



Workshop „Farbbildverarbeitung“ Wuppertal 2014

Farbhistogrammgestützte 3D-Objektverfolgung in einem Mensch-Roboter- Überwachungsszenario

Daniel Kapusi

Rico Nestler

Karl-Heinz Franke

26. September 2014



Inhalt

1. Motivation
2. Kamerabasiertes Überwachungssystem
3. Problemstellung: Fusionierte Objekte
4. Konzept: Objektverfolgung
5. Zusammenfassung & Ausblick

Motivation

Im Hinblick auf eine hochflexible und effektive Produktion entstehen neue

Trends in der modernen Industrie

- Starke Individualisierung der Produkte
- Menschliche Erfahrungen, Kreativität und Fähigkeiten auch weiterhin während des Produktionsprozesses benötigt
- Zusammenrücken der Arbeitsbereiche von Mensch und Maschine



Quelle: Zukunftsbild „Industrie 4.0“ [\[BMBF\]](#)

Motivation

Auf der anderen Seite

- Maschinen sind potentiell gefährlich
- Menschen müssen vor den Gefahren geschützt werden

Konventionelle Sicherheitskonzepte

- Räumliche Trennung zwischen Mensch und Maschine



Kooperation ist eingeschränkt



Quelle: [AXELEN GmbH](#)

