

Schnelle Berechnung von detaillierten Belegungs- gittern aus dichten Stereodisparitätsbildern

Henning Lategahn (KIT), Andreas Wege (Carmeq GmbH),
Thorsten Graf (Volkswagen AG), Jan Effertz (Volkswagen AG),
Bernd Kitt (KIT)

Institut für Mess- und Regelungstechnik



- ▶ Motivation
- ▶ Algorithmus
 - ▶ Vorverarbeitung
 - ▶ Schätzung Höhenprofil
 - ▶ Klassifikation
 - ▶ Belegt-/Freiupdate
- ▶ Evaluation und Ergebnisse
- ▶ Zusammenfassung

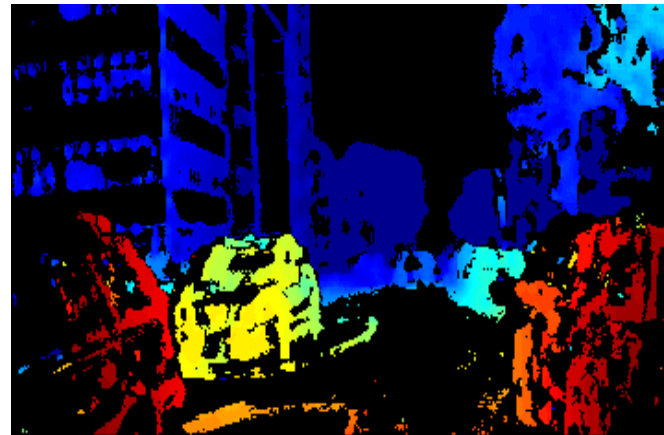
- ▶ Zukünftige Fahrerassistenzsysteme benötigen eine genaue Perzeption der Fahrzeugumgebung
- ▶ Vorteile von Kamerasystemen
 - ▶ preisgünstig
 - ▶ hohe Bandbreite
 - ▶ hochauflösend



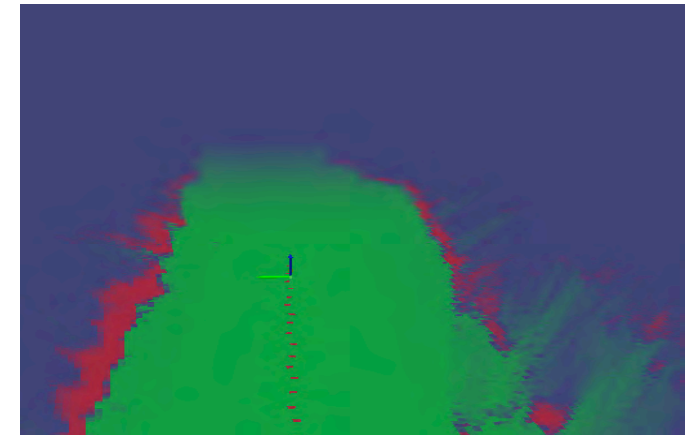
- ▶ Benutzt wird ein Stereokamerasystem, welches dichte Disparitätsbilder berechnet (FPGA)
- ▶ Ziel
 - ▶ Aus dichten Disparitätskarten eine Karte mit Belegtwahrscheinlichkeiten zu berechnen



Kamerabild

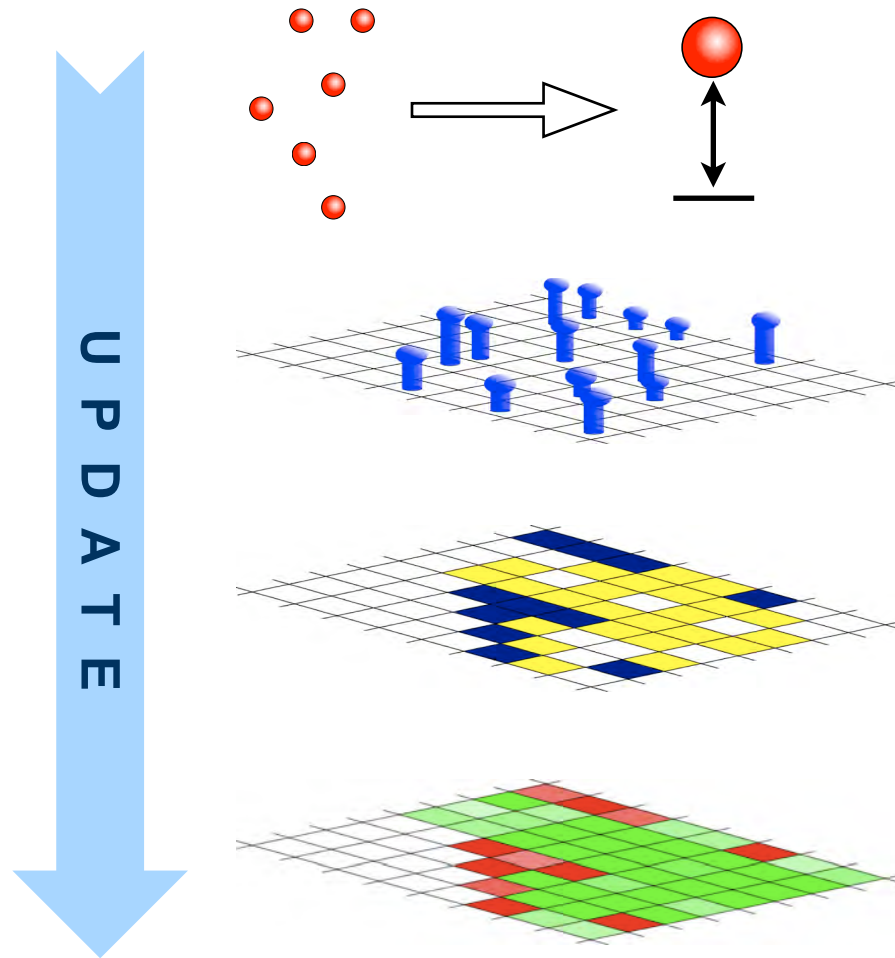


Disparitätsbild



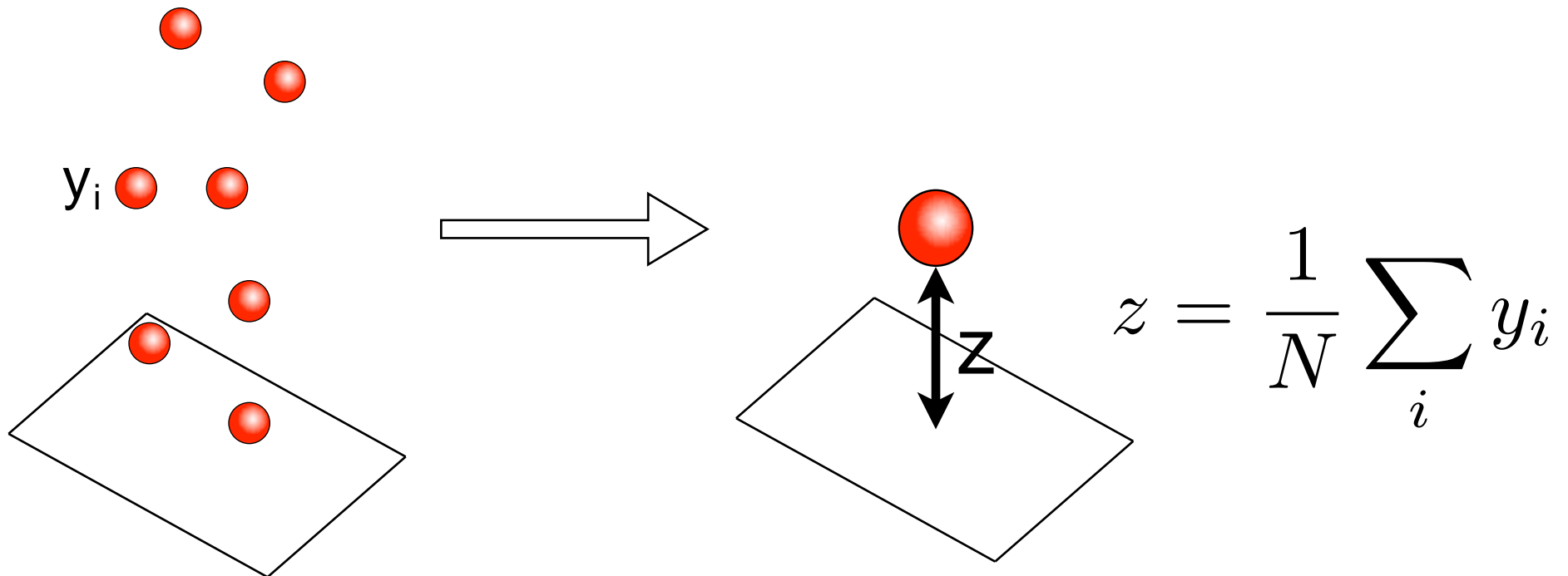
Belegungskarte

- ▶ Motivation
- ▶ Algorithmus
 - ▶ Vorverarbeitung
 - ▶ Schätzung Höhenprofil
 - ▶ Klassifikation
 - ▶ Belegt-/Freiupdate
- ▶ Evaluation und Ergebnisse
- ▶ Zusammenfassung

