

**Strukturierte  
vs.  
unstrukturierte  
Punktwolken**



**Martin Graner**  
**CTO**

[martin.graner@pointcab-software.com](mailto:martin.graner@pointcab-software.com)

Master of Science Geodäsie & Geoinformatik  
Universität Stuttgart 2017  
Seit 2017 bei PointCab GmbH



- 1. Scanner Systeme - Was produziert Punktwolken**
- 2. Unterschiede zw. strukturierten und unstrukturierten Punktwolken**
- 3. Deep dive**
- 4. Quiz time**
- 5. Vorteile der verschiedenen Punktwolken Typen**
- 6. Formate**
- 7. Zusammenfassung**





## Es ist eigentlich nur:

- Die Art wie sie gespeichert werden  
(Unabhängig vom Format der Daten).

## Unstrukturierte Scandaten:

- 3D Daten sind ohne Ordnung in der Datei gespeichert
- Keine Information über benachbarte Punkte liegen vor

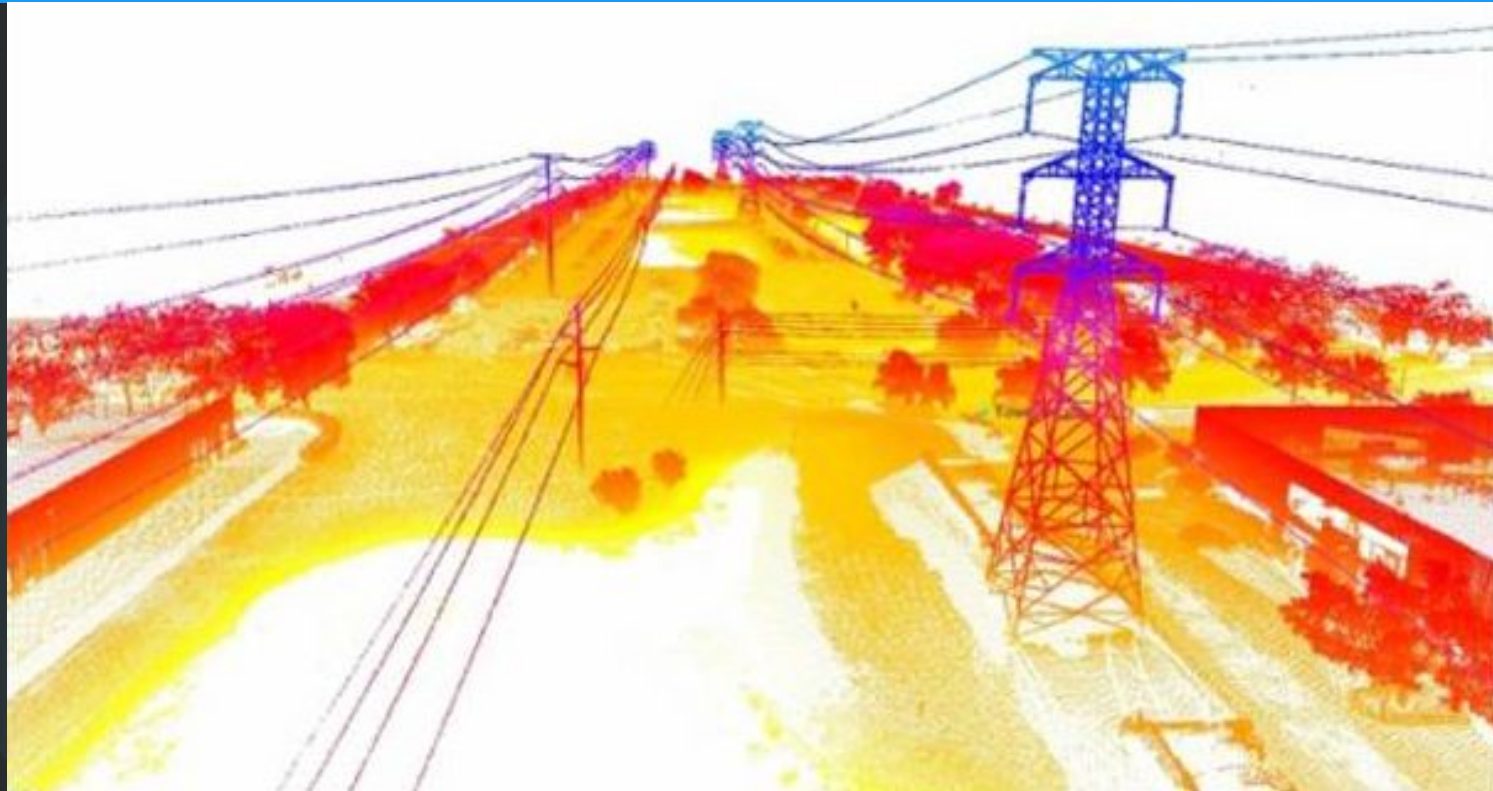
1D

3D

Index	X	Y	Z
100	8,4 m	2,4 m	1,3 m
⋮	⋮	⋮	⋮
189	8,4 m	2,4 m	1,2 m



Nachbarn in 3D  
stimmen nicht  
mit 1D Index  
überein



Jeder 3D Punkt kann von einer anderen Aufnahmezeit und einer anderen Aufnahmezeit sein.

