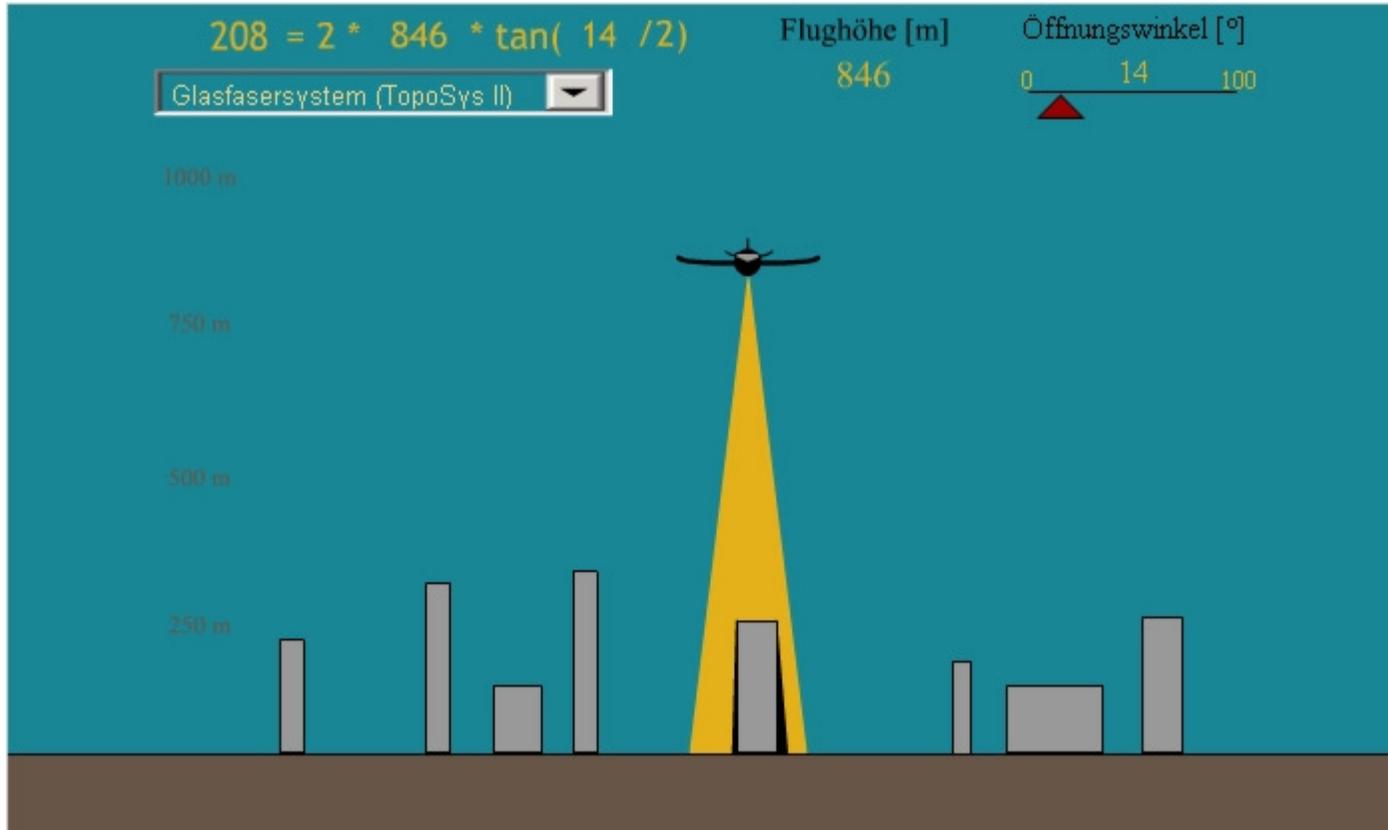


# Laserscanning Sensorik



# Laserscanning **Sensorik**

1. Definition Laser
2. Plattformen
3. Meßprinzip
4. Verschiedene Laserscanning-Systeme
5. Vergleich der Systeme



# Laserscanning **Sensorik**

## 1. Definition Laser

**Laser:** Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

(„Lichtverstärkung durch angeregte Strahlungsemission“)

Laser erzeugen kohärente, monochromatische Lichtstrahlen.  
[nach Brockhaus, 2000]



# Laserscanning **Sensorik**

## 1. Definition Laser

### **kohärent:**

Licht ist kohärent, wenn sich alle seine Wellen bzw. Photonen phasengleich ausbreiten.