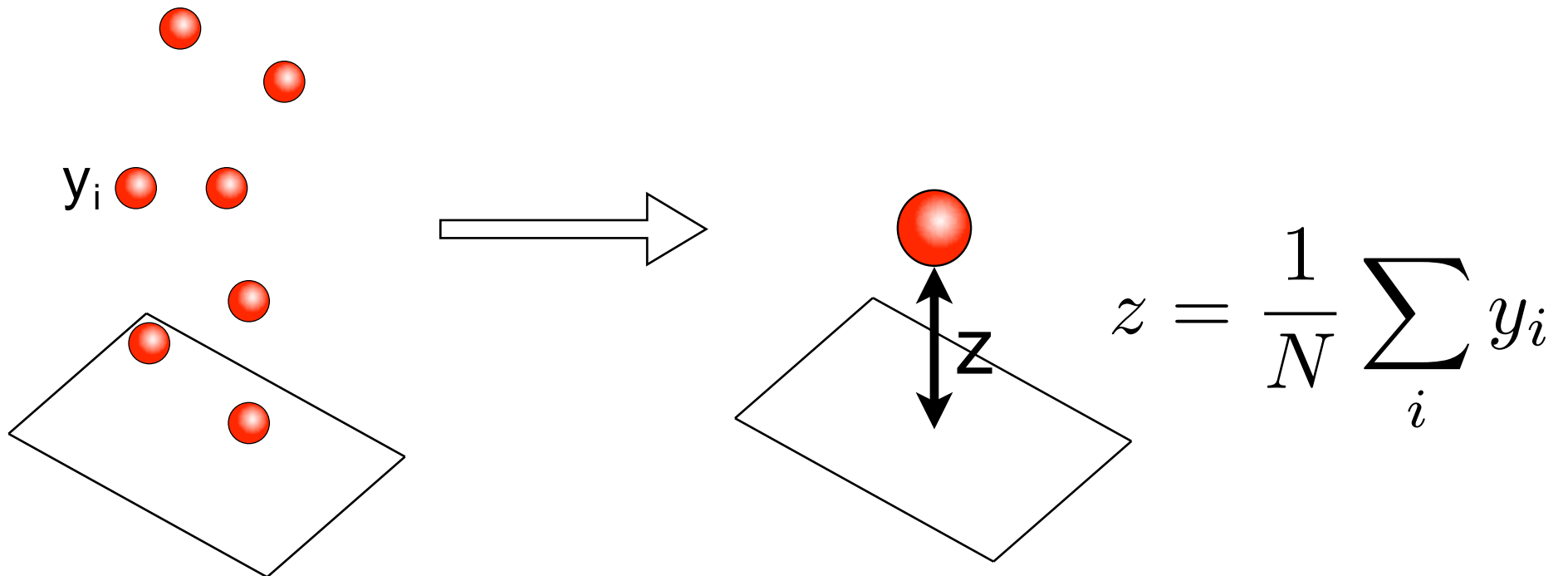


- **Vorverarbeitung:**
Virtuelle Messung generieren
- **Höhenlayer:**
Aufintegrieren der Höheninformation
- **Fahrbahnlayer:**
Klassifikation der Messung in Fahrbahn
und Hindernis
- **Belegungsgitter:**
Update der
Belegungswahrscheinlichkeit

- ▶ Stereorekonstruktion wird auf Grid verteilt
- ▶ Für jede Zelle wird eine virtuelle Messung generiert

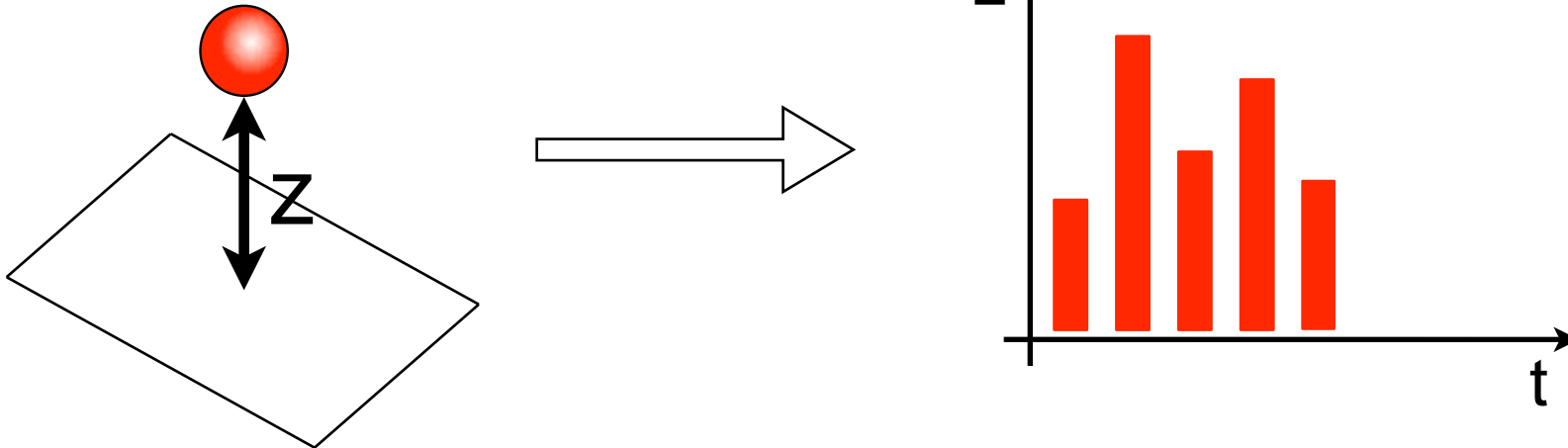


- ▶ Stereorekonstruktion wird auf Grid verteilt
- ▶ Für jede Zelle wird eine virtuelle Messung generiert

