Color-Codebooks zur Hintergrundmodellierung und Vordergrundsegmentierung

Rainer Jahn[1]
Rico Nestler[1,2]
Karl-Heinz Franke[1]
Dorit Merhof[3]

[1] Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung (ZBS) e. V.
[2] TU Ilmenau, FG Graphische Datenverarbeitung
[3] RWTH Aachen, Lehrstuhl für Bildverarbeitung

Hintergrund und Vordergrund

In einer Bildsequenz werden Objekte nach ihren zeitlichen Verhalten unterschieden in:

Hintergrund ist normalerweise

- unveränderlich
- langsam veränderlich
- veränderlich nach zeitlichem Muster

Vordergrund ist normalerweise

- schnell bewegt
- veränderlich in Form und Größe
- veränderlich in der Farbe

Bildquelle © Thommy Weiss, Stefan Schwarz, Kurt Michel / PIXELIO

- Hintergrund und Vordergrund sind nicht allgemeingültig definiert, sondern orientieren sich an Bildinhalt und Aufgabe.

Hintergrundmodell (allgemein)

- Der Hintergrund wird durch eine stochastische Beschreibung definiert.
  - Vernachlässigung der räumlichen Abhängigkeit der Bildmerkmale.
  - Für jedes Pixel wird nur die zeitliche Änderung der Bildmerkmale betrachtet.
  - Die Pixel werden als stochastisch unabhängig vorausgesetzt.

<u>Möglichkeiten der Hintergrundbeschreibung eines Pixels:</u>

- Fester Merkmalsvektor (R, G, B)
- Histogramm $\left(n_0^{(R)}, n_1^{(R)}, \dots, n_{255}^{(R)}\right), \left(n_0^{(G)}, n_1^{(G)}, \dots, n_{255}^{(G)}\right), \left(n_0^{(B)}, n_1^{(B)}, \dots, n_{255}^{(B)}\right)$
- Multimodale Gaußverteilung

  $\left(\mu_1^{(R)}, \sigma_1^{(R)}\right), \left(\mu_2^{(R)}, \sigma_2^{(R)}\right), \dots, \left(\mu_1^{(G)}, \sigma_1^{(G)}\right), \left(\mu_2^{(G)}, \sigma_2^{(G)}\right), \dots, \left(\mu_1^{(B)}, \sigma_1^{(B)}\right), \left(\mu_2^{(B)}, \sigma_2^{(B)}\right)$
- **Codebook (Farbe + Disparität)**

Hintergrundmodell (Codebook)