- extrem hohe Intensität
- äußerst geringe Strahlaufspaltung
- hohe Frequenzschärfe

### **monochromatisch (griech.: einfarbig):**

hier: Licht mit einem sehr schmalen Frequenzbereich



# Laserscanning **Sensorik**

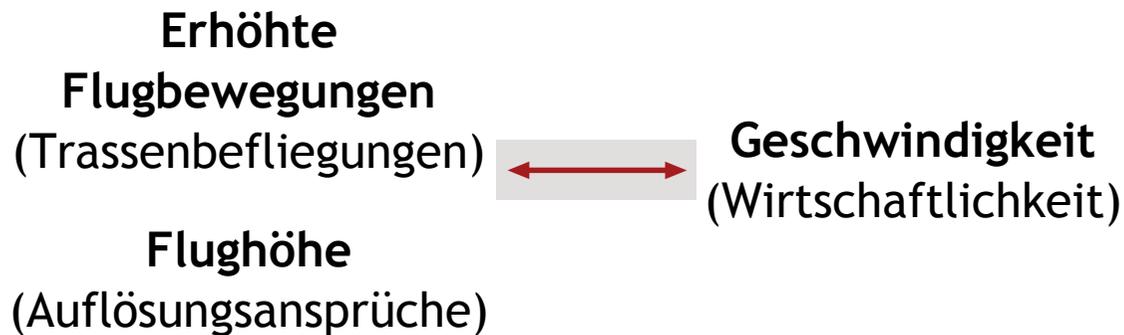
## 2. Plattformen

Beim Laserscanning stehen zwei Flug-Plattformen zur Verfügung:

2.1 Hubschrauber

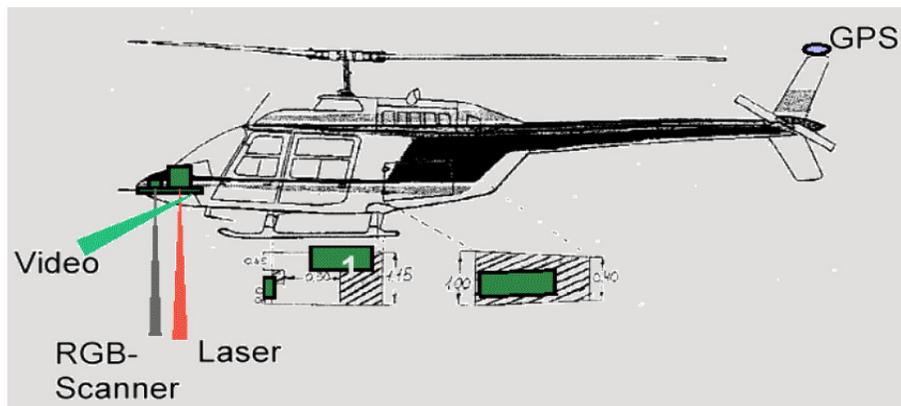
2.2 Flugzeug

**Auswahl der Plattform abhängig von der Aufgabenstellung**



# Laserscanning Sensorik

## 2.1 Hubschrauber - Plattform



- ermöglicht schnelle Höhen- und Richtungsänderungen
- höhere Auflösung (d. h. mehr Bodenpunkte pro  $m^2$ ) durch niedrigere Flughöhe und geringere Fluggeschwindigkeit als Flugzeug
- Aufnahme von kleinen Gebieten bei denen hohe Auflösung und Beweglichkeit des Systems erforderlich ist.  
z. B. Bahnlinienverfolgung