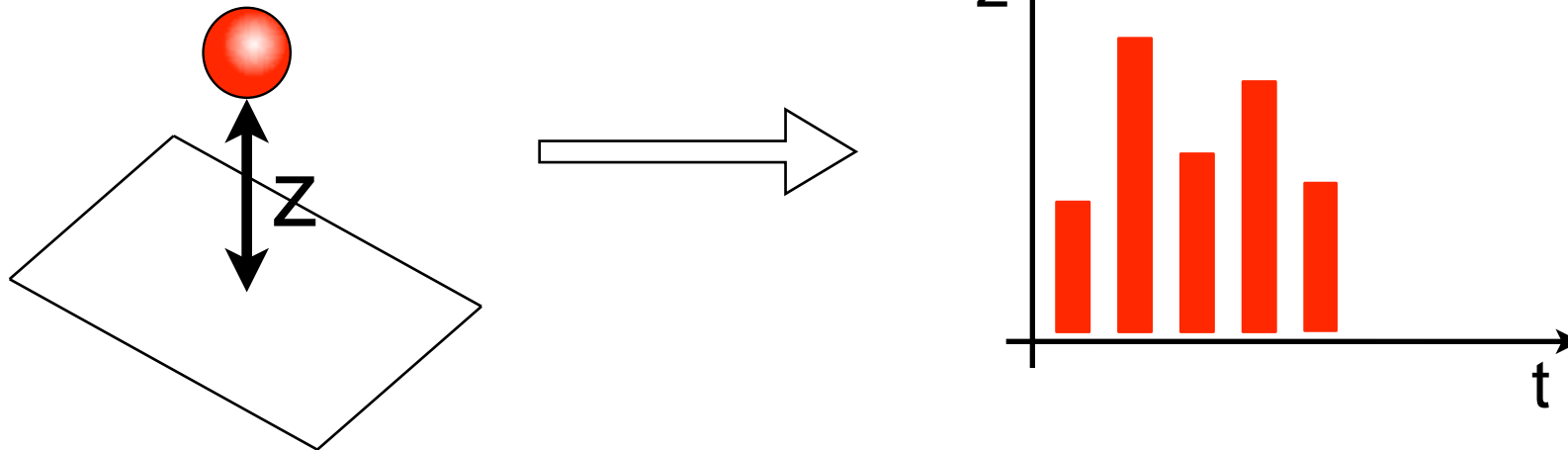


- ▶ Vorteile
 - ▶ Ausreißerdetektion möglich
 - ▶ Updatekomplexität abhängig von Gridgröße

- ▶ Aus den virtuellen Messungen wird ein Höhenprofil berechnet
- ▶ Dazu wird die Höheninformation jeder Zelle über die Zeit geglättet



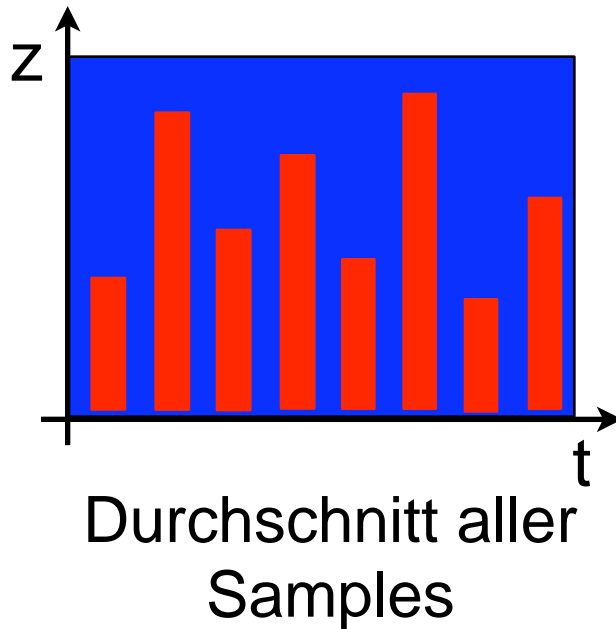
- ▶ Aus den virtuellen Messungen wird ein Höhenprofil berechnet
- ▶ Dazu wird die Höheninformation jeder Zelle über die Zeit geglättet



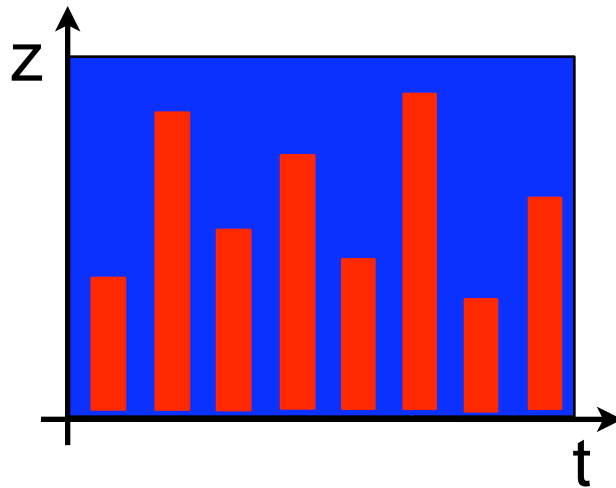
- ▶ Die aktuelle virtuelle Messung wird einer Historie der Zelle hinzugefügt

- ▶ Zur zeitlichen Glättung wurden verschiedene Strategien untersucht

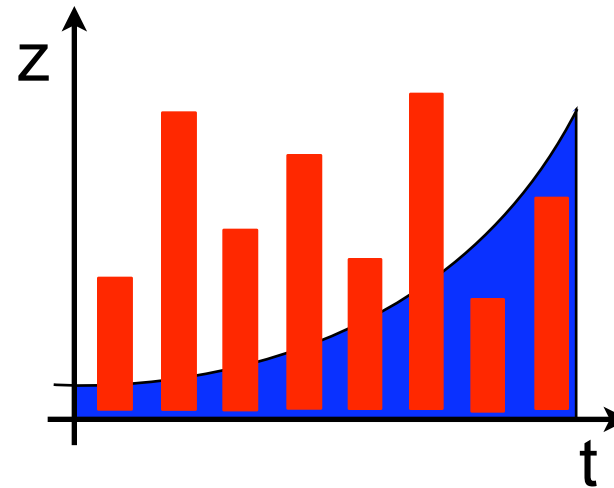
- ▶ Zur zeitlichen Glättung wurden verschiedene Strategien untersucht



- ▶ Zur zeitlichen Glättung wurden verschiedene Strategien untersucht

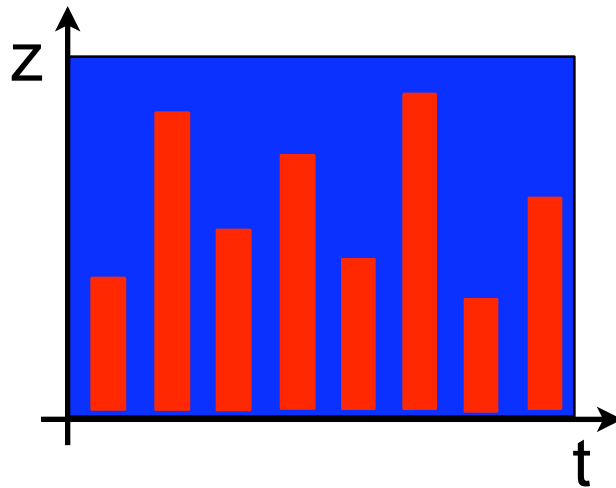


Durchschnitt aller
Samples

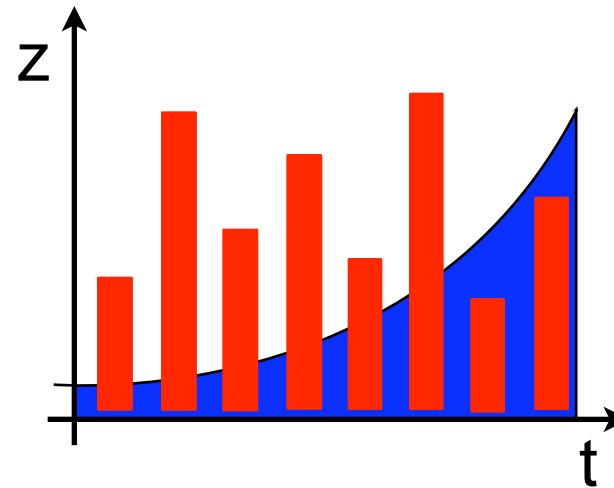


Gewichteter
Durchschnitt

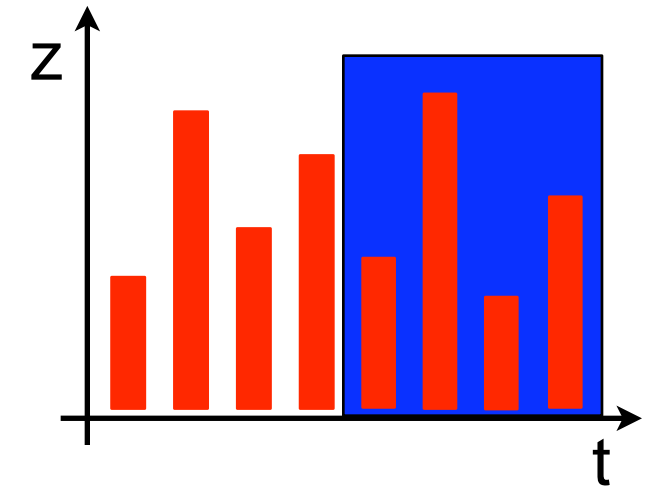
- ▶ Zur zeitlichen Glättung wurden verschiedene Strategien untersucht