Kamerabasiertes Überwachungssystem

Aufhebung der Grenze zwischen Mensch und Maschine

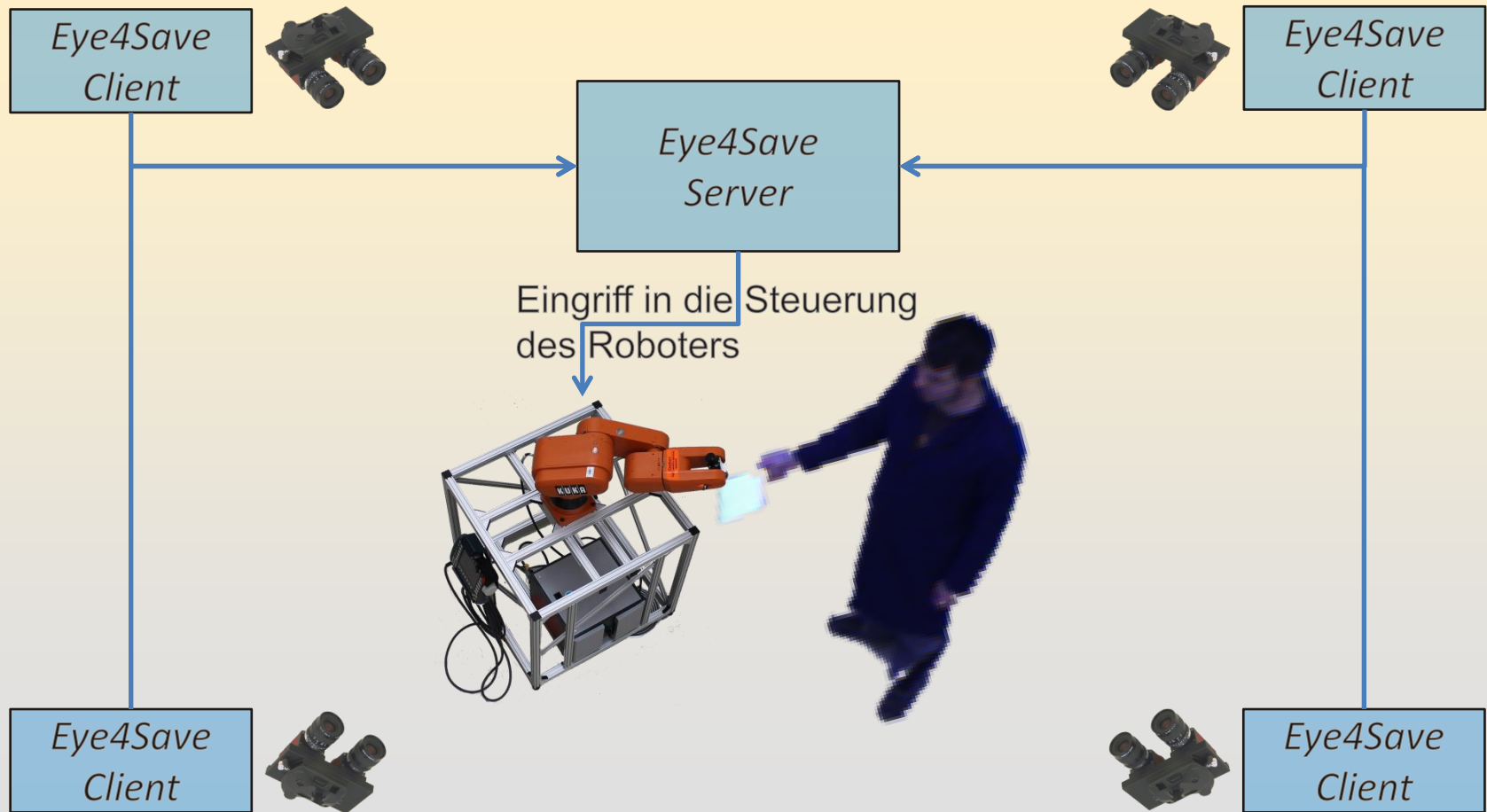
Barrierefreie Sicherheit



- visuelle 3D-Objektdetektion im Raum und relationale Bewertung
- Erkennung von gefährlichen Situationen und aktiver Eingriff in die Robotersteuerung zur Vermeidung von Kollisionen