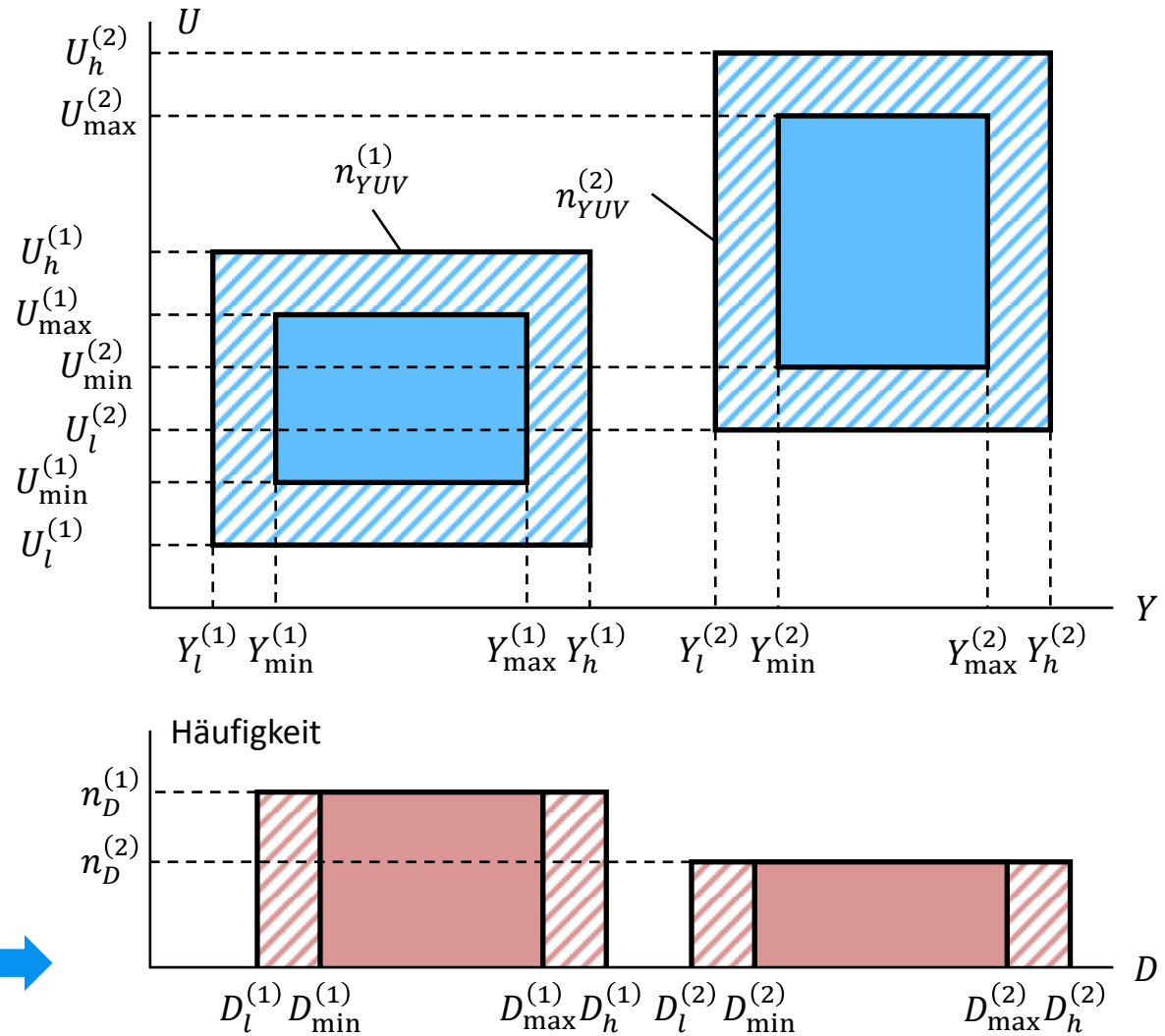
Codebook

- Beschreibt multimodale Gleichverteilung eines Merkmalsvektors

Spezielle Anwendung

- Merkmalsvektor: (Y, U, V, D)
  - Farbvalenz YUV
  - Disparität D
- Farbe und Disparität stochastisch unabhängig
- Farbe: 3D-Verteilung
- Disparität: 1D-Verteilung

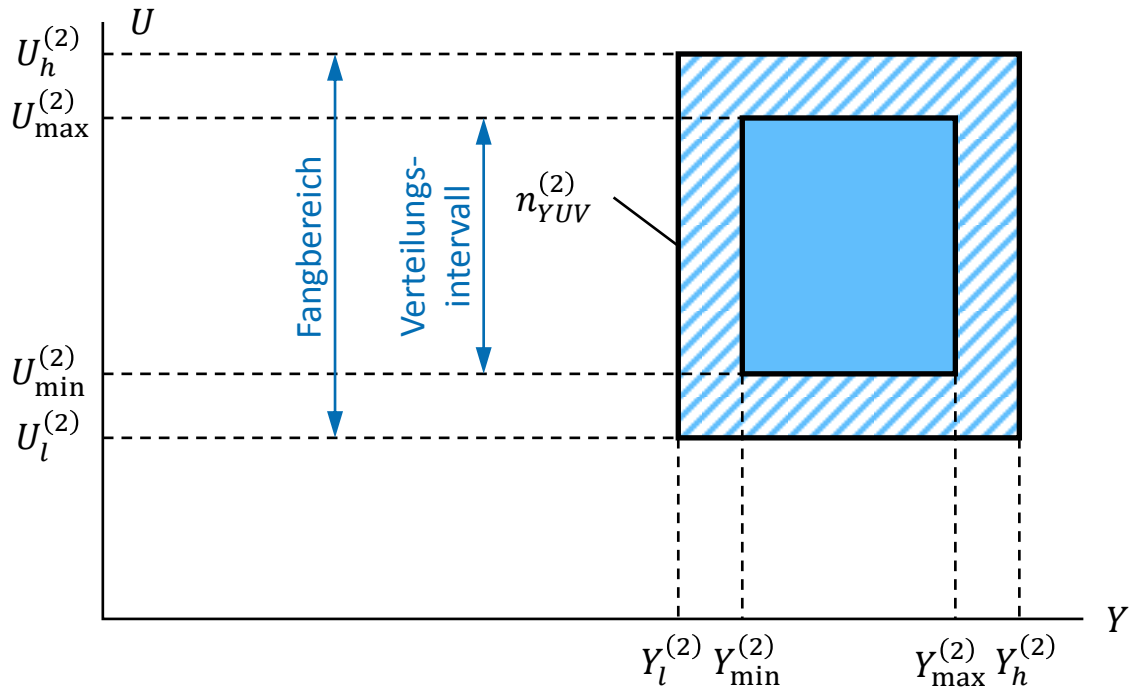
Beispiel für den Codebook-Inhalt (je 2 Moden Farbe/Disparität)



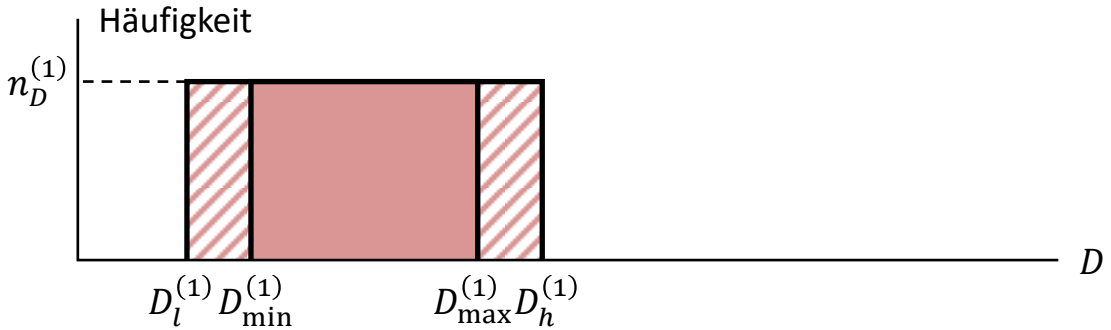
Codebook-Eintrag

- Das Codebook eines Pixels setzt sich aus **Codebook-Einträgen** zusammen.
- Ein Codebook-Eintrag beschreibt eine einzelne Verteilungsmode.