# Laserscanning **Sensorik**

## 2.2 Flugzeug-Plattform

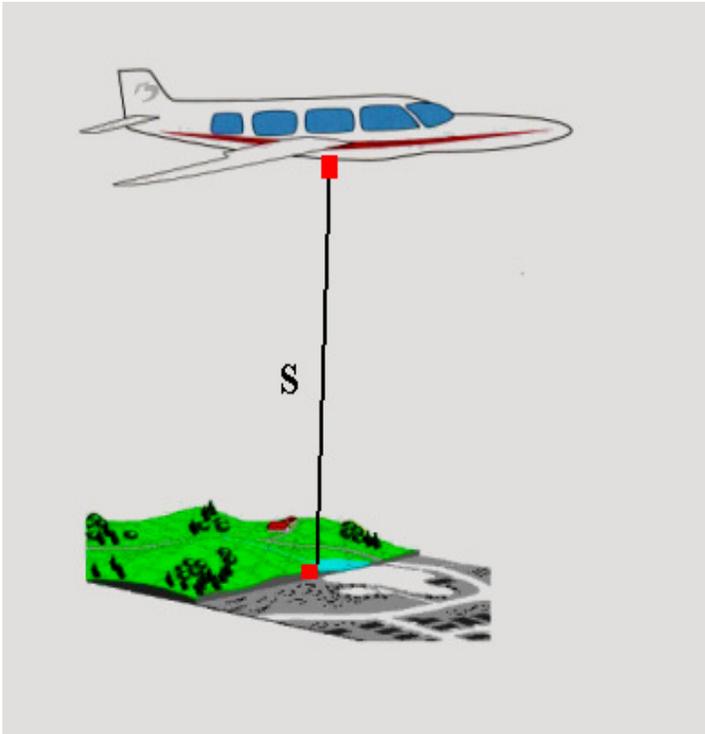


- höhere Geschwindigkeit und höhere Flughöhe ermöglichen größeres Abtast - Gebiet
- weniger Flugbewegungen, die durch GPS/INS (Kap. 2.3, 2.4) erfasst werden müssen
- wirtschaftlichere Aufnahme als mit Hubschrauber-Plattform auch größerer Gebiete z. B. topographische Aufnahme (DOM, DHM)



# Laserscanning Sensorik

## 3. Meßprinzipien



Es gibt 2 verschiedene Meßprinzipien:

**3.1 gepulste Laser**

**3.2 CW - Modulation (continious wave:  
„stehende Welle“)**



# Laserscanning **Sensorik**

## 3.1 Gepulste Laser

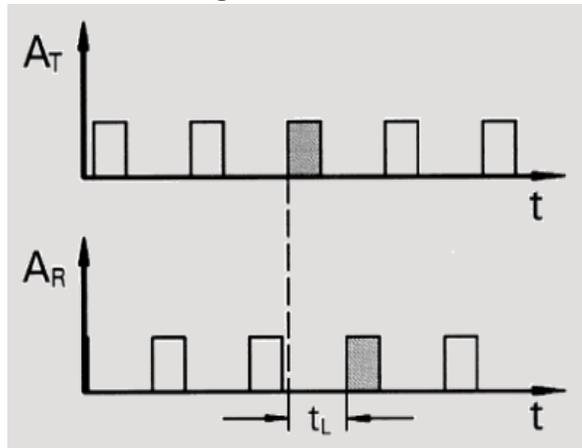
$$s = 0.5 \cdot c \cdot t_L$$

S : Entfernung Sensor / Reflektionspunkt am Boden

C : Lichtgeschwindigkeit

$t_L$  : Laufzeit des Laserpulses

Ermittlung der Laufzeit



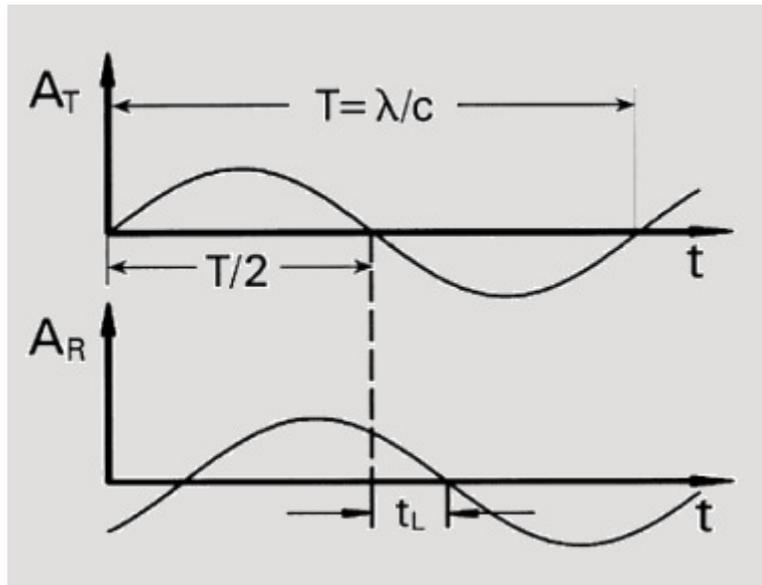
[Wehr & Lohr, 1999]



