VL 9: Lucas-Kanade

Optical Flow Tracking

Tracking

- Objektverfolgung, zwischen konsekutiven Frames
- oft mit einer Schätzung der Objektposition (zumindest alte Position)
- Detektion vs. Tracking

Classification of Tracking Methods

- Target Representation
  - Centroid, Bounding box, Skeletons, Silhouettes
- Appearance Model
  - Template image, Histograms (color, gradients, …), Filter banks
- Motion Model
  - Rigid, similarity, affine, perspective transform
- (Dis-)Similarity Measures
  - SSD, Correlation
- Search Strategy
  - Exhaustive, Gradient, Stochastic

Optical Flow

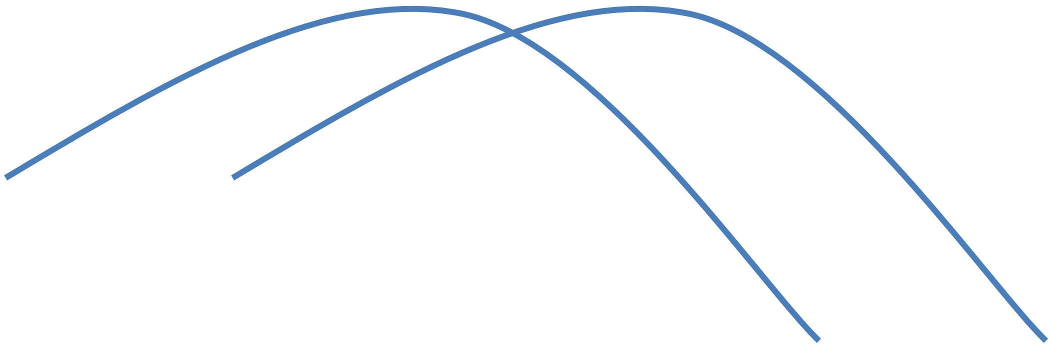
- Spezialfall des Trackings
- Punktfeatures werden getrackt
- „dense“ und „sparse“ optical flow

Optical Flow

- Sparse optical flow
  - in Verbindung mit interest points (Harris Corners, Shi-Tomasi, SIFT, SURF, etc…)

