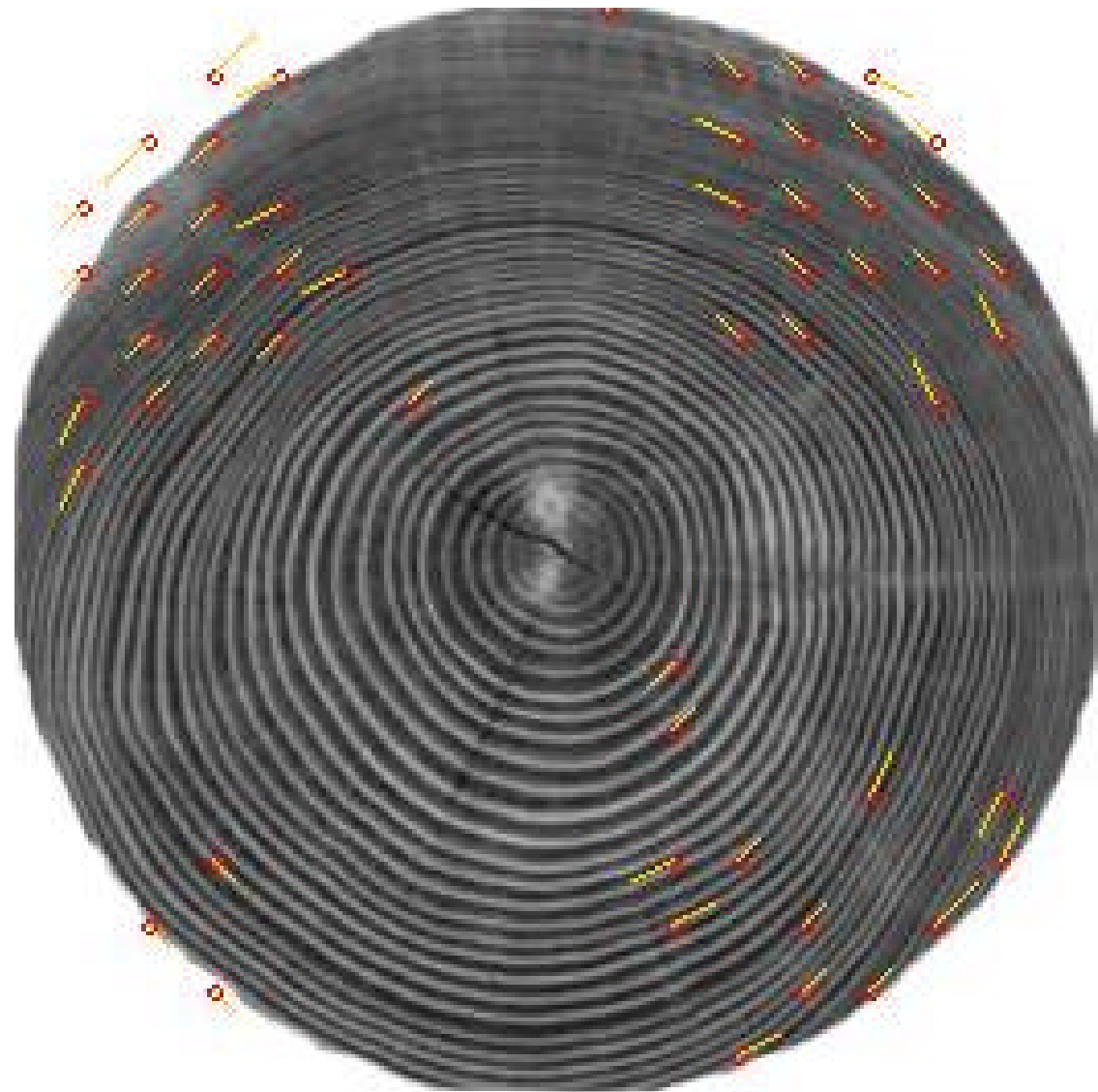


# TEIL 5 (Blockmatching)

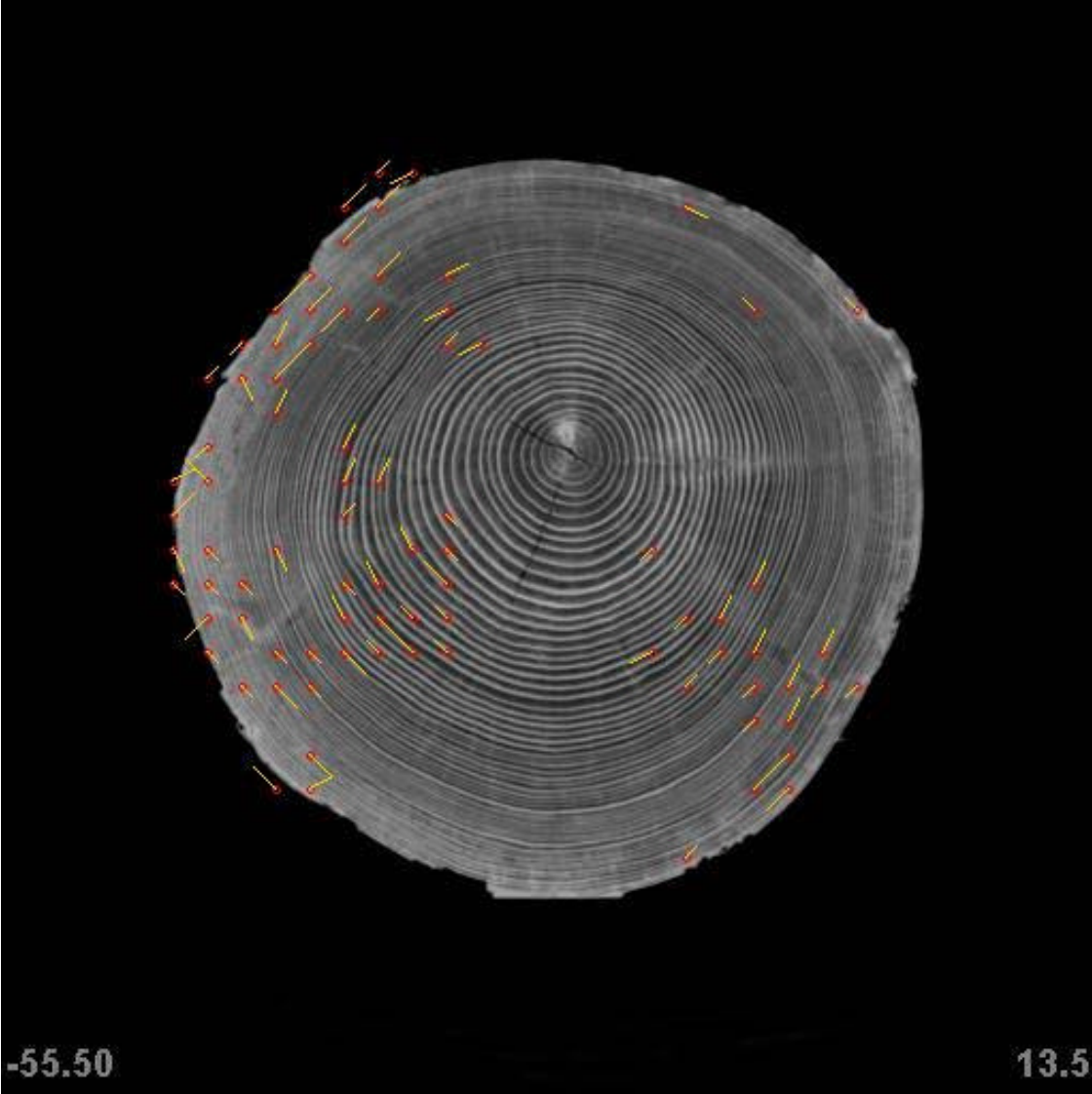
## 5.1 Das Verfahren



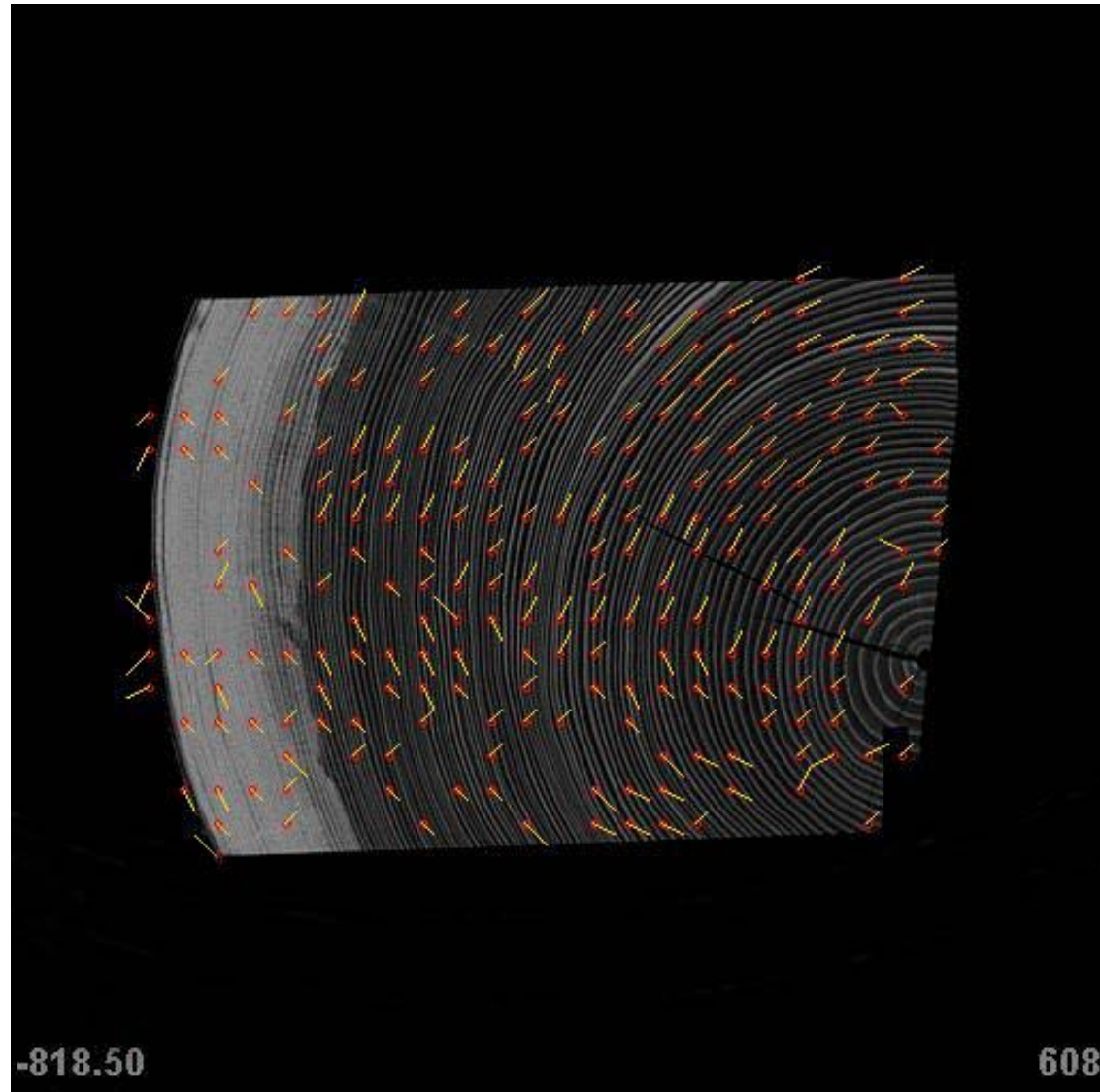