<u>Beispiel:</u>
Eintrag für die Farbvalenz (ohne V-Komponente)



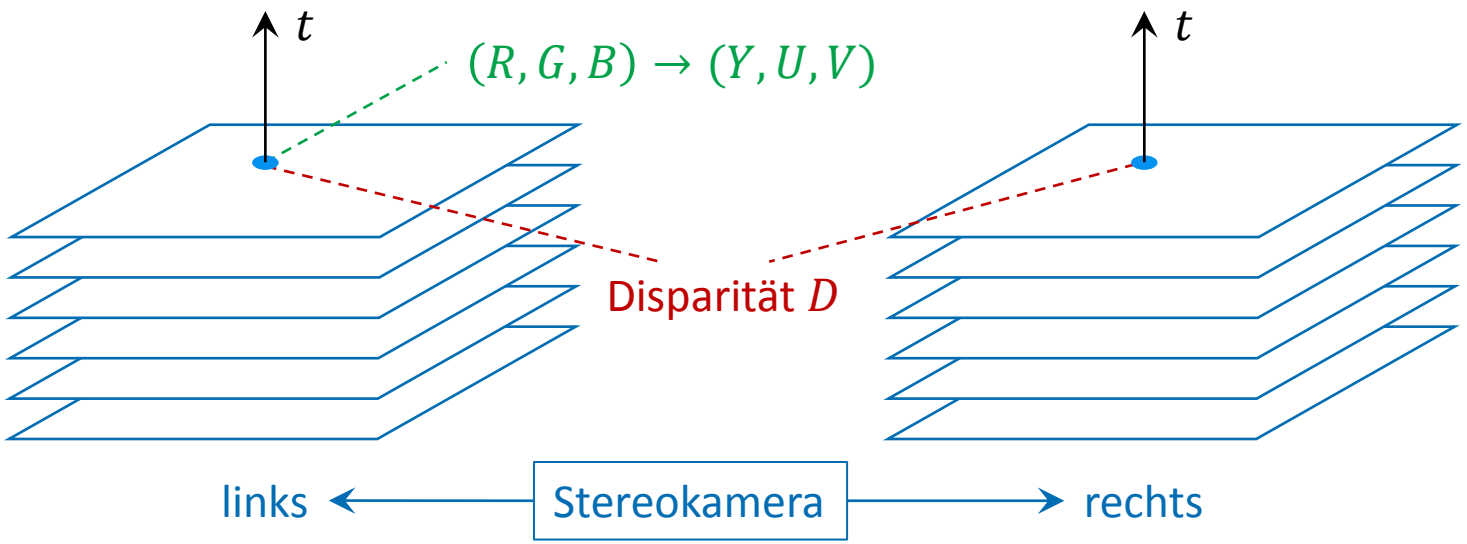
<u>Beispiel:</u>
Eintrag für die Disparität



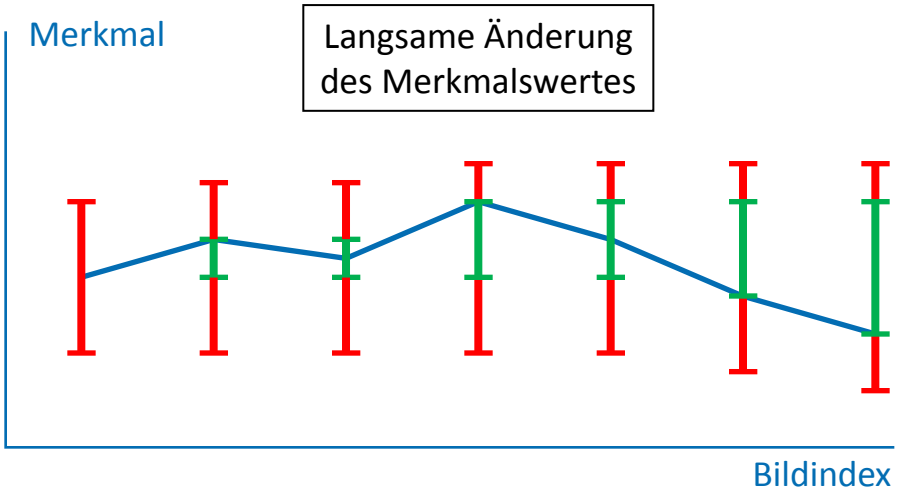
Belehrung des Hintergrundmodells

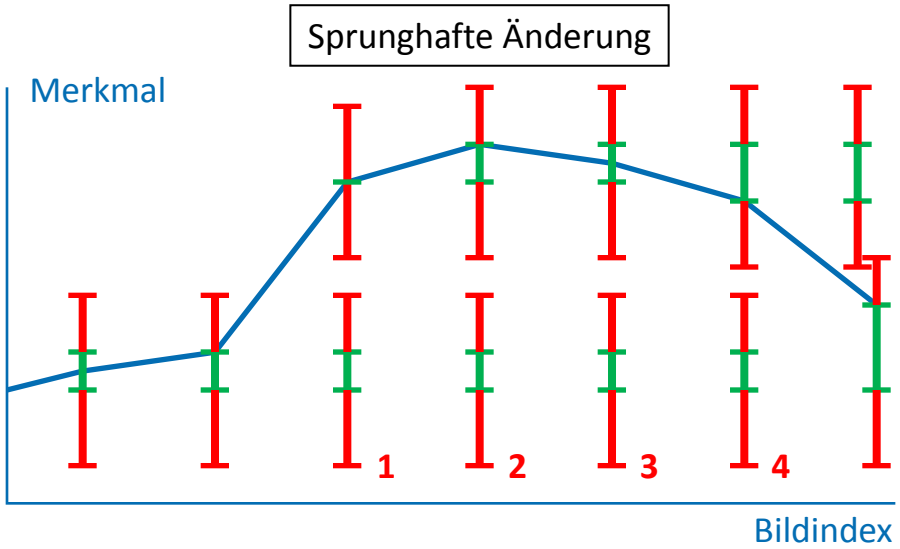
- Die Belehrung erfolgt anhand einer Bildsequenz unabhängig für jedes Pixel (Parallelisierung möglich).
- Initiale Belehrung:
  - Erfolgt vor der Arbeitsphase der Überwachungssystems und in Arbeitspausen
  - Bildsequenz enthält (fast) nur ungestörten Hintergrund
- Adaptive Belehrung:
  - Erfolgt während der Arbeitsphase des Überwachungssystems
  - Vordergrundobjekte können jederzeit auftauchen