## Strukturierte Scandaten:

- Eine abbildende teilweise stetige Projektion aus dem 3D Raum in eine 2D Ebene ist verfügbar
- Strukturierte Punktwolken sind 2D indiziert, so dass die benachbarten Punkte in 3D und 2D meistens räumliche Nachbarn sind
- Punkte basieren auf der selben Aufnahmeposition (Ursprung)
- Vorzeichen der Oberflächennormale eines Punktes ist durch den Ursprung implizit gegeben



## Strukturierte Scandaten:

- Eine abbildende teilweise stetige Projektion aus dem 3D Raum in eine 2D Ebene ist verfügbar
- Strukturierte Punktwolken sind 2D indiziert, so dass die benachbarten Punkte in 3D und 2D meistens räumliche Nachbarn sind
- Punkte basieren auf der selben Aufnahmeposition (Ursprung)
- Vorzeichen der Oberflächennormale eines Punktes ist durch den Ursprung implizit gegeben

2D

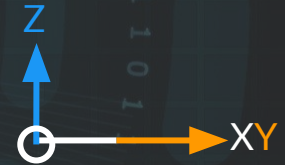
3D

u (Spalte)	v (Zeile)	X	Y	Z
100	47	8,4 m	2,4 m	1,3 m
101	47	8,7 m	2,5 m	1,3 m
100	48	8,4 m	2,3 m	1,2 m

3D Nachbarn  
sind in 2D  
ebenfalls  
Nachbarn



				Z	row\col	1	2	3
			Y	row\col	1	2	3	
X	row\col	1	2	3	1,3 m	1,3 m	3,6 m	3,4 m
	1	8,4 m	8,5 m	8,6 m	1,5 m	1,4 m		
	2	2,3 m	8,5 m	8,6 m				