## 5.2 Selbst gedrehte Bilder



# 5.3 Original Bilder



## 5.3 Original Bilder



# **TEIL 6 (Drehen, Datensatz 01)**

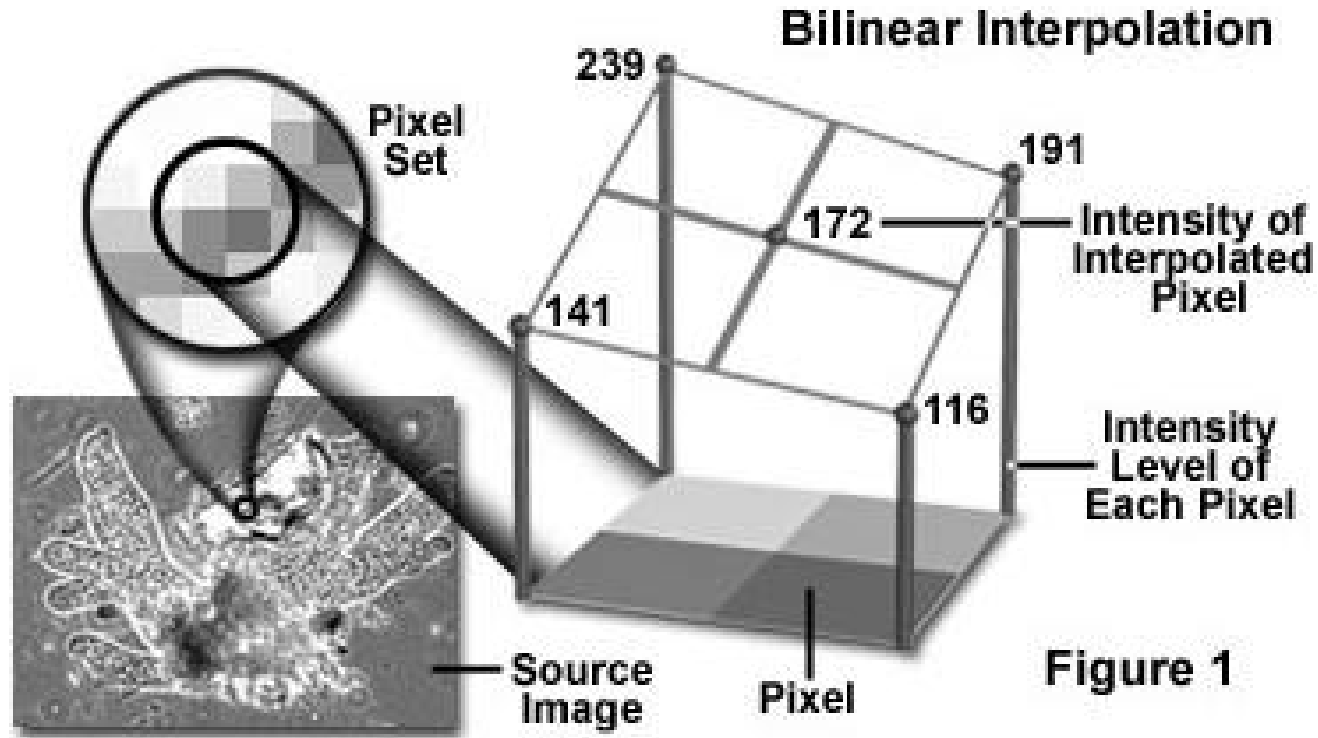
## **6.1 Idee**

## **6.2 Rotation der CT-Bilder um Mittelpunkt**

## **6.3 Fehlermasse**

- Differenz der Farbwerte
- MSE
- PSNR
- (normierte) Kreuzkorrelation

# Zu 6.2 Rotation (bilineare Interpolation (alt. bikubisch))



Quelle: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/digitalimaging/processing/geometricaltransformation/index.html>