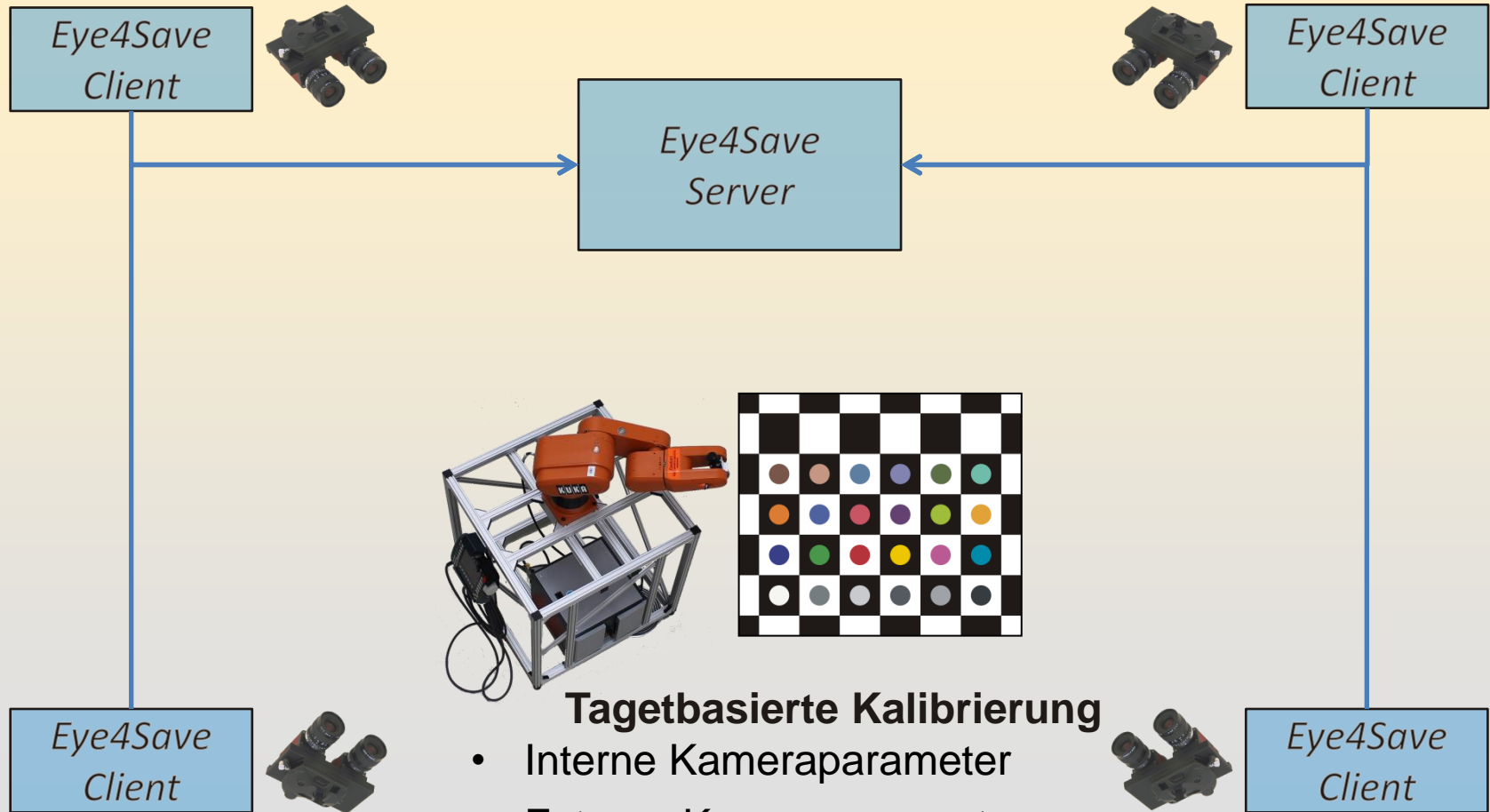
Kamerabasiertes Überwachungssystem

Eye4Save -Demonstrator



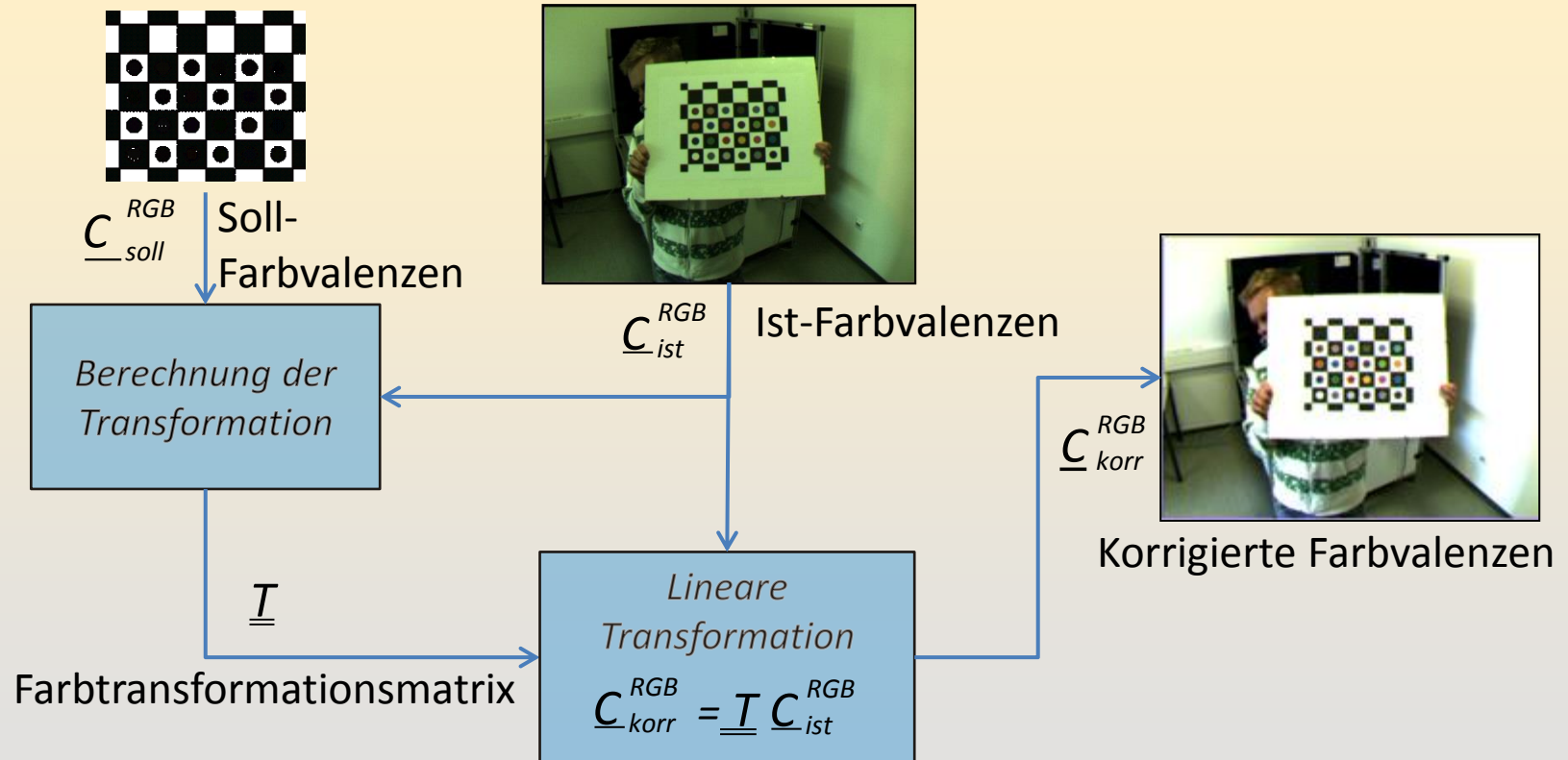
Kamerabasiertes Überwachungssystem

Einrichtung