Durchschnitt aller Samples

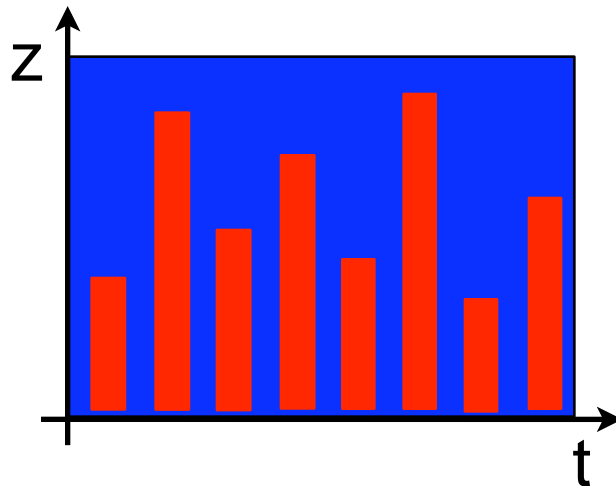


Gewichteter Durchschnitt

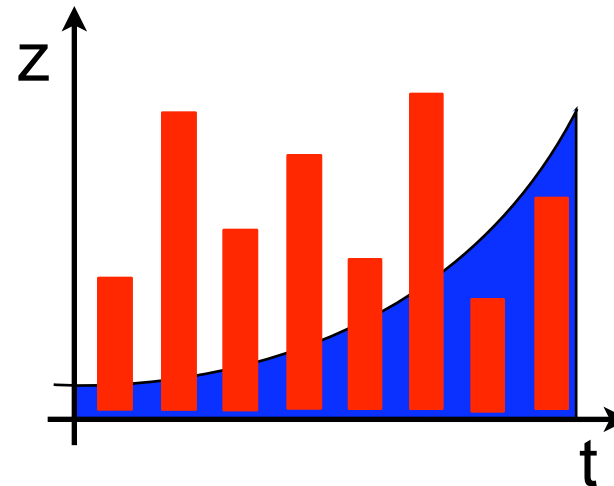


Durchschnitt der letzten N Samples

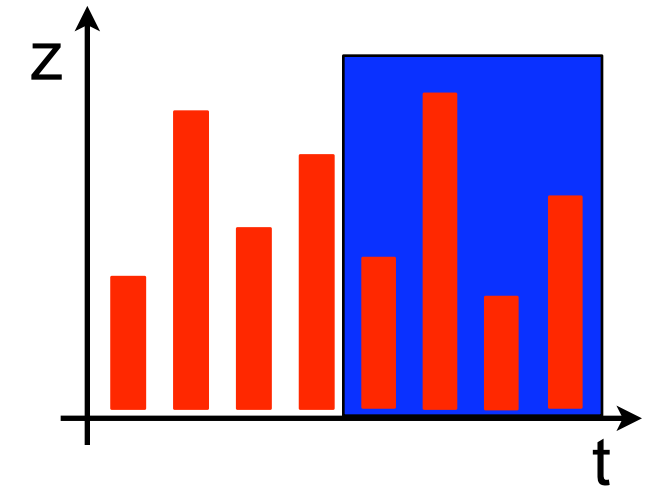
- ▶ Zur zeitlichen Glättung wurden verschiedene Strategien untersucht



Durchschnitt aller
Samples



Gewichteter
Durchschnitt



Durchschnitt der
letzten N Samples

- ▶ Alle Glättungen lassen sich sequenziell berechnen
 - ▶ konstante Länge der Historie