Spezielle Anwendung

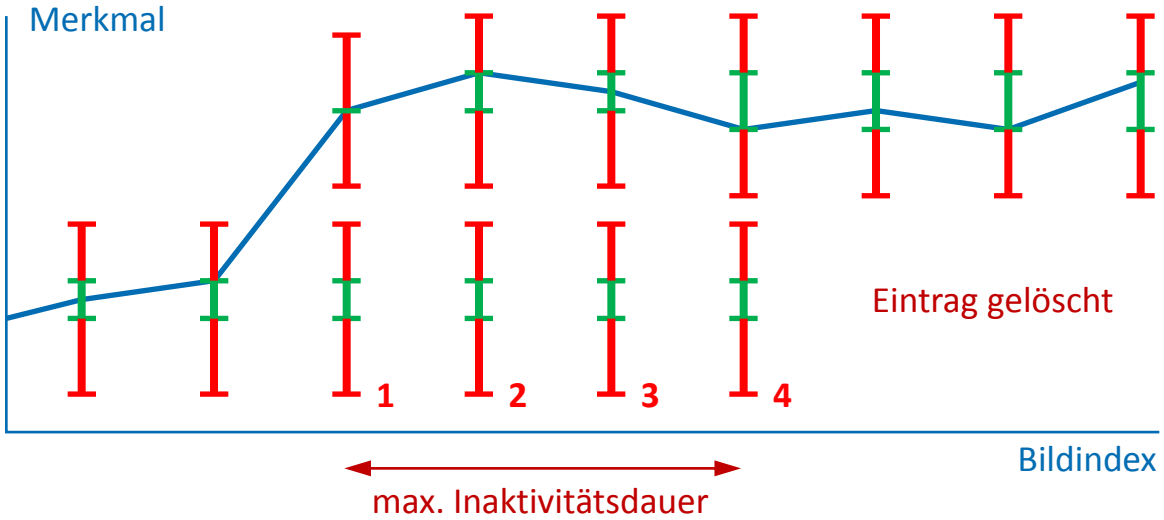


Algorithmus (vereinfacht an einem 1D-Codebook dargestellt)





Verhalten bei lange inaktiven Codebook-Einträgen



Verteilungsintervall

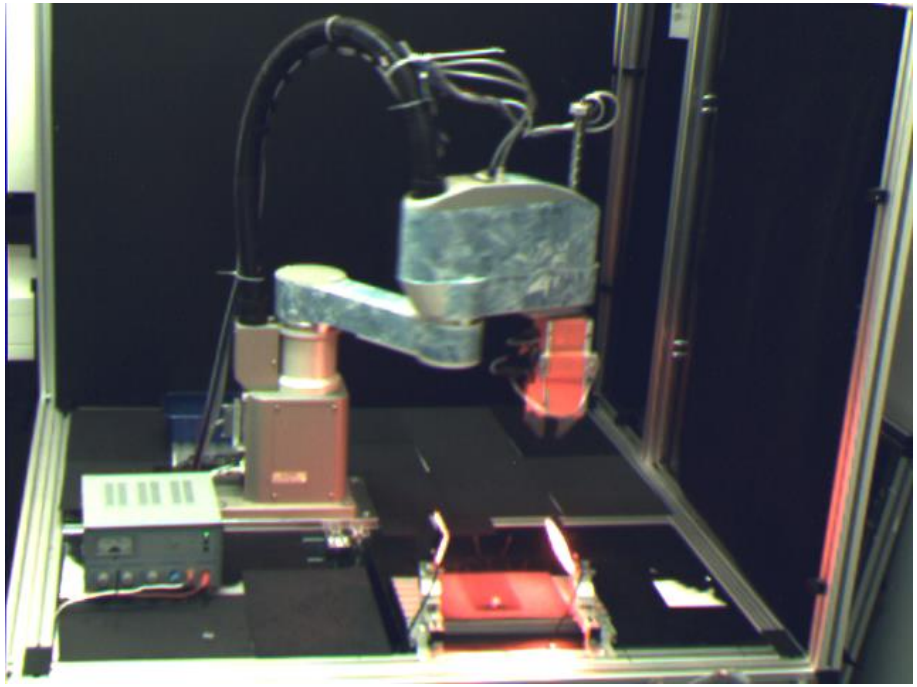
Fangbereich

1 2 ... Inaktivitätszähler

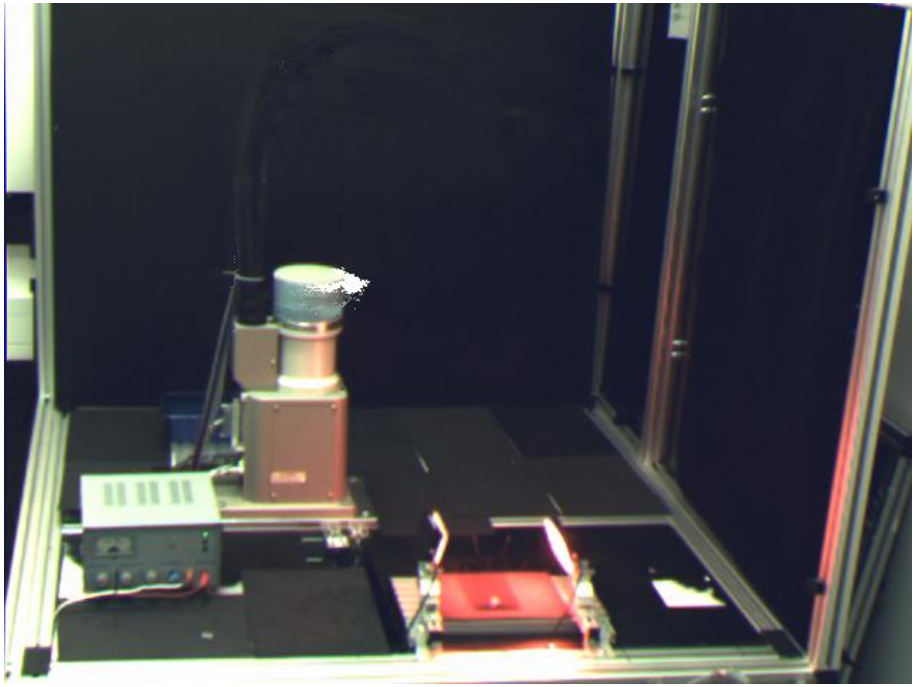
Visualisierung des Hintergrundmodells

- Eine vollständige ikonische Darstellung des Hintergrundmodells ist aufgrund des Datenumfangs nicht möglich.
- Teilaspekte können als Farb- oder Grauwertbild kodiert werden.