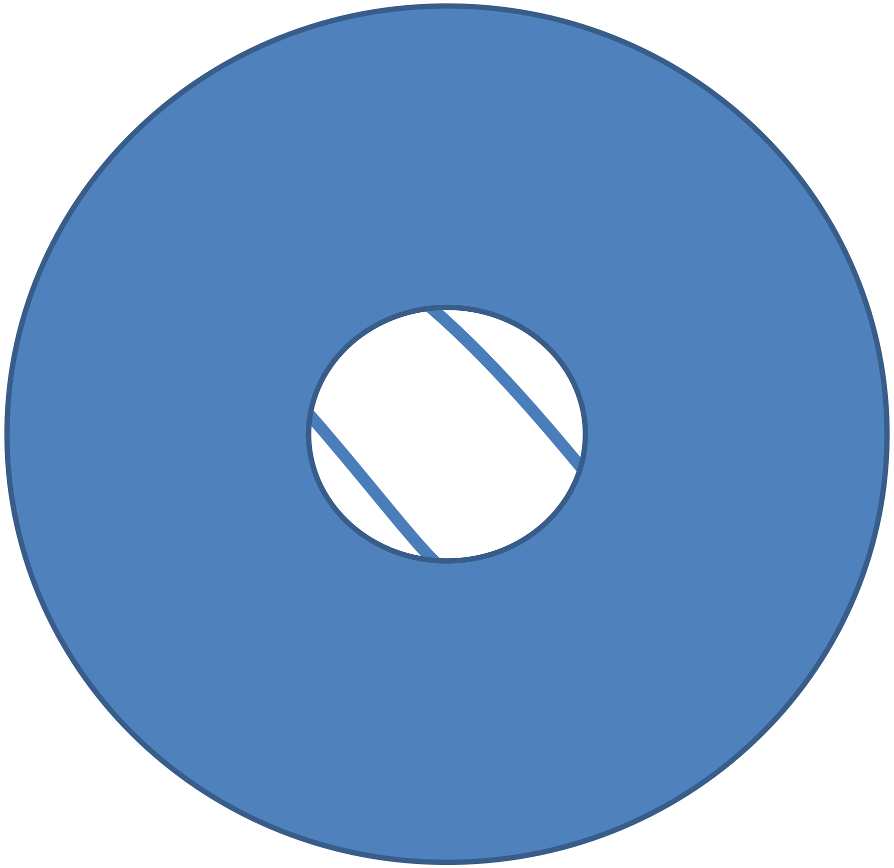
Optical Flow

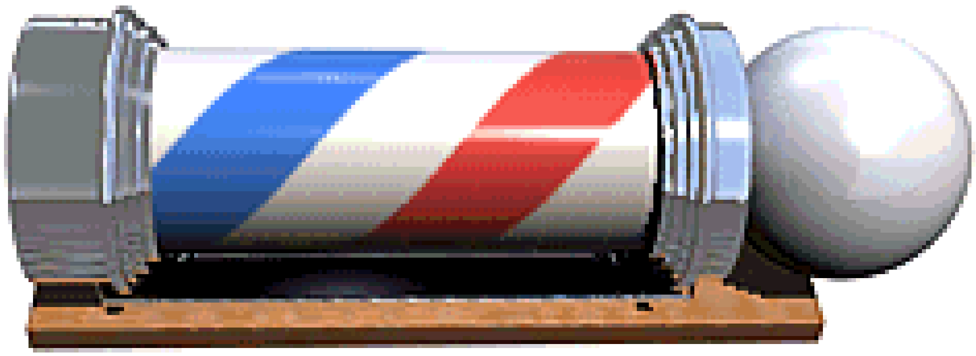
- Ill posed! „Aperture Problem“!



Optical Flow

- Ill posed! Aperture Problem





„Lucas-Kanade“

- Lucas, Kanade (1981): “An iterative image registration technique with an application to stereo vision”

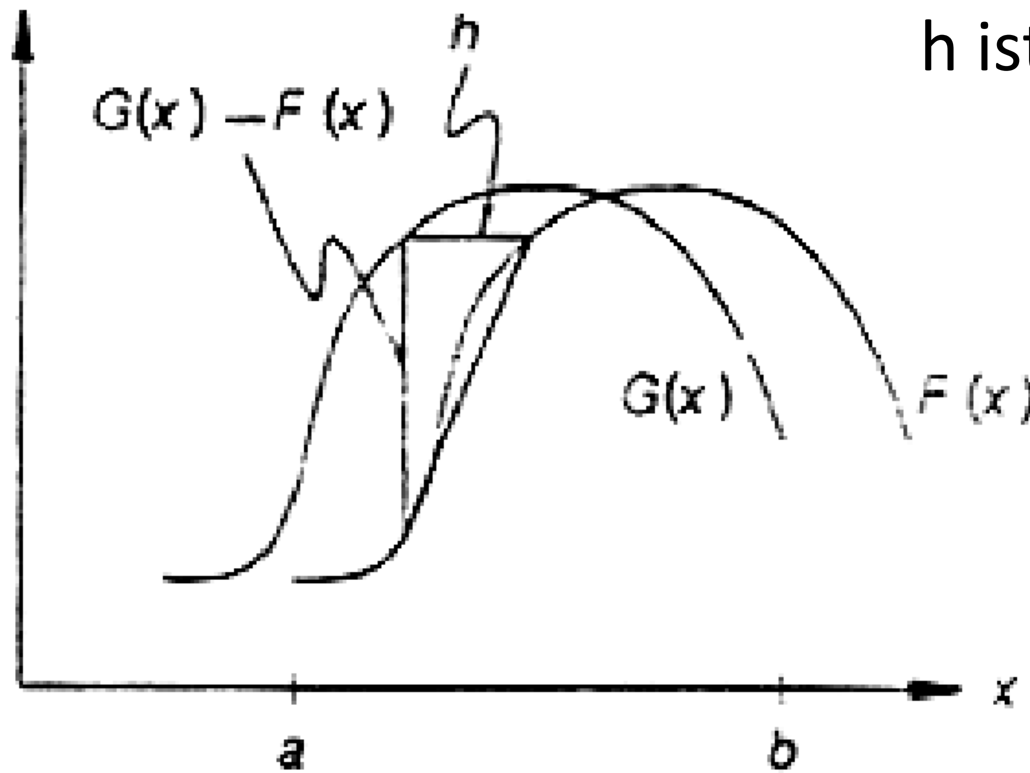
- Shi, Tomasi (1994): „Good features to track”

- Bouguet (2001): „Pyramidal implementation of the affine lucas kanade feature tracker description of the algorithm”