360° Spalten



180° Zeilen



180° Spalten

90° Zeilen

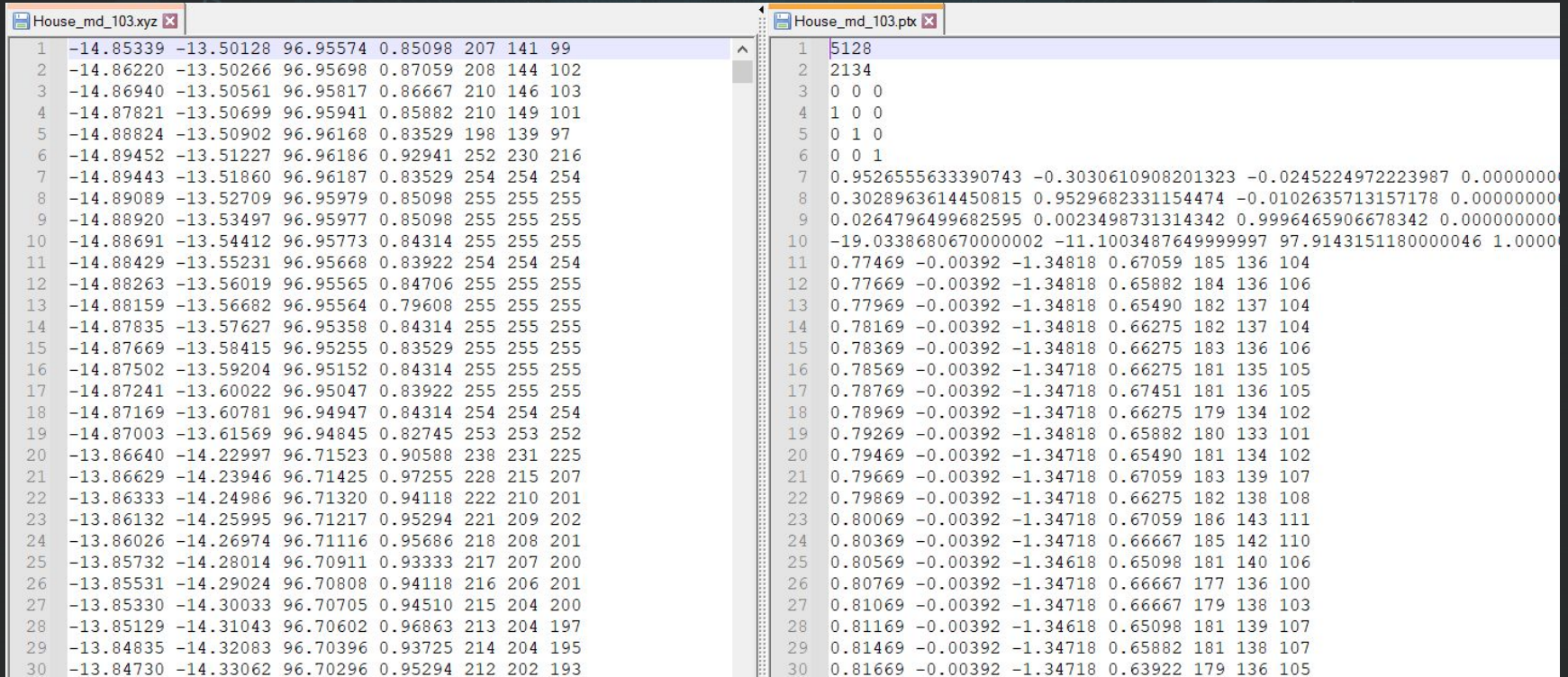








## Schauen wir die Daten mal an! XYZ vs PTX (beide in ASCII)



```
House_md_103.xyz
1 -14.85339 -13.50128 96.95574 0.85098 207 141 99
2 -14.86220 -13.50266 96.95698 0.87059 208 144 102
3 -14.86940 -13.50561 96.95817 0.86667 210 146 103
4 -14.87821 -13.50699 96.95941 0.85882 210 149 101
5 -14.88824 -13.50902 96.96168 0.83529 198 139 97
6 -14.89452 -13.51227 96.96186 0.92941 252 230 216
7 -14.89443 -13.51860 96.96187 0.83529 254 254 254
8 -14.89089 -13.52709 96.95979 0.85098 255 255 255
9 -14.88920 -13.53497 96.95977 0.85098 255 255 255
10 -14.88691 -13.54412 96.95773 0.84314 255 255 255
11 -14.88429 -13.55231 96.95668 0.83922 254 254 254
12 -14.88263 -13.56019 96.95565 0.84706 255 255 255
13 -14.88159 -13.56682 96.95564 0.79608 255 255 255
14 -14.87835 -13.57627 96.95358 0.84314 255 255 255
15 -14.87669 -13.58415 96.95255 0.83529 255 255 255
16 -14.87502 -13.59204 96.95152 0.84314 255 255 255
17 -14.87241 -13.60022 96.95047 0.83922 255 255 255
18 -14.87169 -13.60781 96.94947 0.84314 254 254 254
19 -14.87003 -13.61569 96.94845 0.82745 253 253 252
20 -13.86640 -14.22997 96.71523 0.90588 238 231 225
21 -13.86629 -14.23946 96.71425 0.97255 228 215 207
22 -13.86333 -14.24986 96.71320 0.94118 222 210 201
23 -13.86132 -14.25995 96.71217 0.95294 221 209 202
24 -13.86026 -14.26974 96.71116 0.95686 218 208 201
25 -13.85732 -14.28014 96.70911 0.93333 217 207 200
26 -13.85531 -14.29024 96.70808 0.94118 216 206 201