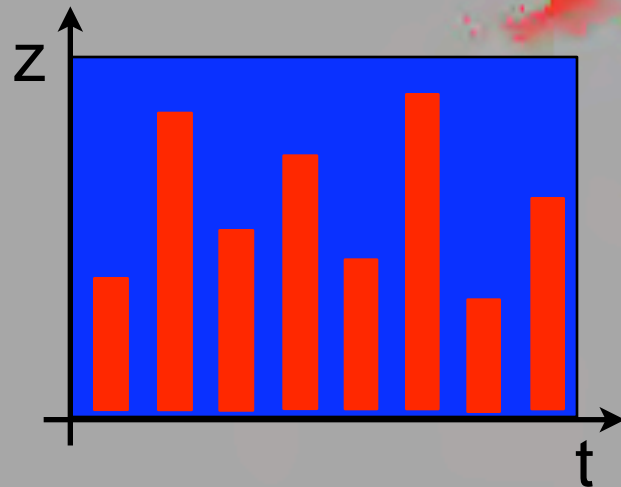
Durchschnitt aller Samples

Höhenprofil

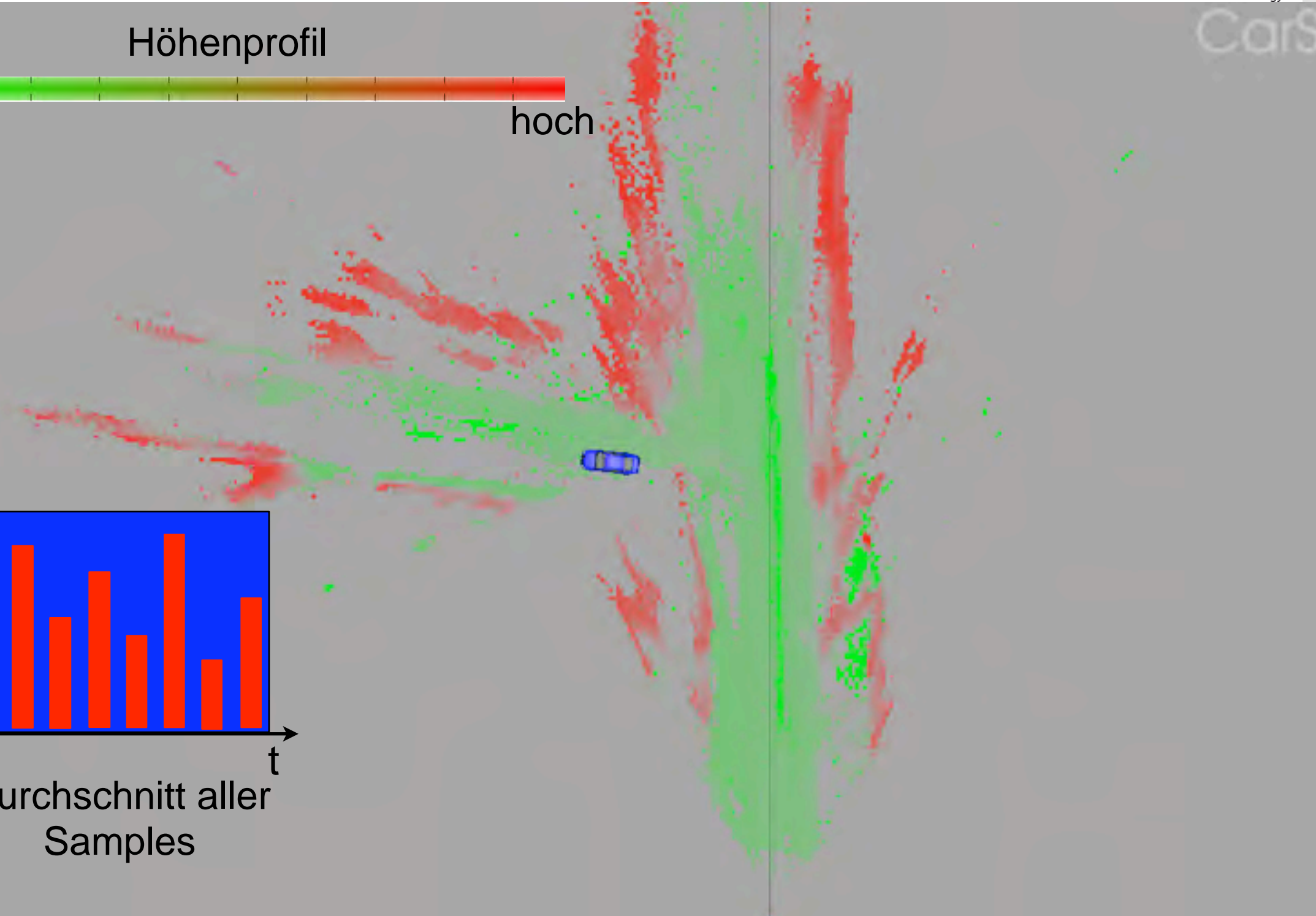


niedrig

hoch



Durchschnitt aller
Samples

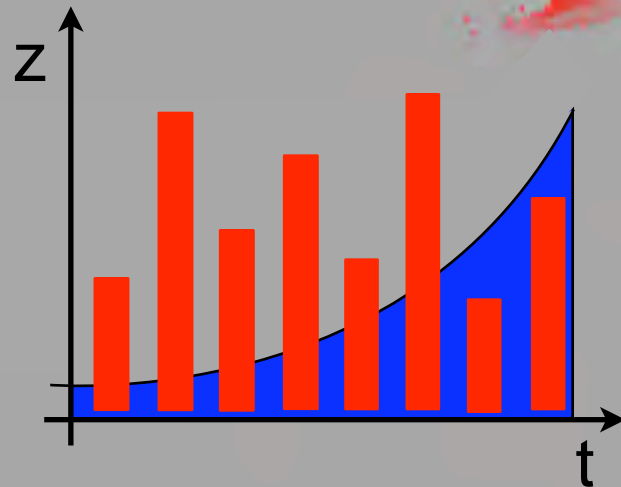


Höhenprofil



niedrig

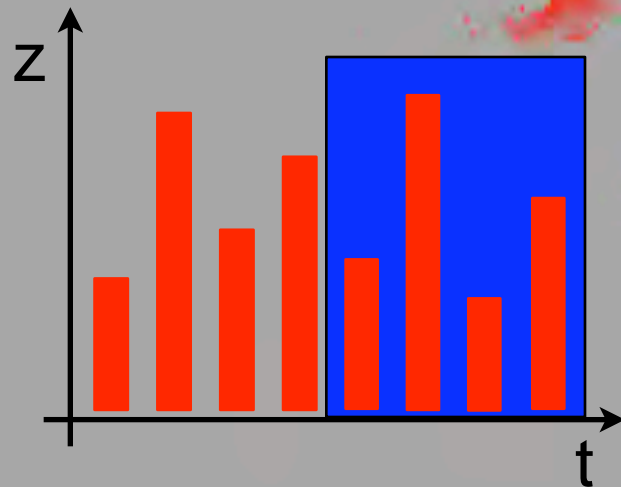
hoch



Gewichteter
Durchschnitt

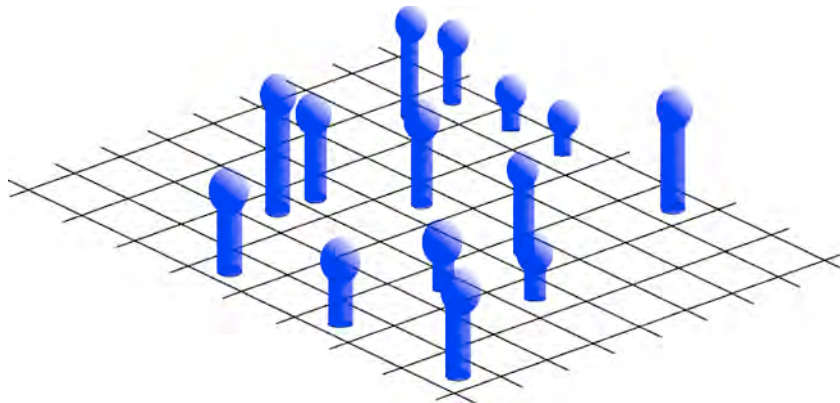
Durchschnitt letzten N Samples

Höhenprofil

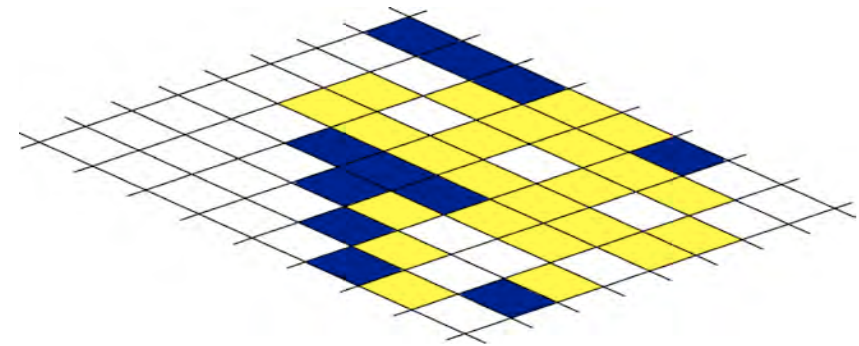
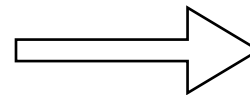


Durchschnitt der letzten N Samples

- ▶ Ein robustes Höhenprofil erlaubt, die aktuelle virtuelle Messung in Hindernis- und Freizellen zu klassifizieren

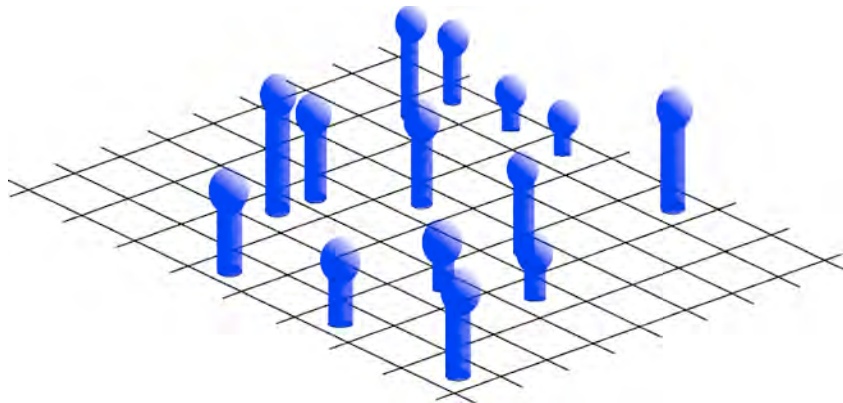


Höhenlayer

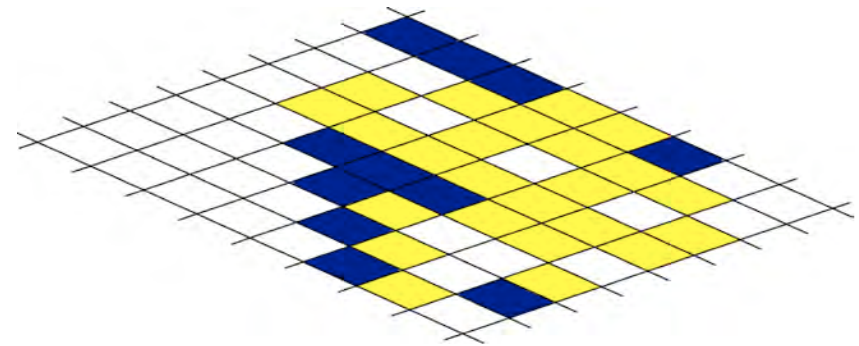
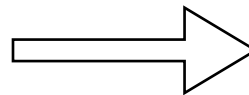


Klassifikationslayer

- ▶ Ein robustes Höhenprofil erlaubt, die aktuelle virtuelle Messung in Hindernis- und Freizellen zu klassifizieren