Beispiel



Momentaufnahme der Belehrungs-Bildfolge



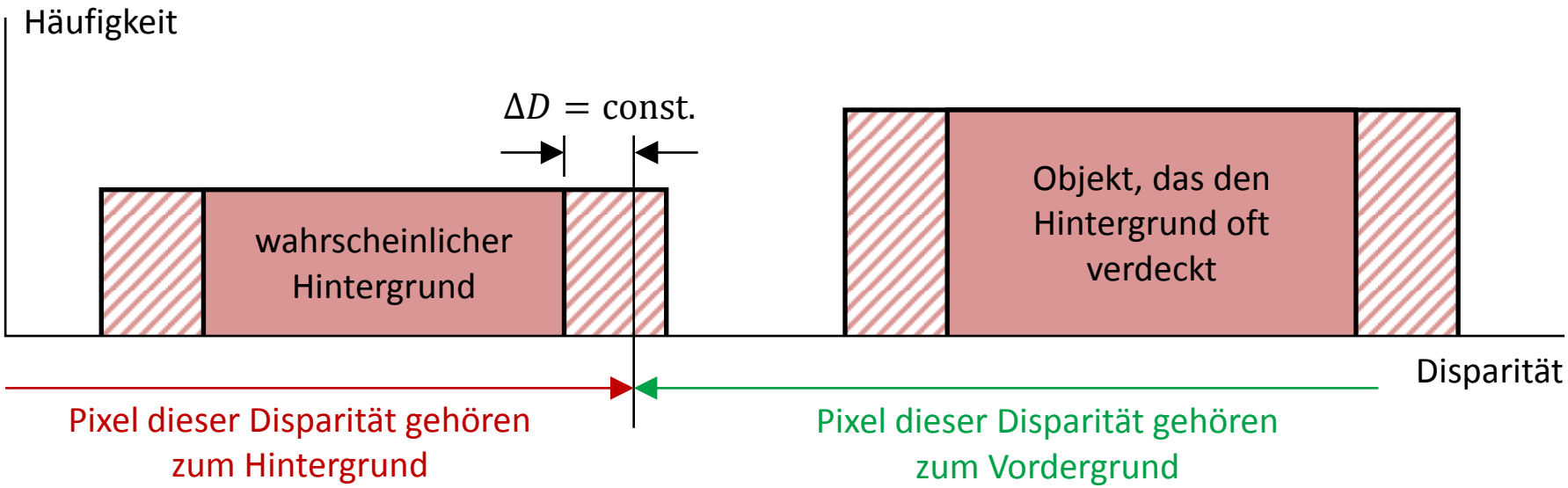
Erwartungswerte der YUV-Statistik, nach RGB transformiert

Vordergrundsegmentierung

- Wird für jedes Einzelbild während der Arbeitsphase des Überwachungssystems durchgeführt.
- Das Bild wird anhand des Hintergrundmodells in zwei Klassen segmentiert (VG / HG).
- Die Klassenzugehörigkeit wird ermittelt durch Ablehnung / Annahme der Hypothese: „Das Pixel gehört zum Hintergrund“.