Abstand 1	Differenz	MSE	PSNR	norm X-Korr		Abstand 3	Differenz	MSE	PSNR	norm X-Korr
01_02	1.23	1.2	1.2	1.2		01_04	-0.06	-0.78	-0.78	6
02_03	0.93	0.87	0.87	1.5		02_05	5.04	-0.87	-0.87	6
03_04	-0.9	-1.44	-1.44	1.5		03_06	5.7	5.7	5.7	-0.36
04_05	1.2	1.17	1.17	1.17		04_07	5.73	5.73	5.73	-0.48
05_06	-0.06	-0.09	-0.09	-1.5		05_08	5.67	5.67	5.67	-1.29
06_07	-1.2	-1.17	-1.17	-1.5		06_09	-0.06	-0.63	-0.63	-0.66
07_08	-1.05	-0.99	-0.99	-1.5		07_10	0	0.09	0.09	0.66
08_09	0	-0.84	-0.84	-1.5		08_11	5.4	5.37	5.37	6
09_10	0	0	0	1.5		09_12	5.7	5.67	5.67	6
10_11	1.2	1.17	1.17	1.5		10_13	5.1	5.13	5.13	6
11_12	0.03	0.75	0.75	1.5		11_14	2.04	1.95	1.95	1.59
12_13	0.03	0.06	0.06	1.5		12_15	5.16	5.37	5.37	6
13_14	0	0.03	0.03	1.5		13_16	1.83	1.83	1.83	1.29
14_15	1.17	1.14	1.14	1.5		14_17	-1.47	-1.74	-1.74	6
15_16	-1.26	-1.26	-1.26	-1.5		15_18	-2.01	-1.86	-1.86	6
16_17	1.17	1.17	1.17	-1.5		16_19	0	0	0	-0.06
17_18	1.2	1.14	1.14	1.5		17_20	1.59	1.62	1.62	0.93
18_19	0.03	0.03	0.03	1.5		18_21	-2.1	-2.1	-2.1	-2.1
19_20	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5		19_22	0	-0.06	-0.06	-0.06
20_21	-0.87	-0.93	-0.93	-1.11		20_23	5.67	5.4	5.4	6
21_22	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5		21_24	5.67	5.67	5.67	6
22_23	0.03	0.09	0.09	1.5		22_25	4.11	5.37	5.37	6
23_24	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5		23_26	0.03	0.12	0.12	0.15
24_25	1.2	1.2	1.2	1.5		24_27	3.72	3.72	3.72	6
25_26	0	-0.06	-0.06	-0.69		25_28	2.37	2.34	2.34	2.01
26_27	0.99	0.12	0.12	1.5		26_29	3.48	3.93	3.93	6
27_28	1.11	1.08	1.08	1.5		27_30	0.78	0.78	0.78	0.78
28_29	-0.06	1.2	1.2	1.5		28_31	3.27	3.27	3.27	6
29_30	1.2	1.23	1.23	1.5		29_32	1.56	2.25	2.25	2.34
30_31	0.03	0.09	0.09	1.5		30_33	2.64	2.61	2.61	6
31_32	1.17	1.17	1.17	1.2		31_34	3.06	5.67	5.67	6
32_33	1.23	1.2	1.2	1.5		32_35	5.7	5.7	5.7	6
33_34	0	0	0	1.5		33_36	0	0	0	0.54
34_35	1.23	1.2	1.2	1.5		34_37	0	-0.06	-0.06	0
35_36	0.12	0.18	0.18	1.5		35_38	5.7	5.67	5.67	6
36_37	0	0	0	0		36_39	0	-0.06	-0.06	-0.06
37_38	0	0	0	0		37_40	0	-0.06	-0.06	-0.06
38_39	1.26	1.26	1.26	1.5		38_41	-3.03	-2.55	-2.55	6
39_40	0	0	0	0.03		39_42	5.7	5.67	5.67	6
40_41	-1.5	1.23	1.23	-1.5						
41_42	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5						
Summe: °	4.86	7.2	7.2	18.3		Summe: °	93.69	91.53	91.53	125.16
° p. Bild:	0.11853659	0.17560976	0.17560976	0.44634146		° p. Bild:	0.80076923	0.78230769	0.78230769	1.06974359

## 6.3 Vergleich (künstl. Datensatz, gedreht um $-0.5^\circ$ /Bild)

	Differenz	MSE	PSNR	norm X-Korr		Differenz	MSE	PSNR	norm X-Korr
01_02	-0.52	-0.46	-0.46	1.5	01_04	-1.52	-1.52	-1.52	-1.44
02_03	-0.42	-0.42	-0.42	1.5	02_05	-1.52	-1.56	-1.56	-1.5
03_04	-0.18	-0.14	-0.14	1.5	03_06	-1.52	-1.5	-1.5	-1.4
04_05	-0.44	-0.4	-0.4	1.5	04_07	-1.5	-1.5	-1.5	-1.44
05_06	-0.42	-0.48	-0.48	1.5	05_08	-1.52	-1.52	-1.52	-1.34
06_07	-0.34	-0.28	-0.28	1.5	06_09	-1.54	-1.58	-1.58	-1.3
07_08	-0.42	-0.38	-0.38	1.5	07_10	-1.52	-1.4	-1.4	-1.46
08_09	-0.4	-0.24	-0.24	1.5	08_11	-1.5	-1.46	-1.46	-1.48
09_10	-0.36	-0.32	-0.32	1.5					
10_11	-0.4	-0.36	-0.36	1.5					
Summe: °	-3.5	-3.48	-3.48	15		-12.14	-12.04	-12.04	-11.36
° p. Bild:	-0.35	-0.348	-0.348	1.5		-0.50583333	-0.50166667	-0.50166667	-0.47333333