- Baker, Matthews (2004): “Lucas-Kanade 20 Years On: A Unifying Framework”

1D-Tracking

G(x) = F(x+h)
h ist der Versatz



$$F'(x) \approx \frac{F(x+h) - F(x)}{h}$$

$$= \frac{G(x) - F(x)}{h},$$

$$h \approx \frac{G(x) - F(x)}{F'(x)}$$

Der Versatz ist proportional zur Änderung der Helligkeit - (abhängig vom Anstieg)

$$h \approx \sum_x \frac{G(x) - F(x)}{F'(x)} / \sum_x 1.$$

Stabiler:
h in einer kleinen Region mitteln

$$F''(x) \approx \frac{G'(x) - F'(x)}{h}.$$

Approximation der zweiten Ableitung

$$w(x) = \frac{1}{|G'(x) - F'(x)|}.$$

Zweite Ableitung als Gewichtung
(große Krümmung -> wenig Vertrauen in die Vorhersage von h)
Übrigens: das h im Nenner sparen wir uns, weil …

$$h \approx \sum_x \frac{w(x)[G(x) - F(x)]}{F'(x)} / \sum_x w(x) \cdot$$

Wir normieren unsere Schätzung über alle Gewichtungen

$$h_0 = 0,$$

$$h_{k+1} = h_k + \sum_x \frac{w(x)[G(x) - F(x + h_k)]}{F'(x + h_k)} / \sum_x w(x) \cdot$$

h wird iterativ verbessert, bis 1) k(l)eine Änderung oder 2) keine Lust

$$h \approx \sum_x \frac{w(x)[G(x) - F(x)]}{F'(x)} / \sum_x w(x) \cdot$$

Wir normieren unsere Schätzung über alle Gewichtungen

$$h_0 = 0,$$

$$h_{k+1} = h_k + \sum_x \frac{w(x)[G(x) - F(x + h_k)]}{F'(x + h_k)} / \sum_x w(x) \cdot$$

h wird iterativ verbessert, bis 1) k(l)eine Änderung oder 2) keine Lust

Alternative Formulierung

$$F(x+h) \approx F(x) + hF'(x)$$

Taylor Approximation (first term only)

$$0 = \frac{\partial E}{\partial h}$$

$$\approx \frac{\partial}{\partial h} \sum_x [F(x) + hF'(x) - G(x)]^2$$

$$\sum_x 2F'(x)[F(x) + hF'(x) - G(x)]$$

$$h \approx \frac{\sum_x F'(x)[G(x) - F(x)]}{\sum_x F'(x)^2}.$$

Nur nicht definiert, wenn im gesamten Fenster F‘ = 0 ist

Mit Gewichtung:

$h_0 = 0,$

$$h_{k+1} = h_k + \frac{\sum_x w(x) F'(x + h_k)[G(x) - F(x + h_k)]}{\sum_x w(x) F'(x + h_k)^2}$$

Generalisierung zu N-D

$$E = \sum_{x \varepsilon R} [F(x+h) - G(x)]^2$$

SSD

$$F(x+h) \approx F(x) + h\frac{\partial}{\partial x}F(x)$$

Taylor

Generalisierung zu N-D

$$E = \sum_{x \varepsilon R} [F(x+h) - G(x)]^2$$

SSD

$$F(x+h) \approx F(x) + h \frac{\partial}{\partial x} F(x)$$

Taylor

Zeilenvektor

Gradientenoperator
(ergibt Spaltenvektor)

$$\frac{\partial}{\partial x} = [\frac{\partial}{\partial x_1} \frac{\partial}{\partial x_2} \cdots \frac{\partial}{\partial x_n}]^T$$

$$
\begin{aligned}
0 &= \frac{\partial}{\partial h} E \\
&\approx \frac{\partial}{\partial h} \sum_x \left[F(x) + h \frac{\partial F}{\partial x} - G(x)\right]^2 \\
&= \sum_x 2 \frac{\partial F}{\partial x} \left[F(x) + h \frac{\partial F}{\partial x} - G(x)\right]
\end{aligned}
$$

$$
h = \left[\sum_x \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^T [G(x) - F(x)]\right] \left[\sum_x \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^T \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)\right]^{-1}
$$

Trick-17e

- Gewichtung, wie im 1-D Fall
- Glättung! (was passiert sonst?)
- Pyramiden! (siehe Bouguet)

Motion Models