# Laserscanning Sensorik

## 3.2 CW - Laser

Aus der Phasendifferenz ermittelte Laufzeit



[Wehr & Lohr, 1999]

$$t_L = \Phi \cdot T / 2\pi + n \cdot T$$

$$s = 0.5 \cdot c \cdot t_L$$

$\Phi$  : Phasendifferenz

$T$  : „Schwingungsdauer“:  $\lambda / c$

$t_L$  : Laufzeit des Laserimpulses

$s$  : Entfernung Sensor /  
Reflektionspunkt am Boden

$c$  : Lichtgeschwindigkeit

$n$  : Anzahl der vollständig durchlaufenen  
Wellenlängen



# Laserscanning **Sensorik**

## 4. Verschiedene Laserscanning - Systeme

Im folgenden werden drei Systemtypen vorgestellt:

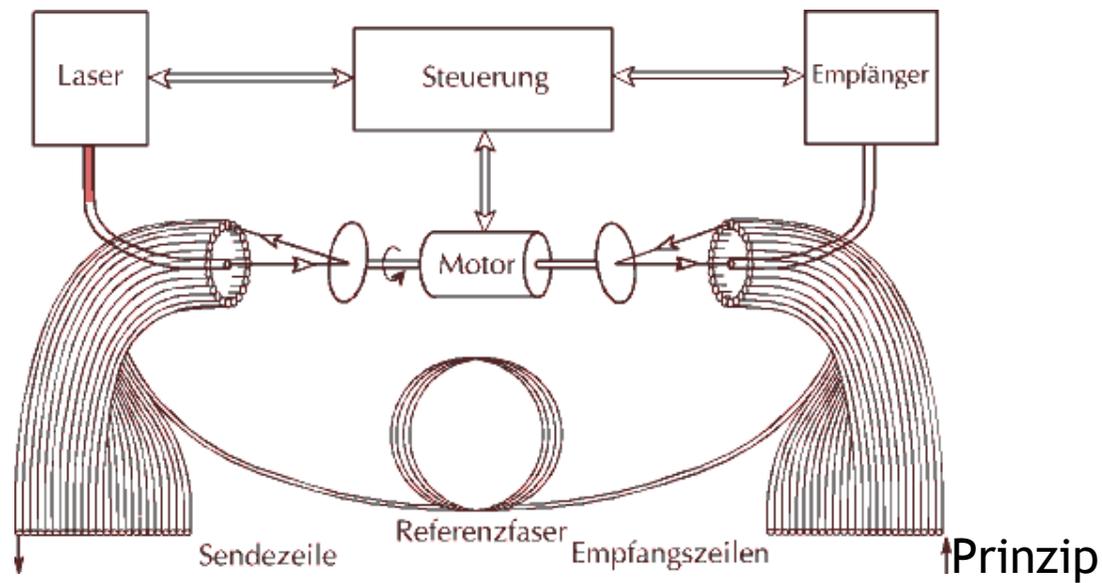
- **rotierender Spiegel und Glasfaser - System (TopoSys II, TopoSys)**
- **oszillierender Spiegel (ALTM, Optech)**
- **nutierender Spiegel (ScaLARS, Universität Stuttgart)**