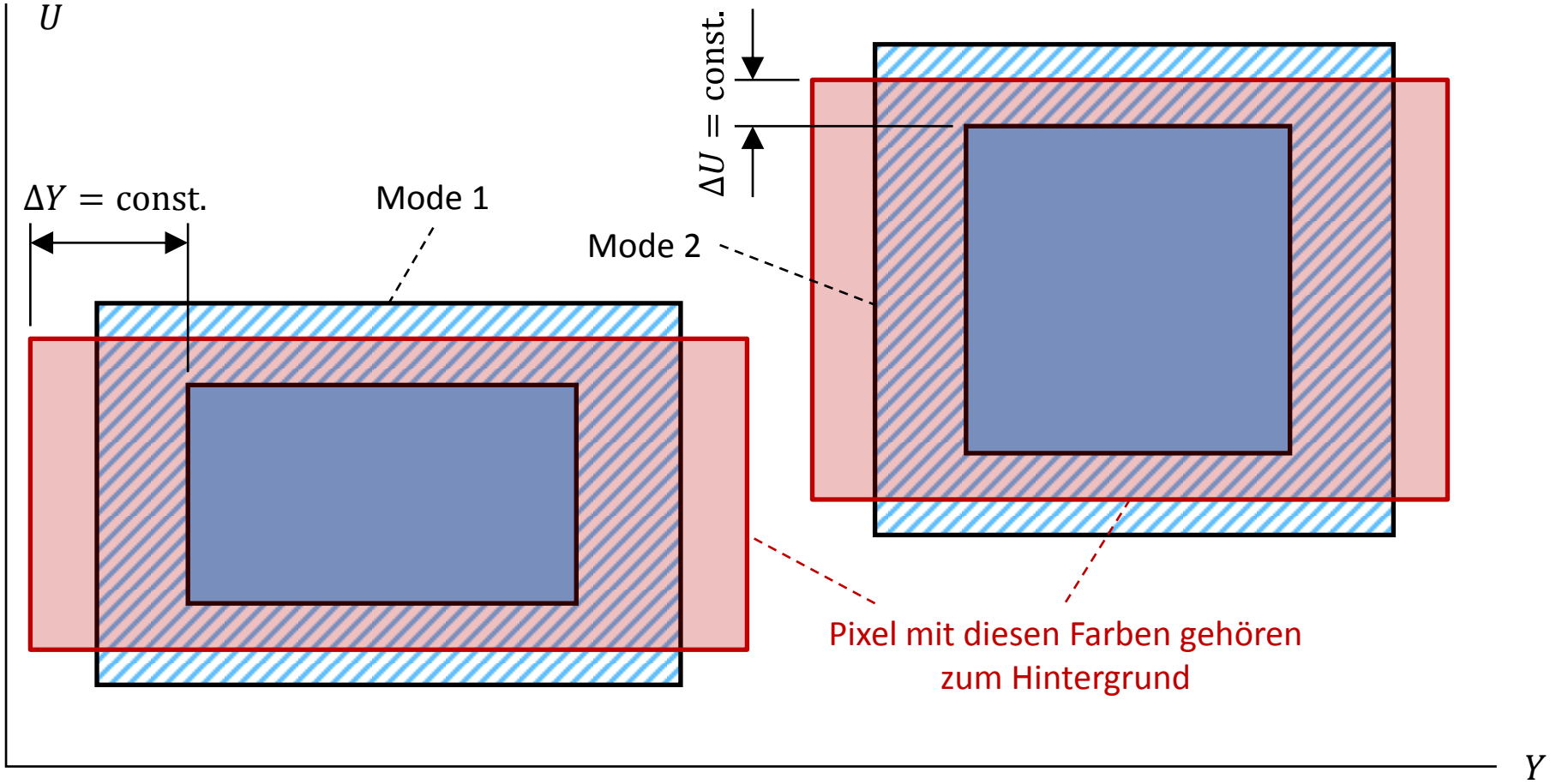
Spezielle Anwendung

- **Wenn** Codebook-Einträge der Disparität existieren **und** das Pixel eine gültige Disparität hat:



Spezielle Anwendung (Fortsetzung)

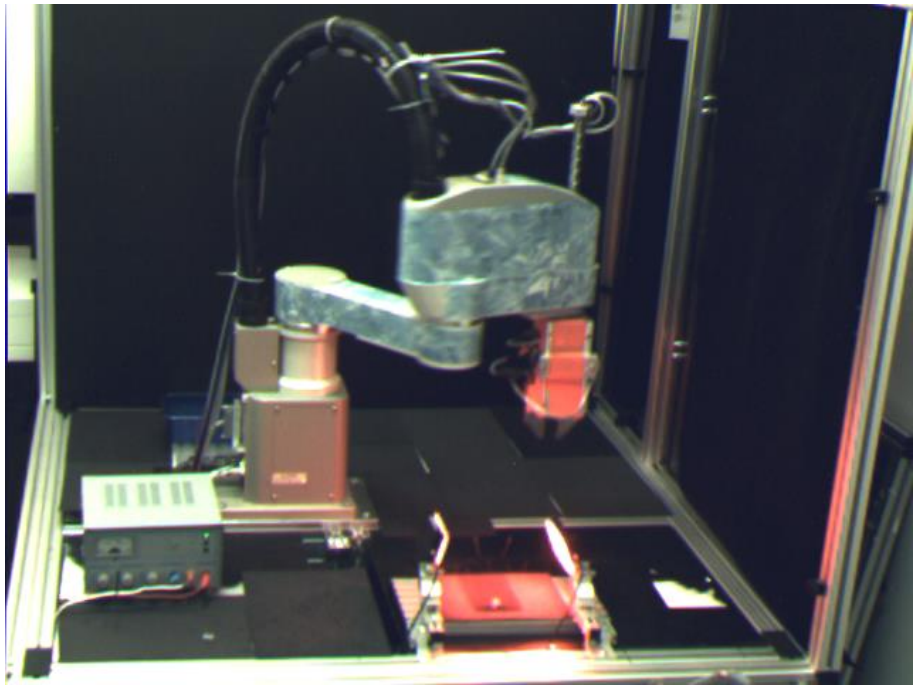
- **Sonst** (Codebook ohne Disparitätseintrag **oder** Pixel ohne gültige Disparität): Entscheidung auf Grundlage der YUV-Einträge



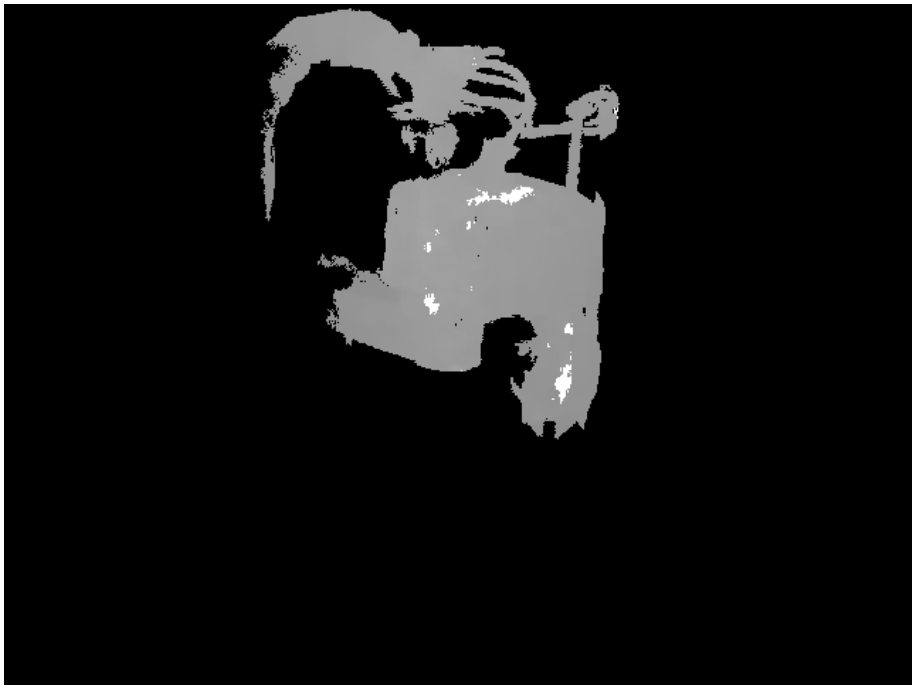
Spezielle Anwendung (Anmerkungen)