# TEIL 7 (Optical Flow)

## 7.1 Methode:

Berechnen der 2D-Bewegungsrichtung und -Geschwindigkeit für jeden Bildpunkt bzw. jedes Pixel einer Bildsequenz.

Resultat ist ein Vektorfeld  $\mathbf{v}(x, y)$

$$\boxed{E(x, y, t) = E(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)}$$

$$E(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t) = E(x, y, t) + \partial E / \partial x \delta x + \partial E / \partial y \delta y + \partial E / \partial t \delta t + \dots$$

$$\partial E / \partial x \partial x / \partial t + \partial E / \partial y \partial y / \partial t + \partial E / \partial t = \boxed{dE / dt = 0}$$

$$\boxed{\mathbf{v} \tilde{N} E = -\partial E / \partial t} \quad \mathbf{v} = [\partial x / \partial t, \partial y / \partial t]^t$$

Problem: eine Gleichung – zwei Variablen ...

## 7.2 Lokale Lösung – Algorithmus von Lucas & Kanade:

Annahme: Bewegungsvektor ändert sich in den benachbarten Pixeln nur wenig, d.h.  $\mathbf{v}(x, y) \cong \mathbf{v}(x + \delta x, y + \delta y)$ .

⇒ Gleichungssystem

$$\frac{\partial E(\mathbf{p}_1)}{\partial x} v_x + \frac{\partial E(\mathbf{p}_1)}{\partial y} v_y = \frac{\partial E(\mathbf{p}_1)}{\partial t}$$

....

$$\frac{\partial E(\mathbf{p}_n)}{\partial x} v_x + \frac{\partial E(\mathbf{p}_n)}{\partial y} v_y = \frac{\partial E(\mathbf{p}_n)}{\partial t}$$

überbestimmtes lineares Gleichungssystem:

$$\mathbf{A} \mathbf{v} = \mathbf{b} \quad (\rightarrow \text{Teil 4.1})$$

## 7.3 Algorithmus von Horn & Schunck:

Zusatzbedingung: gesamtes Vektorfeld soll hinreichend glatt sein.

Verfahren reagiert daher weniger empfindlich auf lokale Störungen.

Fehlermasse:

$$\varepsilon_b = \partial E / \partial x v_x + \partial E / \partial y v_y + \partial E / \partial t$$

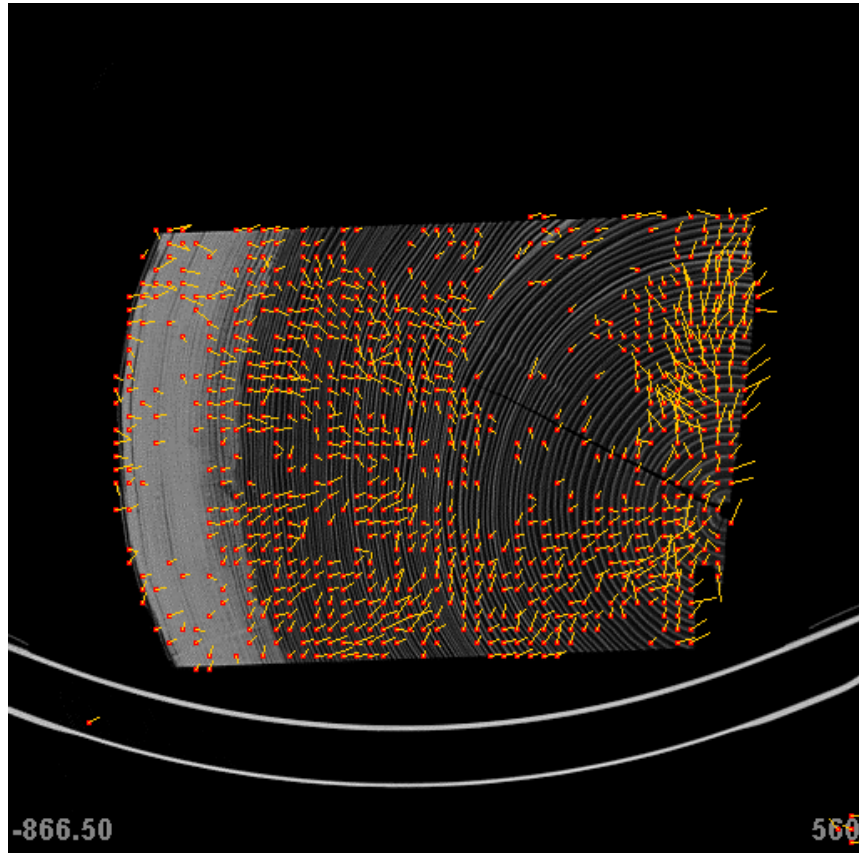
$$\varepsilon_c^2 = (\partial v_x / \partial x)^2 + (\partial v_x / \partial y)^2 + (\partial v_y / \partial x)^2 + (\partial v_y / \partial y)^2$$

