Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik
School of Engineering and Design
Technische Universität München

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp

Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	**01 Einführung** 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	**01 Übung Einführung** 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	**02 Sensorik / Wahrnehmung I** 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	**02 Sensorik / Wahrnehmung I** 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	**03 Sensorik / Wahrnehmung II** 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	**03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II** 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	**04 Sensorik / Wahrnehmung III** 19.05.2022 – Schimpe	**04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III** 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Winkler	**05 Funktionslogik / Regelung** 02.06.2022 – Winkler	**05 Funktionslogik / Regelung** 02.06.2022 – Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Winkler	**06 Funktionale Systemarchitektur** 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	**06 Aktorik** 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	**07 Deep Learning** 23.06.2022 – Majstorovic	**07 Übung Deep Learning** 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	**08 MMI** 30.06.2022 – Prof. Bengler	**08 MMI Übung** 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	**09 Controllability** 07.07.2022 – Prof. Bengler	**09 Übung Controllability** 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	**10 Entwicklungsprozess** 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	**10 Übung Entwicklungsprozess** 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Feig	**11 Analyse und Bewertung FAS** 21.07.2022 – Feig	**11 Übung Analyse und Bewertung FAS** 21.07.2022 – Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	**12 Aktuelle und künftige Systeme** 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	**12 Aktuelle und künftige Systeme** 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Kantenerkennung in Bildern
Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen
   1.1 Kanten
   1.2 Faltung
2. Operatoren
   2.1 Sobel-Operator
   2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben

Was soll hängen bleiben?

- Warum sind Kanten für FAS wichtig?
- Wie funktioniert die diskrete Faltung?
- Wie werden einfache Filtermasken für die Kantendetektion hergeleitet?
- Wie funktioniert die Anwendung?

Übung Kantenerkennung in Bildern
Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. **Grundlagen**
   - **1.1 Kanten**
   - 1.2 Faltung
2. Operatoren
   - 2.1 Sobel-Operator
   - 2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben

Bildvorbereitung

- Annahme: eigentliches Bild ist stetige Funktion (=> Herleitung)

→ Kennen nur Werte auf diskretem Gitter

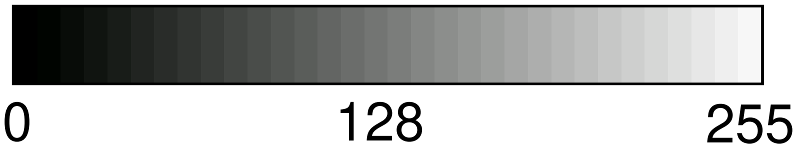
→ Werte des Gitters → Matrix

- Verwendung nur eines Kanals (z.B. Helligkeit)

  (Bild ist Funktion $f : \mathbb{R}^2 \longrightarrow \mathbb{R}$)

75	63	102	206	169
71	66	136	205	169
70	71	177	199	159
72	79	190	188	159
64	91	208	185	149

Helligkeitsdarstellung mit 8 bit



Warum Kanten?

- Stellen mit abrupter Helligkeitsänderung
- Optisch prägnante Bildmerkmale
- Ermöglichen Umrisse von Menschen, Objekten etc. wahrzunehmen
- Spielen wichtige Rolle beim menschlichen Sehen
- Gehören zu den wichtigsten Bildinformationen (Extremfall: selbst Strichzeichnungen genügen, um Personen, Objekte usw. zu erkennen)

Eigenschaften von Kanten

- Lokal starke Intensitätsänderung entlang ausgeprägter Richtung
- Betrachtung der Ableitung der Bildfunktion
- Kanten → lokale Maxima der Ableitung

Kante

0	10

$f'(x) = 10$

Keine Kante

10	10

$f'(x) = 0$

Anforderungen an Kantenfilter

Verschiebungsfreiheit:

→Kantendetektion invariant unter Verschiebungen

Isotropie (Invarianz unter Bilddrehungen):

→ Intensität/Erkennungsgüte nicht von Kantenrichtung abhängig

→ Bilddrehung ändert Kantenintensitäten nicht

(Schwachpunkt fast aller klassischen Kantendetektionsverfahren)

Übung Kantenerkennung in Bildern
Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. **Grundlagen**
   - 1.1 Kanten
   - **1.2 Faltung**
2. Operatoren
   - 2.1 Sobel-Operator
   - 2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben

Lineare Filter

Prinzip:

- Lineare Verknüpfung von Pixeln in kleinen Nachbarschaften

Vorgehen:

- Jedes Pixel sowie alle Pixel in einer gewissen Nachbarschaft werden mit einem Koeffizienten gewichtet und dann aufsummiert