27 -13.85330 -14.30033 96.70705 0.94510 215 204 200
28 -13.85129 -14.31043 96.70602 0.96863 213 204 197
29 -13.84835 -14.32083 96.70396 0.93725 214 204 195
30 -13.84730 -14.33062 96.70296 0.95294 212 202 193

House_md_103.ptx
1 5128
2 2134
3 0 0 0
4 1 0 0
5 0 1 0
6 0 0 1
7 0.9526555633390743 -0.3030610908201323 -0.0245224972223987 0.00000000
8 0.3028963614450815 0.9529682331154474 -0.0102635713157178 0.00000000
9 0.0264796499682595 0.0023498731314342 0.9996465906678342 0.00000000
10 -19.0338680670000002 -11.1003487649999997 97.9143151180000046 1.0000
11 0.77469 -0.00392 -1.34818 0.67059 185 136 104
12 0.77669 -0.00392 -1.34818 0.65882 184 136 106
13 0.77969 -0.00392 -1.34818 0.65490 182 137 104
14 0.78169 -0.00392 -1.34818 0.66275 182 137 104
15 0.78369 -0.00392 -1.34818 0.66275 183 136 106
16 0.78569 -0.00392 -1.34718 0.66275 181 135 105
17 0.78769 -0.00392 -1.34718 0.67451 181 136 105
18 0.78969 -0.00392 -1.34718 0.66275 179 134 102
19 0.79269 -0.00392 -1.34818 0.65882 180 133 101
20 0.79469 -0.00392 -1.34718 0.65490 181 134 102
21 0.79669 -0.00392 -1.34718 0.67059 183 139 107
22 0.79869 -0.00392 -1.34718 0.66275 182 138 108
23 0.80069 -0.00392 -1.34718 0.67059 186 143 111
24 0.80369 -0.00392 -1.34718 0.66667 185 142 110
25 0.80569 -0.00392 -1.34618 0.65098 181 140 106
26 0.80769 -0.00392 -1.34718 0.66667 177 136 100
27 0.81069 -0.00392 -1.34718 0.66667 179 138 103
28 0.81169 -0.00392 -1.34618 0.65098 181 139 107
29 0.81469 -0.00392 -1.34718 0.65882 181 138 107
30 0.81669 -0.00392 -1.34718 0.63922 179 136 105
```