- Wahlweise wird auch nur nach YUV- oder Disparitäts-Statistik segmentiert.
- Große Toleranz ΔY bedeutet geringe Abhängigkeit vom Helligkeitsniveau.

Beispiel



Linkes Kamerabild

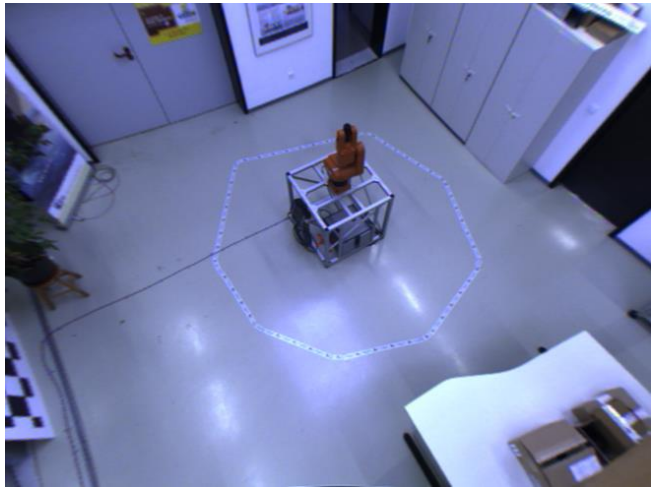


Zugehörige Segmentierung
(Disparität graukodiert)

Praxistest an einer Demonstrationsanlage

- Arbeitsraum mit einem kritischen Bereich (Roboter)
- Überwachung durch bis zu 4 Stereokameras an optimierten Positionen
- Bei Verwendung aller Kameras lassen sich die segmentierten Bilder zu einem Voxel-Modell der Vordergrundobjekte vereinigen.
- Zum Test wurde nur eine Stereokamera verwendet.

Initiales Hintergrundmodell



Momentaufnahme

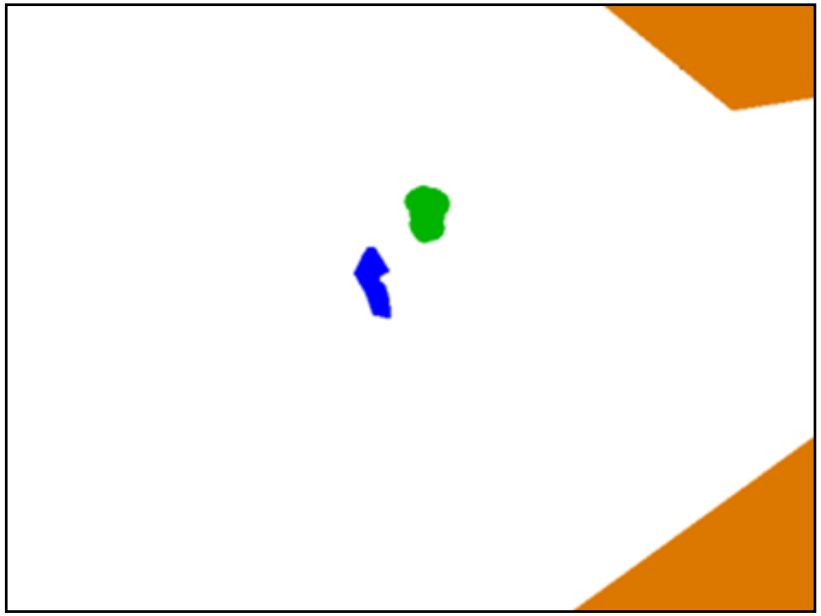
Visualisierung der Farbstatistik
(rot: ungültige Bereiche, zu dunkel)

Visualisierung der Entfernung
(Grauwertskala 4–6 m)

Vordergrundsegmentierung

Optionen

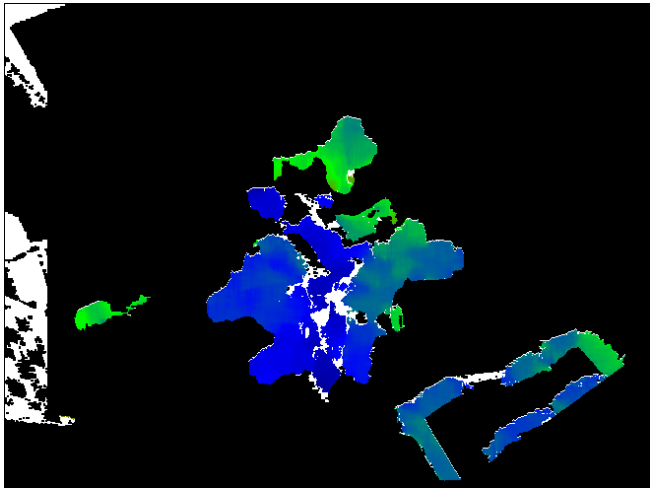
- Wahlweise Verwendung von Farb- und/oder Disparitätsstatistik
- Globale Parameter (Fangbereiche, ΔY, ΔU, ΔV, ΔD)
- Pixelweise Vorgaben in Form einer Bildmaske