- Dies ergibt den Wert des Elements an dieser Stelle

Faltung

- Lineare Filter lassen sich als Matrizen darstellen
- Anwendung mittels *diskreter Faltung* mit der Bildmatrix

Definition:

Sei $\mathbf{I}(x, y)$ die Bildmatrix und $\mathbf{H}(x, y)$ die Faltungsmatrix an der Stelle (x, y). Dann ist die diskrete Faltung $\mathbf{I} * \mathbf{H}$ definiert als

$$(\mathbf{I} * \mathbf{H})(x, y) := \sum_{i=-n}^{n} \sum_{j=-n}^{n} \mathbf{I}(x+i, y+j)\mathbf{H}(n+i, n+j)$$

wobei $\mathbf{H} \in \mathbb{R}^{(2n+1)\mathrm{x}(2n+1)}$

Beispiel: Faltung

Bildmatrix $\mathbf{I}$:

3	0	1	2	7	4
1	5	8	9	3	1
2	7	2	5	1	3
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

$*$

Maske $\mathbf{H}$:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Beispiel: Faltung

3	0	1	2	7	4
1	5	8	9	3	1
2	7	2	5	1	3
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

*

1	2	3
4	5	6
7	8	9

=

Beispiel: Faltung

$$3 * 1 + 0 * 2 + 1 * 3$$

$$+1 * 4 + 5 * 5 + 8 * 6$$

$$+2 * 7 + 7 * 8 + 2 * 9$$

$$= 171$$

Beispiel: Faltung

3	0	1	2	7	4
1	5	8	9	3	1
2	7	2	5	1	3
0	1	3	1	7	8
4	2	1	6	2	8
2	4	5	2	3	9

*

1	2	3
4	5	6
7	8	9

=

Herleitung: Kante → Filtermaske

- Umwandlung der Ableitung in einfache Matrixoperation durch diskrete zentrale Differenzen:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{-f(x-1,y) + f(x+1,y)}{2}$$

→ Abbildung der diskreten Differenz durch Faltung:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \end{bmatrix}$$

- Um Rauschen zu verringern, werden 3x3 Matrizen verwendet
(hier: Prewitt-Operator in x-Richtung zur Detektion vertikaler Kanten):

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0

*

Prewitt-Operator (vertikal):

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0

*

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

=

0	-30	-30	0
0	-30	-30	0
0	-30	-30	0
0	-30	-30	0

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10

$*$

Prewitt-Operator
(vertikal):

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10

*

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

=

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Übung Kantenerkennung in Bildern
Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen
   1.1 Kanten
   1.2 Faltung
2. **Operatoren**
   2.1 **Sobel-Operator**
   2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben

Sobel-Operator

- Entspricht der 1. Ableitung
- Errechnet vertikale und horizontale Kanten separat
- Stärkere Gewichtung der Zentralen Matrixspalte (vgl. Prewitt)

Bild: Sobel-Operator in y-Richtung
→Detektion horizontaler Kanten

Herleitung: Sobel-Operator

- Umwandlung der Ableitung in einfache Matrixoperation durch diskrete zentrale Differenzen:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{-f(x-1,y)+f(x+1,y)}{2}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \end{bmatrix}$$

- Jetzt: Verdopplung der mittleren Matrixspalte:

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

- Vorteil gegenüber Prewitt-Operator:
  → bessere Isotropie

Sobel-Operator

Sobel-Operator S_x in x zur Detektion von vertikalen Kanten

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Sobel-Operator S_y in y zur Detektion von horizontalen Kanten

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Tausch der Vorzeichen beeinflusst Funktionsweise nicht

Übung Kantenerkennung in Bildern
Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen
   1.1 Kanten
   1.2 Faltung
2. **Operatoren**
   2.1 Sobel-Operator
   2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben

Laplace-Filter

- Entspricht der zweiten Ableitung
- Benötigt nur einen Rechenschritt → Weniger Rechenzeit
- Rauschempfindlich

Herleitung über Laplace-Operator

- Laplace Operator: $\Delta f = div(grad\ f)\ oder\ \nabla^2 f$

→ $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \approx \frac{\partial(f(x+1,y)-f(x,y))}{\partial x}$

$\approx f(x+1,y) - 2f(x,y) + f(x-1,y)$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

→ Zur Detektion von vertikalen und horizontalen Kanten

Herleitung 45°-Laplace-Filter

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Übung Kantenerkennung in Bildern
Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen
   1.1 Kanten
   1.2 Faltung
2. Operatoren
   2.1 Sobel-Operator
   2.2 Laplace-Filter
3. **Matlab-Übungsaufgaben**