## Kann ich eine Strukturierte in eine unstrukturierte Punktwolke konvertieren und umgekehrt?

- strukturiert -> unstrukturiert: Ja  
(andere Interpretation der Daten bzw Format)
- unstrukturiert -> strukturiert: ?  
(-> Ursprung / Id der Punkte / Zeilen und Spalten des Scans)

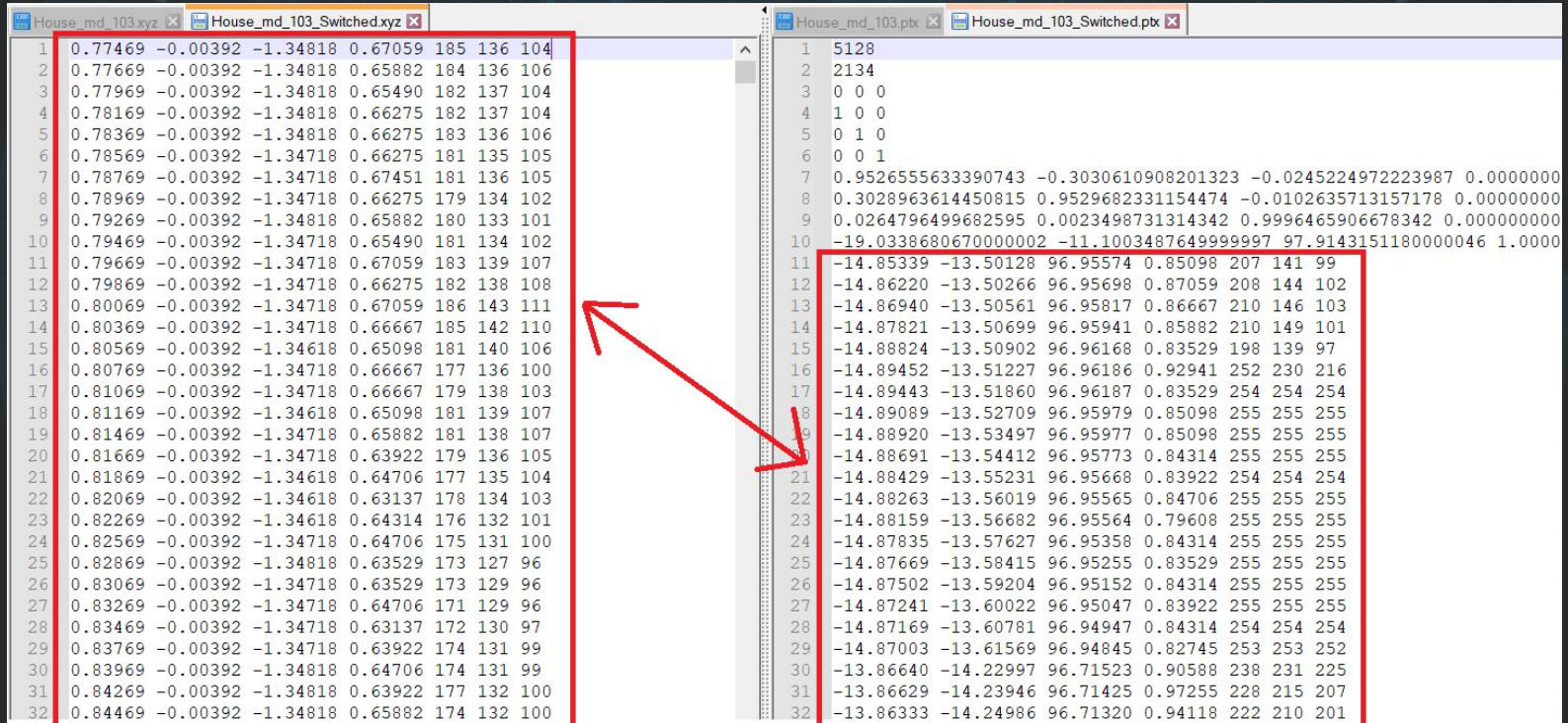
## Schauen wir die Daten mal an!