Kamerabasiertes Überwachungssystem

Farbkalibrierung

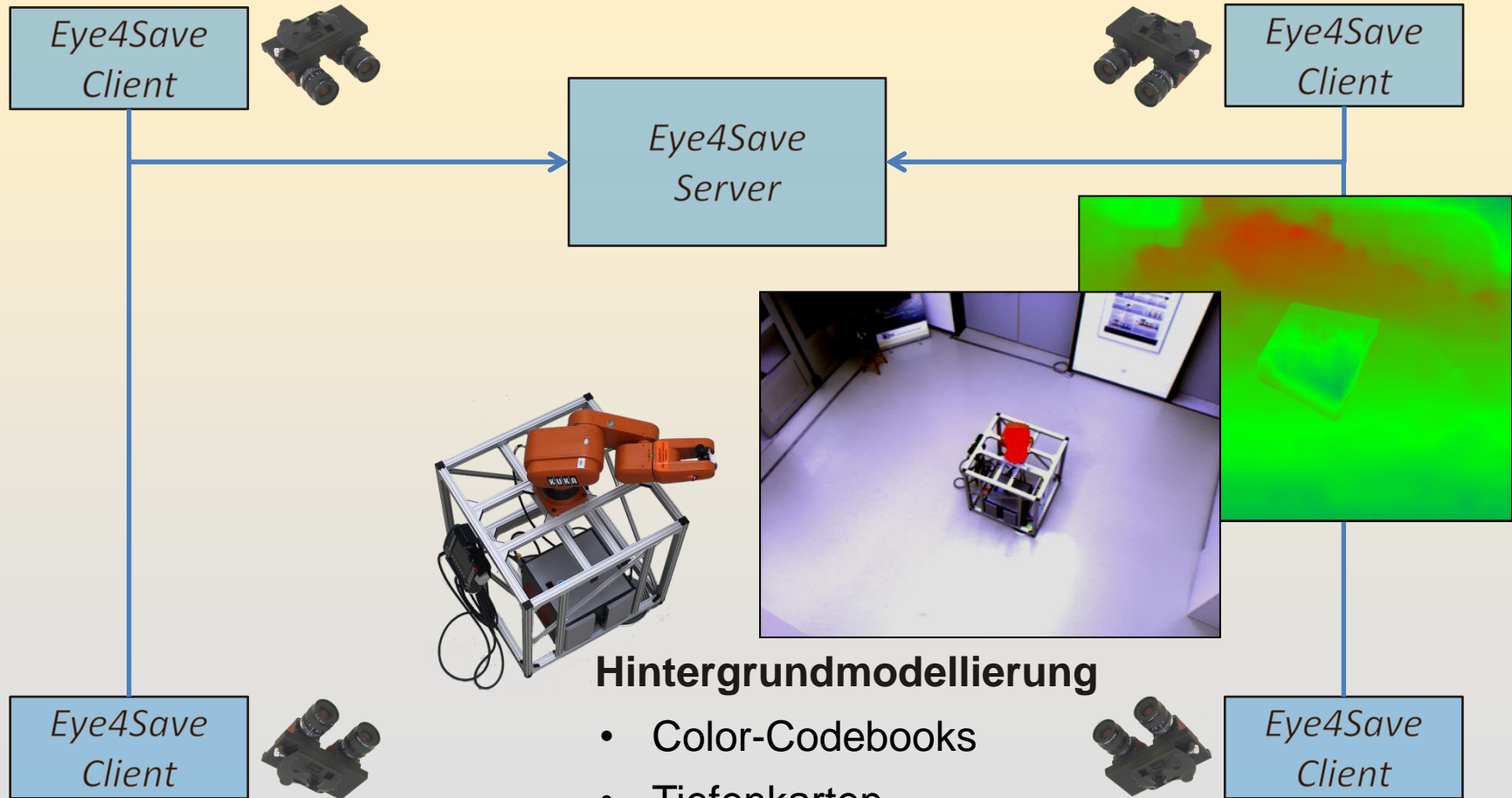


Ziel

- Fehlerminimierung bei der Verwendung von Farbmerkmalen aus sensorfusionierten Daten (Farbhistogramm aus mehreren Ansichten)