# Laserscanning Sensorik

## 4.1 Abtastprinzip der Systeme

### 4.1.1 Rotierender Spiegel und Glasfaser-System (TopoSys)



des TopoSys-Sensors

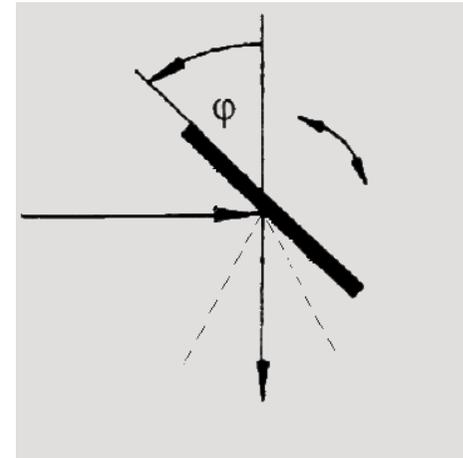


# Laserscanning **Sensorik**

## 4.1 Abtastprinzip der Systeme

### 4.1.1 Oszillierender Spiegel

(ALTM, Optech)



Der oszillierende Spiegel lenkt den Laserstrahl quer zur Flugrichtung ab. Der Spiegel wird mit einer Frequenz von bis zu 30 Hz bewegt.

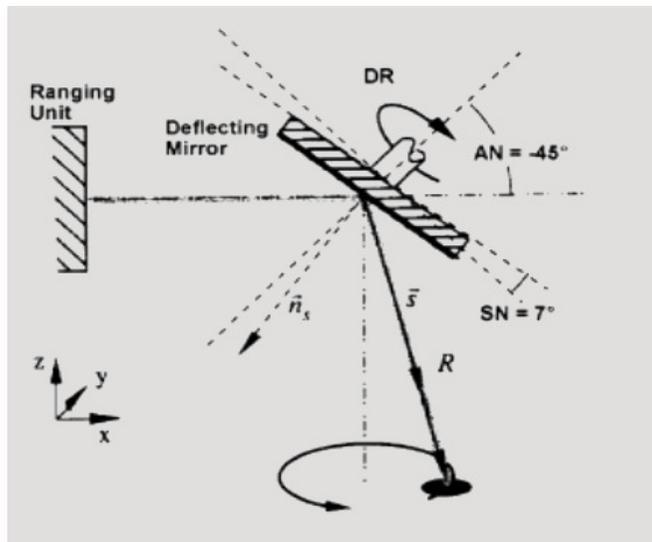


# Laserscanning Sensorik

## 4.1 Abtastprinzip der Systeme

### 4.1.2 Nuttierender Spiegel

(ScaLars, Uni Stuttgart)



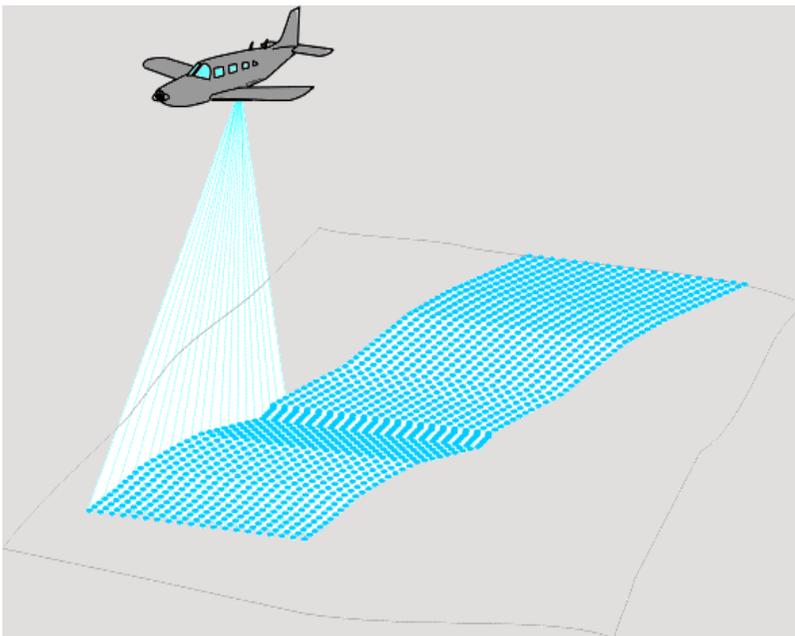
Das Signal (continuous wave) wird vom Sensor abgestrahlt und durch den sich bewegenden Spiegel in Form eines Kegelmantels so abgelenkt, dass am Boden eine kreisförmige Abtastung realisiert wird. Dabei wird der Spiegel sowohl gekippt, als auch gedreht (s. Prinzipskizze). Durch die Flugbewegung und/oder Spiegelneigung wird die kreisförmige Abtastung zu einer elliptischen Abtastung gestreckt.