XYZ vs PTX (beide in ASCII)

Warum können wir eine ungeordnete nicht in eine geordnete Punktwolke einfach überführen.

# Punkte in XYZ und PTX file ausgetauscht

## Test



```

House_md_103.xyz
1 0.77469 -0.00392 -1.34818 0.67059 185 136 104
2 0.77669 -0.00392 -1.34818 0.65882 184 136 106
3 0.77969 -0.00392 -1.34818 0.65490 182 137 104
4 0.78169 -0.00392 -1.34818 0.66275 182 137 104
5 0.78369 -0.00392 -1.34818 0.66275 183 136 106
6 0.78569 -0.00392 -1.34718 0.66275 181 135 105
7 0.78769 -0.00392 -1.34718 0.67451 181 136 105
8 0.78969 -0.00392 -1.34718 0.66275 179 134 102
9 0.79269 -0.00392 -1.34818 0.65882 180 133 101
10 0.79469 -0.00392 -1.34718 0.65490 181 134 102
11 0.79669 -0.00392 -1.34718 0.67059 183 139 107
12 0.79869 -0.00392 -1.34718 0.66275 182 138 108
13 0.80069 -0.00392 -1.34718 0.67059 186 143 111
14 0.80369 -0.00392 -1.34718 0.66667 185 142 110
15 0.80569 -0.00392 -1.34618 0.65098 181 140 106
16 0.80769 -0.00392 -1.34718 0.66667 177 136 100
17 0.81069 -0.00392 -1.34718 0.66667 179 138 103
18 0.81169 -0.00392 -1.34618 0.65098 181 139 107
19 0.81469 -0.00392 -1.34718 0.65882 181 138 107
20 0.81669 -0.00392 -1.34718 0.63922 179 136 105
21 0.81869 -0.00392 -1.34618 0.64706 177 135 104
22 0.82069 -0.00392 -1.34618 0.63137 178 134 103
23 0.82269 -0.00392 -1.34618 0.64314 176 132 101
24 0.82569 -0.00392 -1.34718 0.64706 175 131 100
25 0.82869 -0.00392 -1.34818 0.63529 173 127 96
26 0.83069 -0.00392 -1.34718 0.63529 173 129 96
27 0.83269 -0.00392 -1.34718 0.64706 171 129 96
28 0.83469 -0.00392 -1.34718 0.63137 172 130 97
29 0.83769 -0.00392 -1.34718 0.63922 174 131 99
30 0.83969 -0.00392 -1.34818 0.64706 174 131 99
31 0.84269 -0.00392 -1.34818 0.63922 177 132 100
32 0.84469 -0.00392 -1.34818 0.65882 174 132 100

House_md_103.ptx
1 5128
2 2134
3 0 0 0
4 1 0 0
5 0 1 0
6 0 0 1
7 0.9526555633390743 -0.3030610908201323 -0.0245224972223987 0.00000000
8 0.3028963614450815 0.9529682331154474 -0.0102635713157178 0.00000000
9 0.0264796499682595 0.0023498731314342 0.9996465906678342 0.0000000000
10 -19.0338680670000002 -11.1003487649999997 97.9143151180000046 1.0000
11 -14.85339 -13.50128 96.95574 0.85098 207 141 99
12 -14.86220 -13.50266 96.95698 0.87059 208 144 102
13 -14.86940 -13.50561 96.95817 0.86667 210 146 103
14 -14.87821 -13.50699 96.95941 0.85882 210 149 101
15 -14.88824 -13.50902 96.96168 0.83529 198 139 97
16 -14.89452 -13.51227 96.96186 0.92941 252 230 216
17 -14.89443 -13.51860 96.96187 0.83529 254 254 254
18 -14.89089 -13.52709 96.95979 0.85098 255 255 255
19 -14.88920 -13.53497 96.95977 0.85098 255 255 255
20 -14.88691 -13.54412 96.95773 0.84314 255 255 255
21 -14.88429 -13.55231 96.95668 0.83922 254 254 254
22 -14.88263 -13.56019 96.95565 0.84706 255 255 255
23 -14.88159 -13.56682 96.95564 0.79608 255 255 255
24 -14.87835 -13.57627 96.95358 0.84314 255 255 255
25 -14.87669 -13.58415 96.95255 0.83529 255 255 255
26 -14.87502 -13.59204 96.95152 0.84314 255 255 255
27 -14.87241 -13.60022 96.95047 0.83922 255 255 255
28 -14.87169 -13.60781 96.94947 0.84314 254 254 254
29 -14.87003 -13.61569 96.94845 0.82745 253 253 252
30 -13.86640 -14.22997 96.71523 0.90588 238 231 225
31 -13.86629 -14.23946 96.71425 0.97255 228 215 207
32 -13.86333 -14.24986 96.71320 0.94118 222 210 201
    
```