Höhenlayer



Klassifikationslayer

- ▶ Eine virtuelle Messung wird als "Hindernis" klassifiziert, wenn das Höhenprofil der Zelle einen Schwellwert überschreitet

- ▶ Zu jeder Zelle wird die Belegtwahrscheinlichkeit in Log-Odds Form gespeichert (binärer Bayes Filter)
 - ▶ x = belegt/frei
 - ▶ z = Virtuelle Messung

$$l_t = l_{t-1} + \log \left(\frac{p(x|z)}{1 - p(x|z)} \right) - \log \left(\frac{p(x)}{1 - p(x)} \right)$$

- ▶ Zu jeder Zelle wird die Belegtwahrscheinlichkeit in Log-Odds Form gespeichert (binärer Bayes Filter)
 - ▶ x = belegt/frei
 - ▶ z = Virtuelle Messung

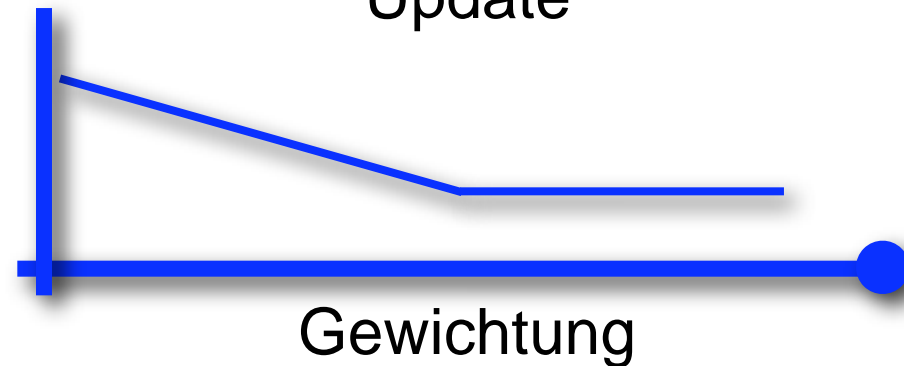
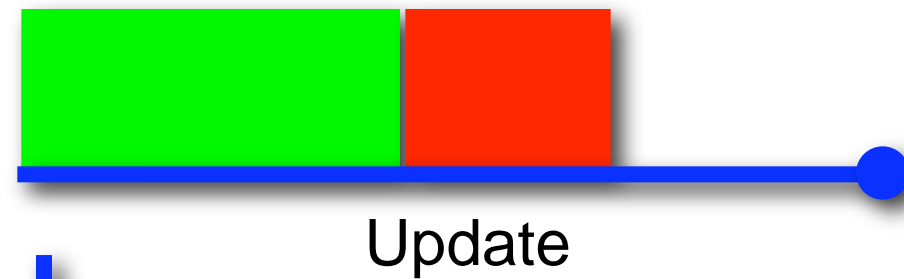
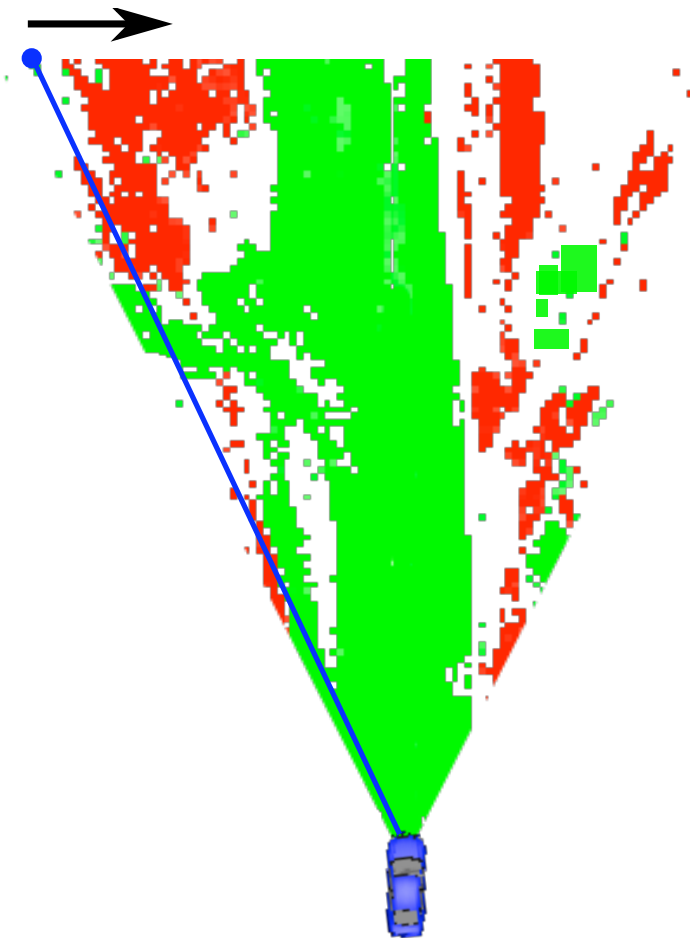
$$l_t = l_{t-1} + \log \left(\frac{p(x|z)}{1 - p(x|z)} \right) - \underbrace{\log \left(\frac{p(x)}{1 - p(x)} \right)}_{=0 \text{ (kein Prior)}}$$

- ▶ Zu jeder Zelle wird die Belegtwahrscheinlichkeit in Log-Odds Form gespeichert (binärer Bayes Filter)
 - ▶ x = belegt/frei
 - ▶ z = Virtuelle Messung

$$l_t = l_{t-1} + \log \left(\frac{p(x|z)}{1 - p(x|z)} \right) - \underbrace{\log \left(\frac{p(x)}{1 - p(x)} \right)}_{=0 \text{ (kein Prior)}}$$

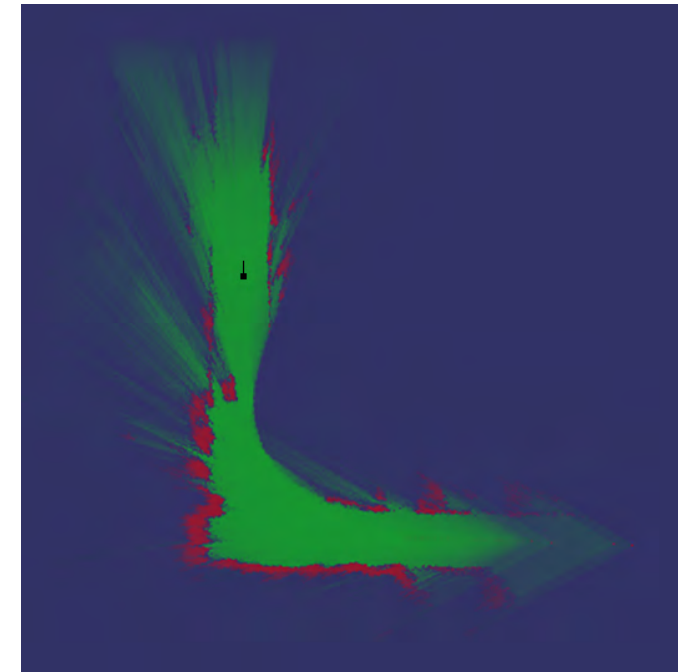
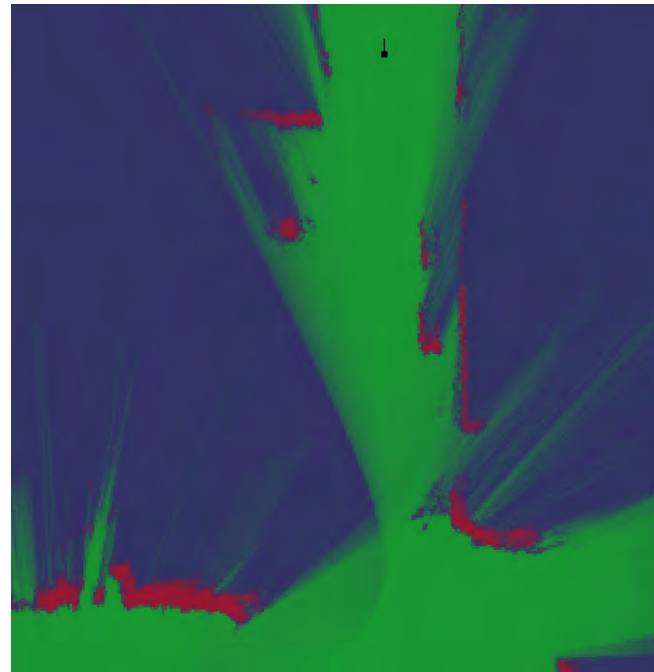
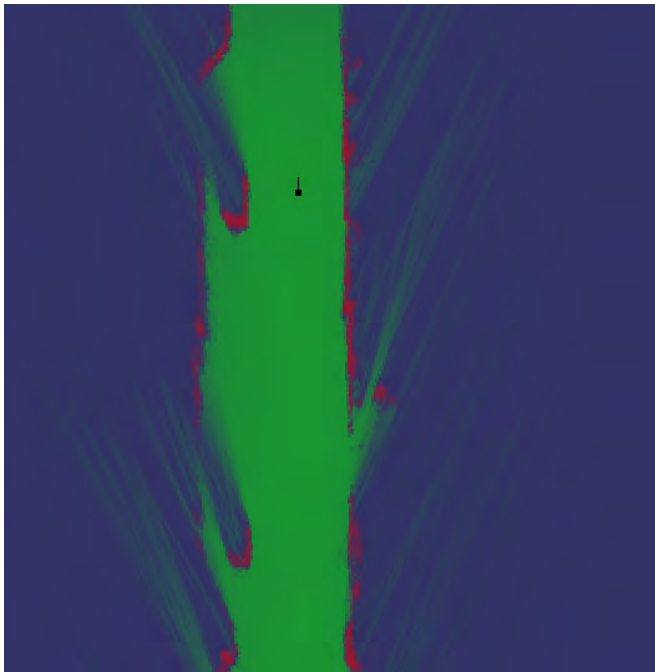
- ▶ Entscheidend ist dabei die Wahl des inversen **Sensormodells**
 - ▶ Wichtig: Berücksichtigung des Rauschverhaltens von Stereosystemen