Kamerabasiertes Überwachungssystem

Einrichtung

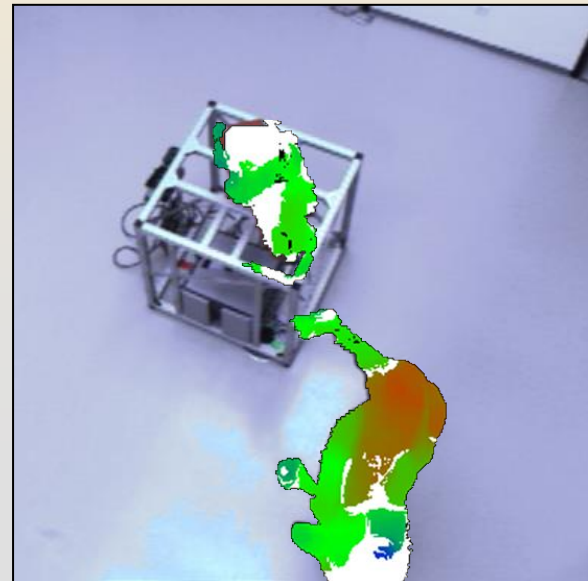
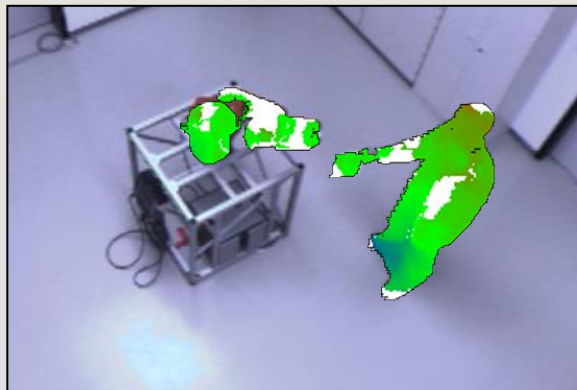
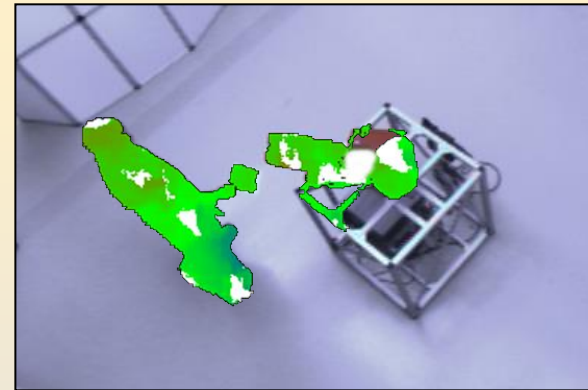
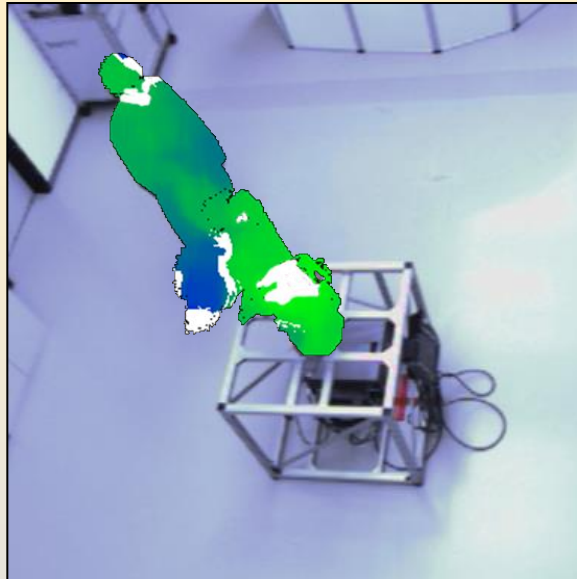