# TLS - statischer voll Scan - ohne Austausch der Daten

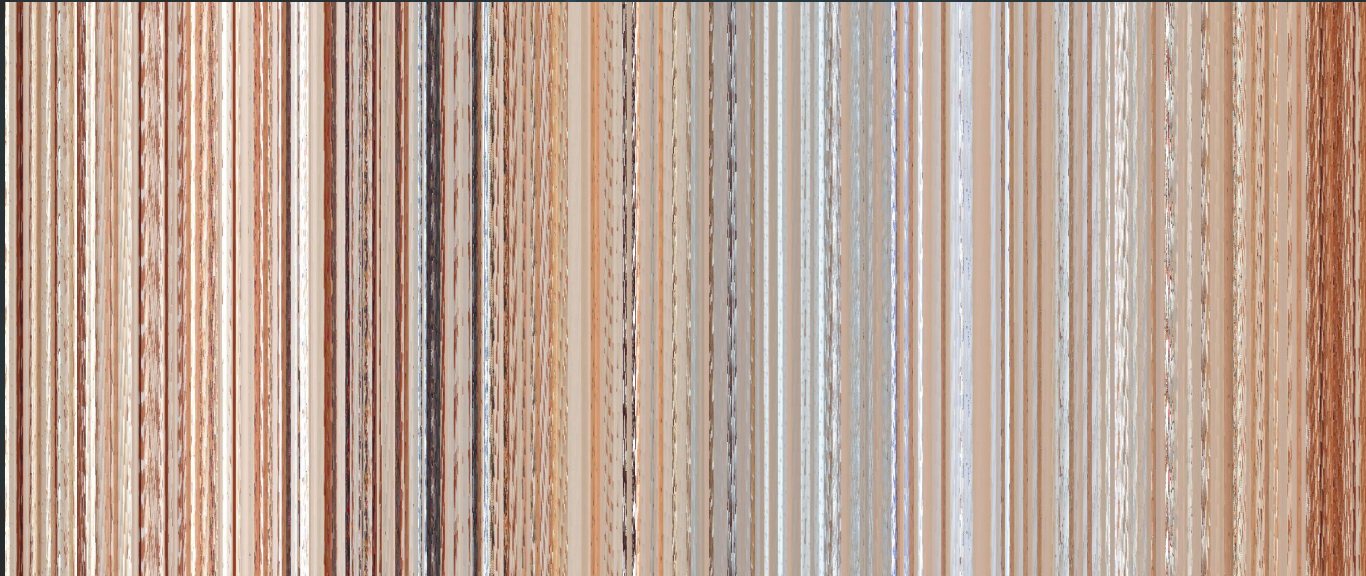
360° Spalten



180° Zeilen

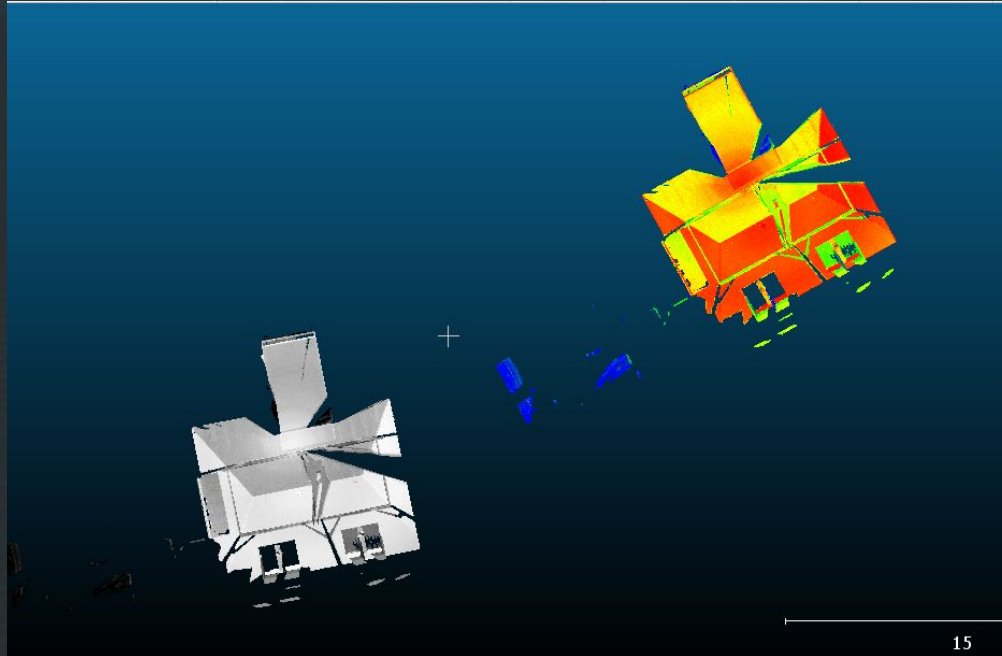
# TLS - statischer voll Scan - xyz und ptx Daten Ausgetauscht

360° Spalten



180° Zeilen

# XYZ und PTX simultan in CloudCompare



1. Reduktion der Punktwolke auf die Scanposition (Position muss bekannt sein)
2. Umwandeln der Punkte in sphärische Koordinaten
3. Auffüllen des Scanpanoramas über phi und theta

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\theta = \arccos \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \arccos \frac{z}{r} = \operatorname{arccot} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$\varphi = \operatorname{atan2}(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & , \text{ wenn } x > 0, \\ \frac{\pi}{2} \operatorname{sgn} y & , \text{ wenn } x = 0, \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & , \text{ wenn } x < 0 \wedge y \geq 0, \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & , \text{ wenn } x < 0 \wedge y < 0. \end{cases}$$

# TLS - statischer voll Scan - Rückprojiziert

360° Spalten



180° Zeilen



# TLS - statischer voll Scan - Rückprojiziert

360° Spalten



180° Zeilen



**Ist LAS strukturiert oder unstrukturiert?**



Ist LAS strukturiert oder unstrukturiert?

-> **Unstrukturiert**



**Ist LAZ strukturiert oder unstrukturiert?**



Ist LAZ strukturiert oder unstrukturiert?

**-> Unstrukturiert**

## Unterschied zwischen LAS und LAZ?

- Kompression

	LAS - unkomprimiert	LAZ - komprimiert
Dateigröße	52.2 GigaByte	5.2 GigaByte
Größenunterschied	LAZ ist ca. ~10% der Größe von LAS Abhängig von den Punktwolken Daten	



**Ist PTG strukturiert oder unstrukturiert?**



Ist PTG strukturiert oder unstrukturiert?

**-> Strukturiert**





**Ist E57 strukturiert oder unstrukturiert?**



Ist E57 strukturiert oder unstrukturiert?

**-> strukturiert & unstrukturiert**



**Ist RCP/RCS strukturiert oder unstrukturiert?**



Ist RCP/RCS strukturiert oder unstrukturiert?