# Laserscanning **Sensorik**

## 4.2 Abtastmuster der Systeme

### Glasfasersystem (TopoSys II)



## Systemeigenschaften

(h: Flughöhe)

Lasermesssystem: gepulst

Scan-Winkel (°): 14

Abtastbreite (m):  $0.25 \cdot h$

Footprint (m): 0.3 (h:600 m)

Fluggeschwindigkeit (km/h): 250

Abtastgebiet (km<sup>2</sup>/h): 3 - 20

Entfernungsgenauigkeit (cm): 1

Lagegenauigkeit (m):  $< 0.5 \text{ ‰} \cdot h$

Sensorgroße (cm): 47x53x53

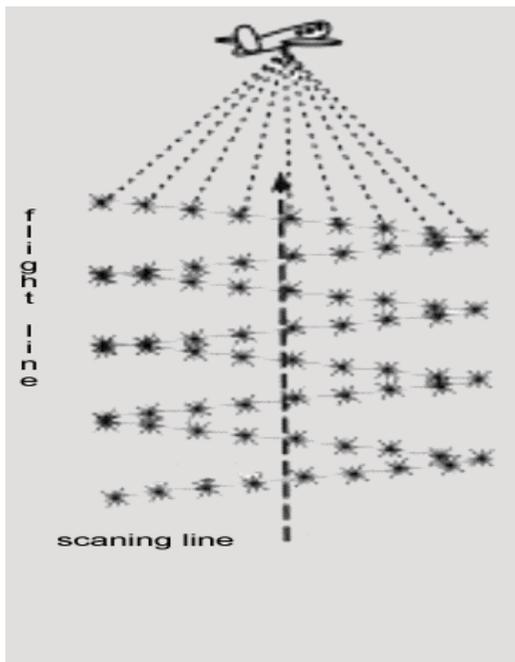
Sensorgewicht (kg): 28



# Laserscanning **Sensorik**

## 4.2 Abtastmuster der Systeme

### Oszillierender Spiegel (ALTM 1025)



## Systemeigenschaften

(h: Flughöhe)

Lasermesssystem: gepulst

Scan-Winkel (°): 0 - 40

Abtastbreite (m): 0 - 0.7 \* h

Footprint (m): 0.3 (h:1000 m)

Fluggeschwindigkeit (km/h): 150

Abtastgebiet (km<sup>2</sup>/h): 1.5 - 14.5

Entfernungsgenauigkeit (cm): 2

Lagegenauigkeit (m): < 0.5 (h:500m)

Sensorgroße (cm): 30x35x40

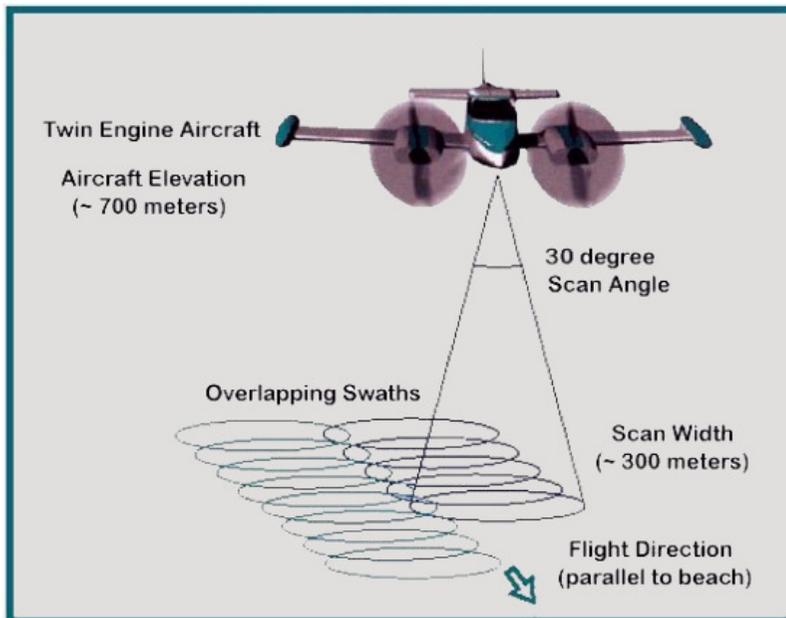
Sensorgewicht (kg): 23



# Laserscanning **Sensorik**

## 4.2 Abtastmuster der Systeme

### Nutrierender Spiegel (ScaLARS)



## Systemeigenschaften

(h: Flughöhe)