- ▶ Der Sichtbereich des Sensorkegels wird durchlaufen
- ▶ Entlang jedes Sichtstrahls wird ein Update durchgeführt



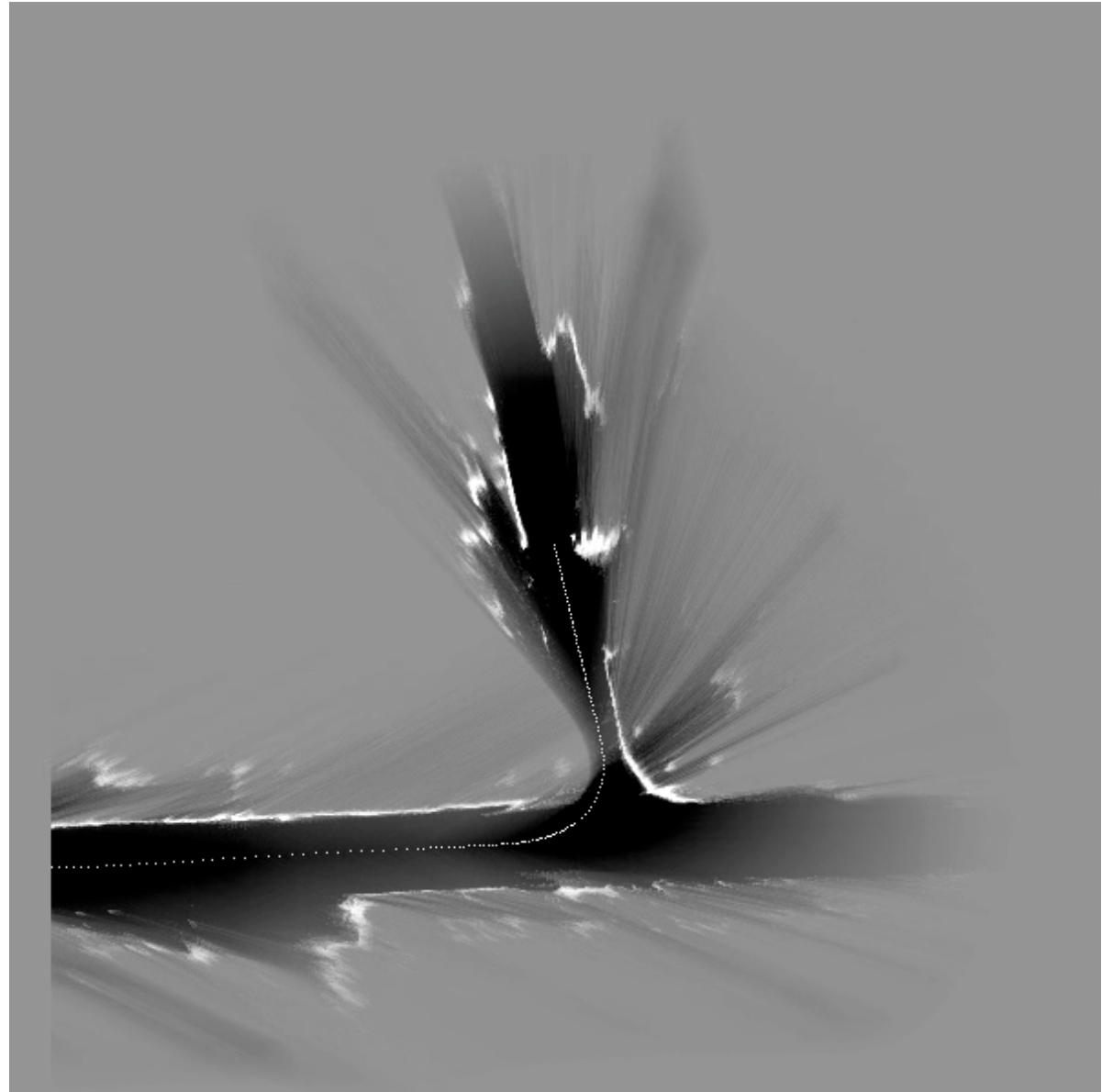
- ▶ Motivation
- ▶ Algorithmus
 - ▶ Vorverarbeitung
 - ▶ Schätzung Höhenprofil
 - ▶ Klassifikation
 - ▶ Belegt-/Freiupdate
- ▶ Evaluation und Ergebnisse
- ▶ Zusammenfassung

- ▶ Algorithmus ist echtzeitfähig
- ▶ Ergebnisse aus einem Volkswagen Versuchsträger