$$\varepsilon^2 = \iint dx dy (\lambda^2 \varepsilon_c^2 + \varepsilon_b^2) \rightarrow \min.$$

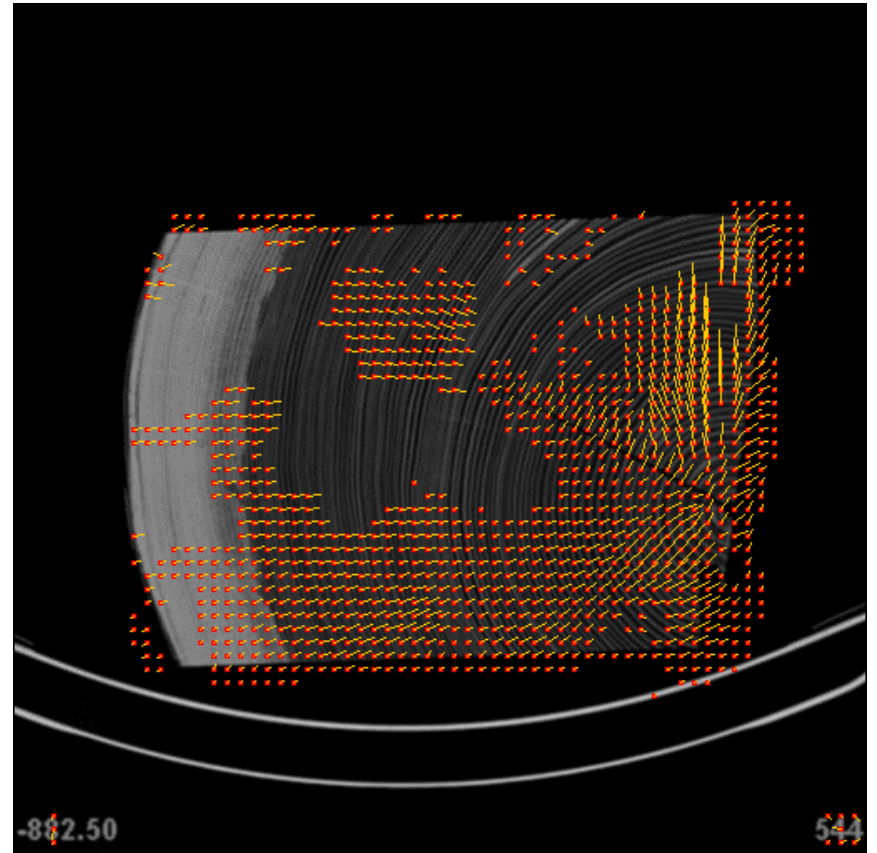
Parameter  $\lambda$  bestimmt Glättung

Gesamtfehler  $\varepsilon$  wird meist mit iterativem Verfahren minimiert.

## 7.4 Resultate



Lucas & Kanade



Horn & Schunck

# TEIL 8 (Fazit & Diskussion)

**DANKE**

**für eure Aufmerksamkeit!!!**