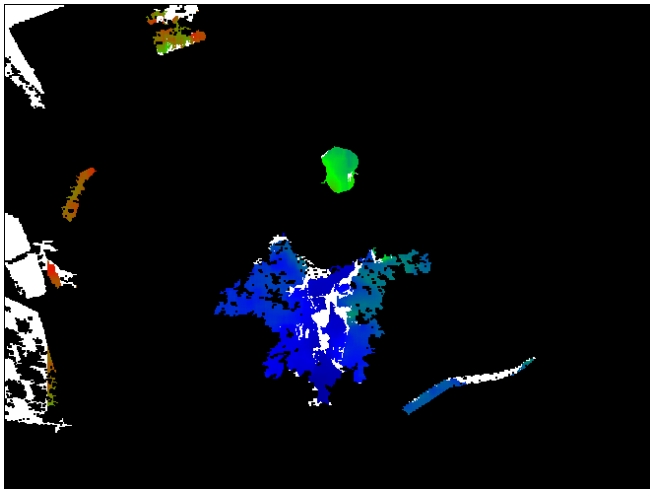
Legende (Falschfarben)	Bemerkung
Ignoriere Farbinformation	Glanzeffekte
Fester Hintergrund	Unwichtige Bereiche
Fester Vordergrund	Roboter, Gefahrenstelle
Vordergrundsegmentierung ohne Einschränkung	

Beispiel 1

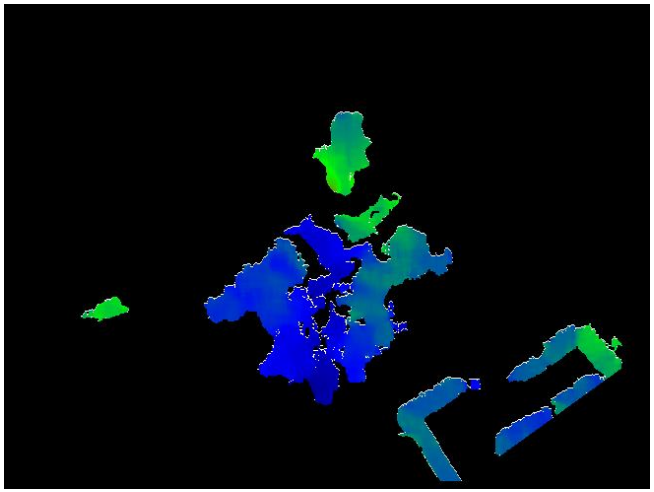
Linkes Kamerabild



Segmentierung mit Farbe und Entfernung



Segmentierung nur mit Farbe

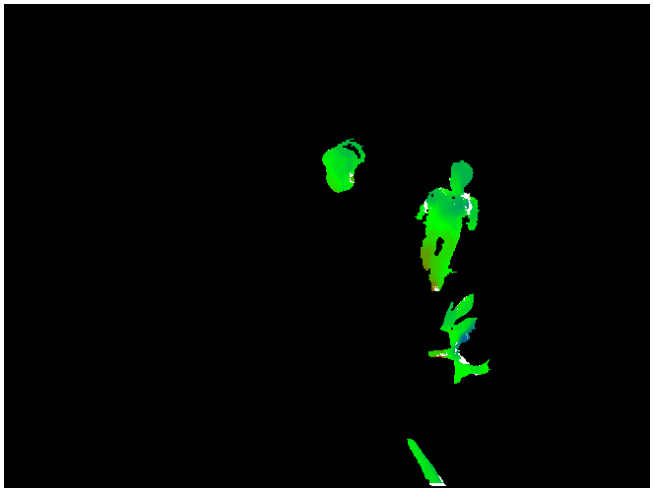


Segmentierung nur mit Entfernung

Beispiel 2

Linkes Kamerabild

Segmentierung mit Farbe und Entfernung

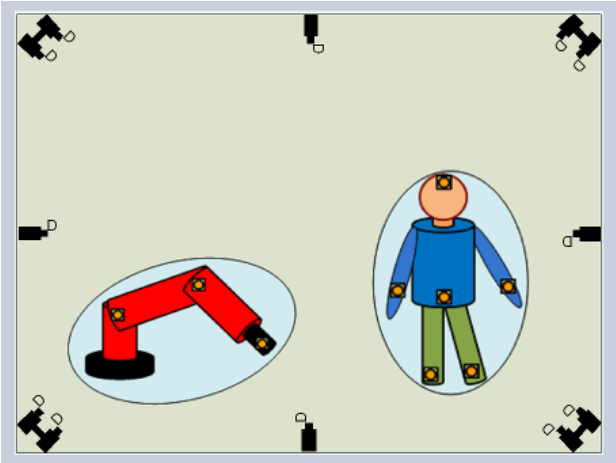


Segmentierung nur mit Farbe

Segmentierung nur mit Entfernung

Zusammenfassung

- Eine Methode der Hintergrundmodellierung und Vordergrundsegmentierung wurde implementiert und getestet.
- Die Methode dient zur Vorbereitung der 3D-Objektmodellierung, Objektverfolgung und Erkennung gefährlicher Situationen.
- Neuartig ist die Kombination: Farbe – Disparität – Codebook.
- Die Methode ist schneller und flexibler als die Modellierung durch Gaußverteilungen.
- Durch Erweiterung bekannter Algorithmen wurden zusätzliche Optionen eingebaut.
- Der Test an der Versuchsanlage war erfolgreich. Ob Farb- und/oder Disparitätsstatistik zu bevorzugen sind, ist noch nicht entschieden.



Teile dieser Arbeit wurden im Rahmen des Projektes 2008 FE 9063 („Bild-Robo“) der Thüringer Aufbaubank gefördert.