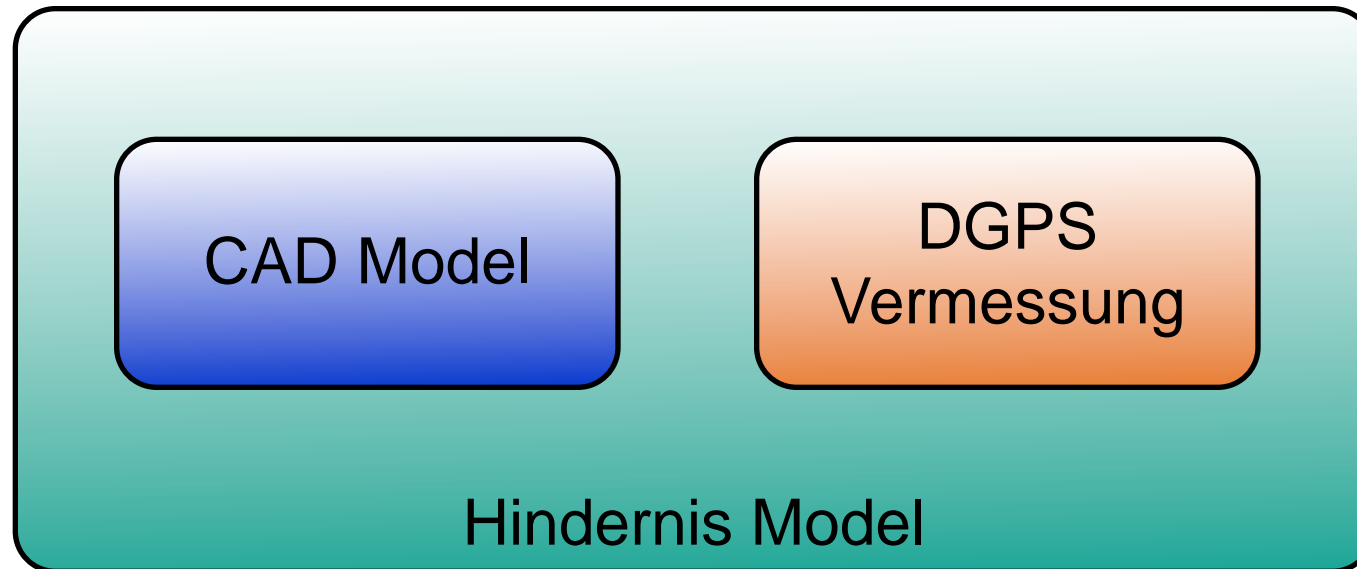


typische innerstädtische Szenarien

- ▶ Algorithmus ist echtzeitfähig
- ▶ Ergebnisse aus einem Volkswagen Versuchsträger
- ▶ innerstädtische Messfahrt



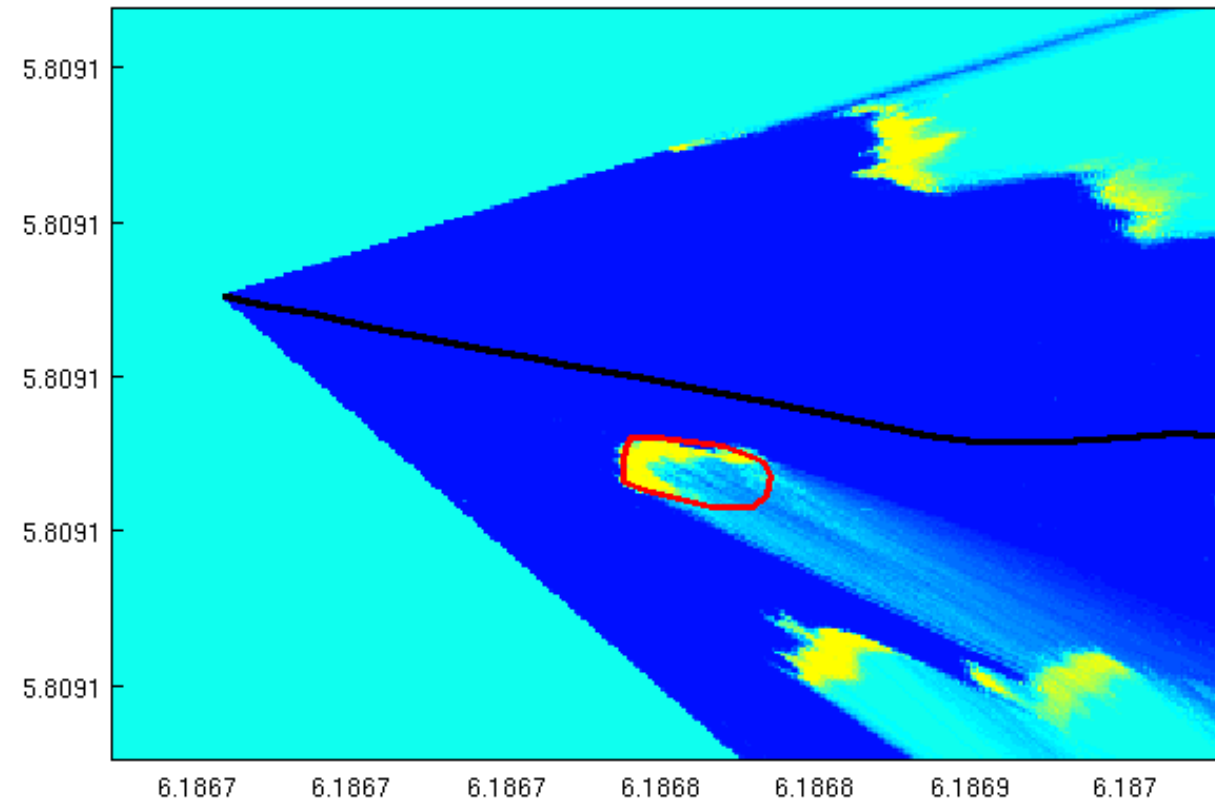
- ▶ Vergleich einer Stereokarte mit Ground Truth
- ▶ Hindernis ist Fusion aus DGPS Vermessung und CAD Modell



- ▶ Vergleich einer Stereokarte mit Ground Truth
- ▶ Hindernis ist Fusion aus DGPS Vermessung und CAD Modell
- ▶ Offline Bewertung in Matlab Analysetool

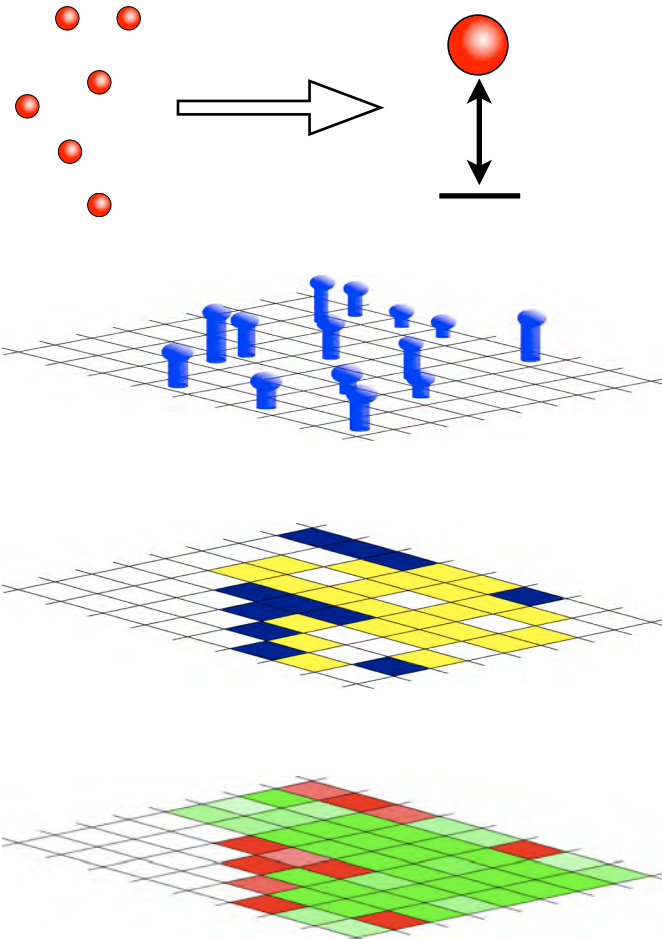
▶	gelb	belegt
	rot	Ground Truth
	schwarz	Trajektorie
	blau	frei

- ▶ gute Übereinstimmung



- ▶ Motivation
- ▶ Algorithmus
 - ▶ Vorverarbeitung
 - ▶ Schätzung Höhenprofil
 - ▶ Klassifikation
 - ▶ Belegt-/Freiupdate
- ▶ Evaluation und Ergebnisse
- ▶ Zusammenfassung

- ▶ Ein 3-Schrittalgorithmus zur Belegungskartenberechnung aus Stereodaten wurde vorgestellt



- **Vorverarbeitung:**
Virtuelle Messung generieren
- **Höhenlayer:**
Aufintegrieren der Höheninformation
- **Fahrbahnlayer:**
Klassifikation der Messung in Fahrbahn und Hindernis
- **Belegungsgitter:**
Update der Belegungswahrscheinlichkeit

- ▶ Evaluation mit Hindernismodell zeigt gute Übereinstimmung

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

| Kontakt | Dipl.-Inform. Henning Lategahn | henning.lategahn@kit.edu | <http://www.mrt.uni-karlsruhe.de> |