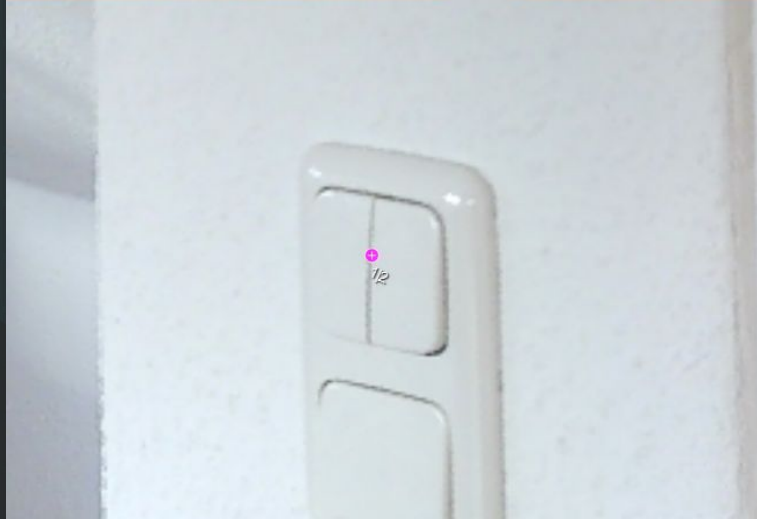
**-> strukturiert & unstrukturiert**

## strukturiert

- + Korrelierte Nachbarn (Gute Kompression mgl)
- Benötigt zusätzliche Daten (index)
- Nicht valide Punkte müssen gespeichert werden
- Duplizierte Punkte -> Identisch in unterschiedlichen Scan Positionen werden doppelt gespeichert

## unstrukturiert

- + "Gleiche" Punkte können gelöscht werden
- + Nicht valide Punkte werden ignoriert



	Strukturierte Punktwolken	Unstrukturierte Punktwolken
Eine statische Scan Position PTX vs XYZ	480 MB (lokaler Ursprung)	512 MB (global)
Komplettes Projekt (41 Scan Positionen) PTX vs XYZ	31.7 GB (invalide Punkte werden mit einbezogen)	23.7 GB
Eine statische Scan Position RCP	310 MB (Index Daten und viewer Daten)	177 MB (Nur Viewer Daten)

**strukturiert**

- + Menschen interpretierbare, ansehbare Panoramen - Ausdruckbar
- + Räumliche Nachbarn (in indizes) nutzbar für Berechnungen (zB. Normalenrichtungen)
- + Bildverarbeitungsalgorithmen können per TLS Scan angebracht werden

**unstrukturiert**

- Nur 3D Ansicht mit Überschattung der Daten
- Suchbaum (KdTree/OcTree) für Nachbarschaftssuche könnte nötig sein - hohe Berechnungszeit





Format	Unstrukturiert	Strukturiert	Projekt Format	Vendor
*.LAS	X			
*.LAZ	X			
*.XYZ, *.PTS	X			
*.PTG, *.PCD		X		
*.PTX		X		
*.E57	X	X		



Format	Unstrukturiert	Strukturiert	Projekt Format	Vendor
*.FLS		X	LSPRJ	FARO
*.ZFS		X	ZFPRJ	Z+F
*.RXP, *.RDBX		X	RSP	Riegl
*.MPC, *.MVX	X	(X)		Mantis
*.DP	X	(X)		dotProduct
*.LGS	X	X		Leica
*.RCS	X	X	RCP	AutoDesk
*.LSD	X	X	LSDX	PointCab
*.TZF	X	X	RWP	Trimble

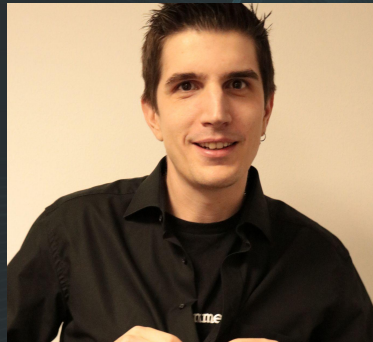


## **Punktwolken Diskussion im Laserscanning Forum (in english)**

<https://laserscanningforum.com/forum/viewtopic.php?f=69&t=17770>

- In der Regel nehmen statische (terrestrische) Scanner strukturierte Punktwolken auf, während mobile Scanner unstrukturierte Punktwolken produzieren
- Es handelt sich eigentlich nur um die Speicheranordnung
- Strukturierte Punktwolken enthalten mehr Informationen
- Konvertierung Strukturierte -> Unstrukturierte Punktwolken ohne Probleme möglich
- Unstrukturiert -> Strukturiert, mit Extra Informationen verlustbehaftet möglich
- Unstrukturierte Daten sind bei gleicher Kompression in der Regel kleiner

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**  
Fragen?



**Martin Graner**

[martin.graner@pointcab-software.com](mailto:martin.graner@pointcab-software.com)



**PointCab GmbH**

[info@pointcab-software.com](mailto:info@pointcab-software.com)  
+49(0)71539295930