Lasermesssystem: CW-Modul

Scan-Winkel (°): 27.2 u. 38

Abtastbreite (m): 0.48 u. 0.69 \* h

Footprint (m): 1.4 (700 m)

Fluggeschwindigkeit (km/h): 270

Abtastgebiet (km<sup>2</sup>/h): 80

Entfernungsgenauigkeit (cm): 10

Lagegenauigkeit (m): 1 (700m h)

Sensorgroße (cm): 50x50x85

Sensorgewicht (kg): 56



# Laserscanning **Sensorik**

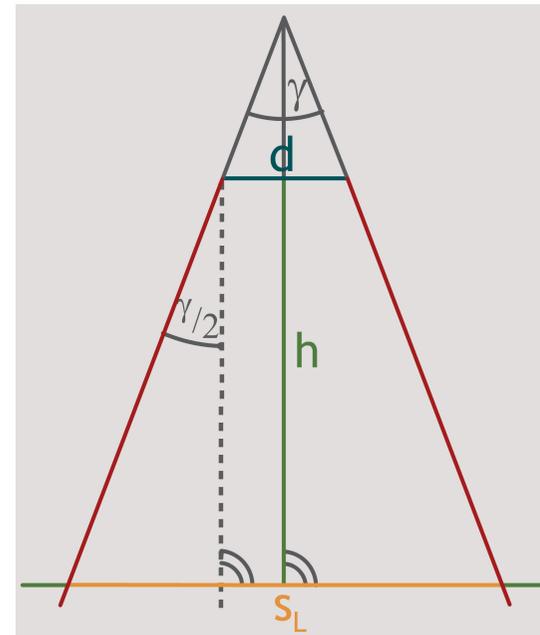
## 5. Zusammenhang zwischen Flughöhe, Öffnungswinkel und Streifenbreite

Die verschiedenen Scansysteme haben unterschiedliche Öffnungswinkel.

Dieser Winkel definiert zusammen mit der Flughöhe die Streifenbreite am Boden:

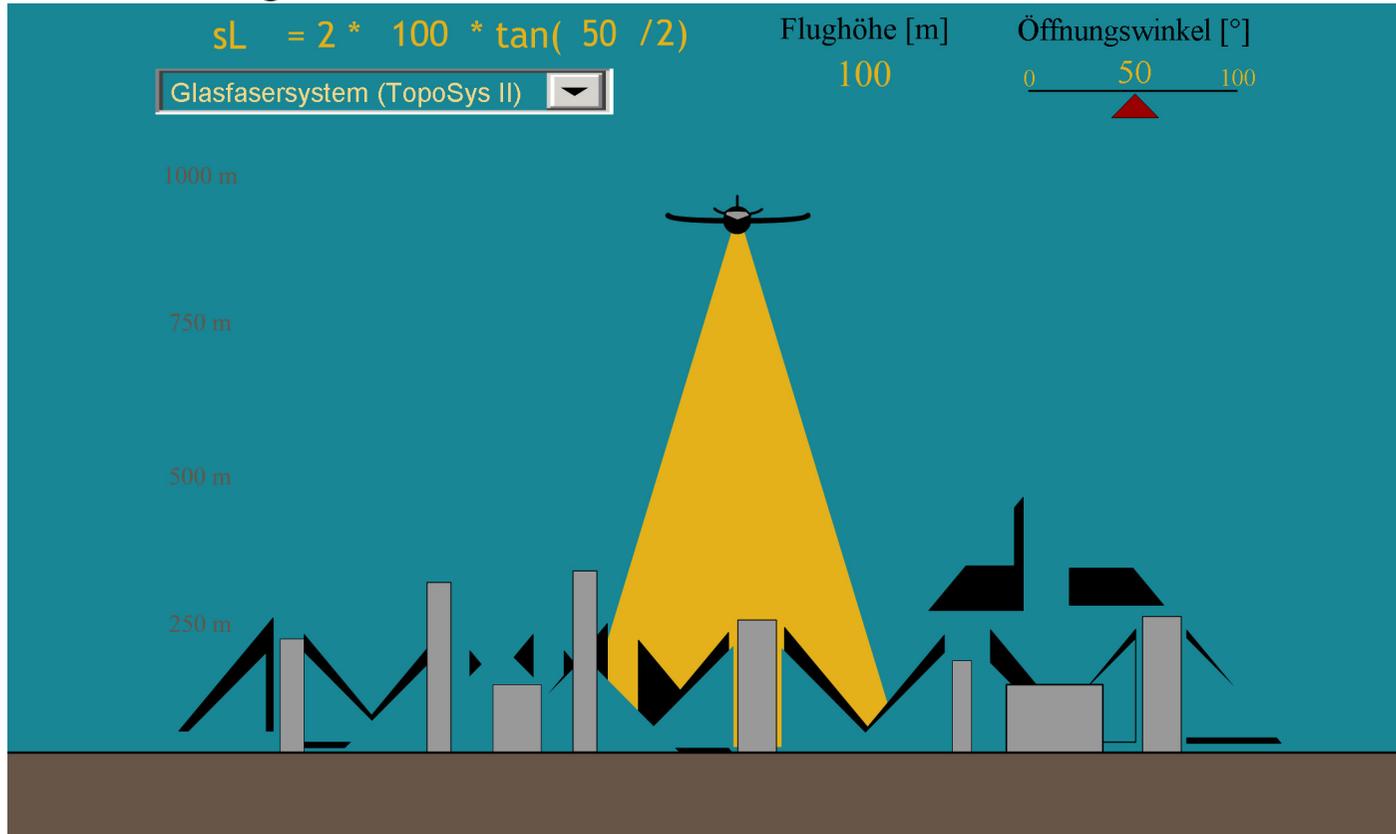
$$s_L = d + 2 \cdot h \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

- $s_L$  Streifenbreite, d.h. beleuchteter Bereich am Boden
- $d$  Breite des aussendenden Scanelements (z.B. Scanzeile)
- $h$  Flughöhe
- $\gamma$  Öffnungswinkel des Systems



# Laserscanning Sensorik

## Abschattung



# Laserscanning **Sensorik**

## Literatur

- Baltsavias, E. P., 1999: Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources. In: ISPRS Journal of Photogrammetrie & Remote Sensing. 54, März 1999, S. 164-198.
- Baltsavias, E. P., 1999: Airborne laser scanning: basic relations and formulas. In: ISPRS Journal of Photogrammetrie Remote Sensing. 54, März 1999, S. 199-214.
- Brockhaus, F.A., 2000: Der Brockhaus in einem Band. 9., neu bearbeitete Auflage. Und online im Internet: URL: <http://www.iicm.edu/meyers> [Stand: 18.02.2002].
- Lindenberger, J., 1993: Laser - Profilmessungen zur topographischen Geländeaufnahme. In: Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 400, München 1993.



## Laserscanning **Sensorik**

- Lohr, U. und M. Eibert, 1995: The TopoSys Laser Scanner-System. In: Photogrammetrische Woche 1995, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 1995, S. 263-267.
- Lohr, U. und J. Schaller, 1992: Trassenbefliegungen mit dem TopoSys Laserscanner. In: Fritsch (ed.) GIS ..., 2/1992, S. 3-5.
- Optech: Laser-based ranging, mapping and detection systems. Online im Internet: URL: <http://www.optech.on.ca/> [Stand:18.02.2002]



## Laserscanning **Sensorik**

- Steinle, E. und H.-P. Bähr, 1999: Laserscanning for change detection in urban environment. In: Altan/Gründig (eds.), Third Turkish-German Joint Geodetic Days „Towards A Digital Age“, Volume I, S. 147 - 156, Istanbul, Türkei. Und online im Internet: URL: <http://ipfu1.bau-verm.uni-Karlsruhe.de/Personen/SFB461/c5/publications/pubs.html> [Stand: 18.02.2002].
- Wehr, A. und U. Lohr, 1999: Airborne laser scanning - an introduction and overview. In: ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. 54, März 1999, S. 68-82.