Hintergrundmodellierung

- Color-Codebooks
- Tiefenkarten

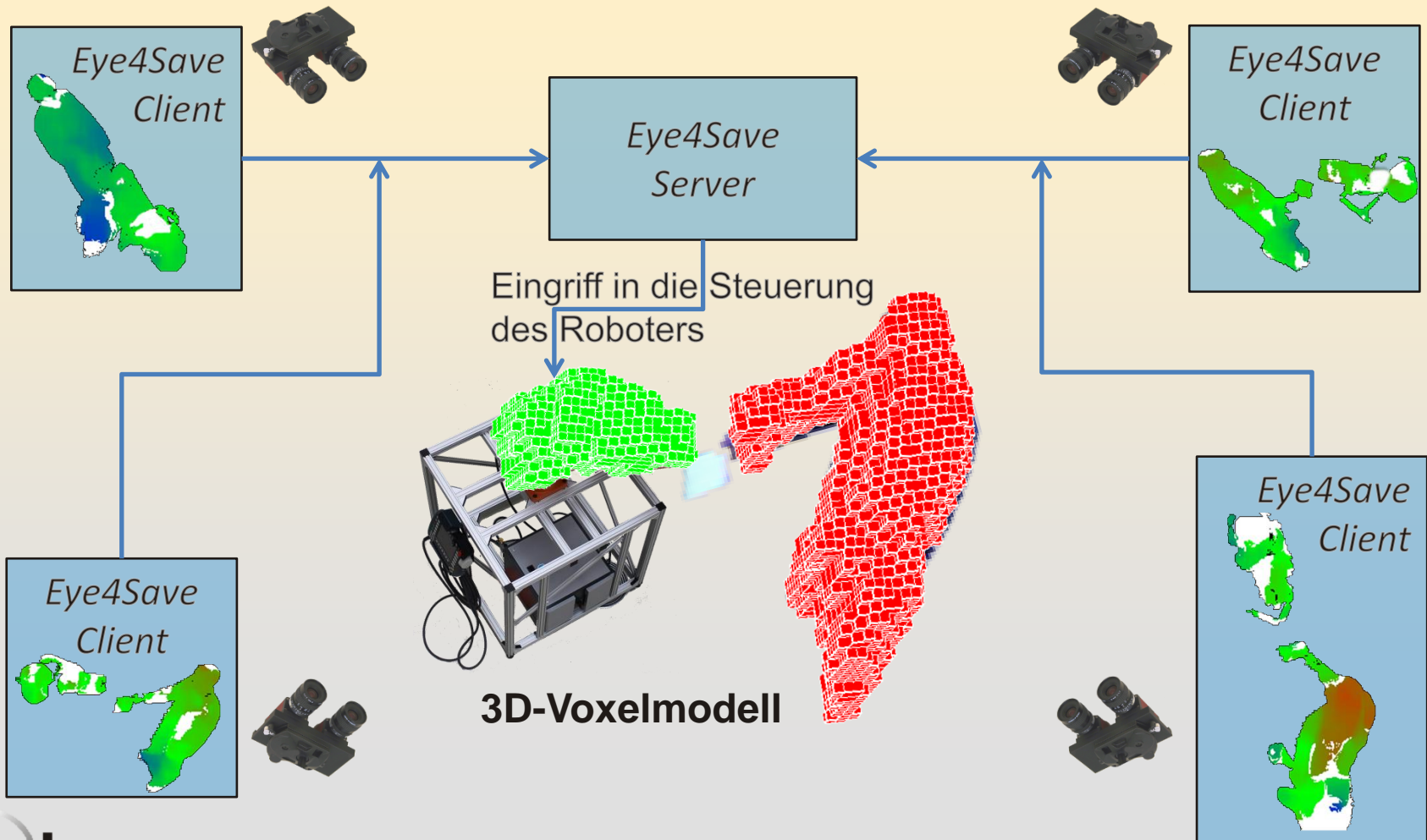
Kamerabasiertes Überwachungssystem

Detektion 2.5D-Vordergrundobjekte

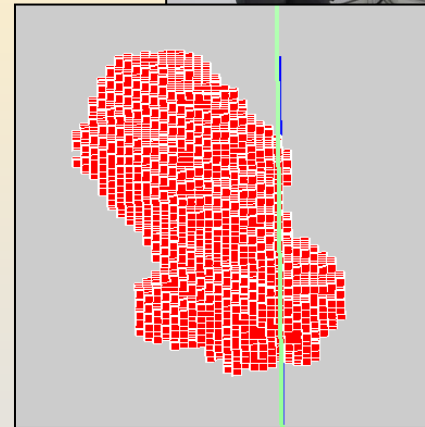
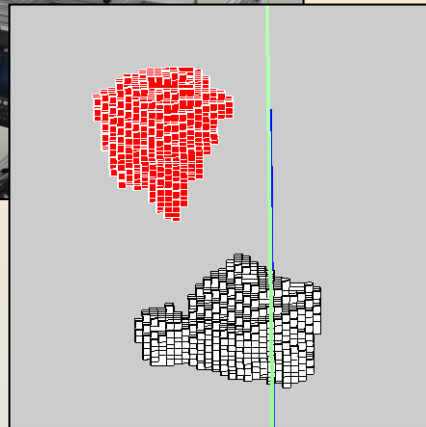
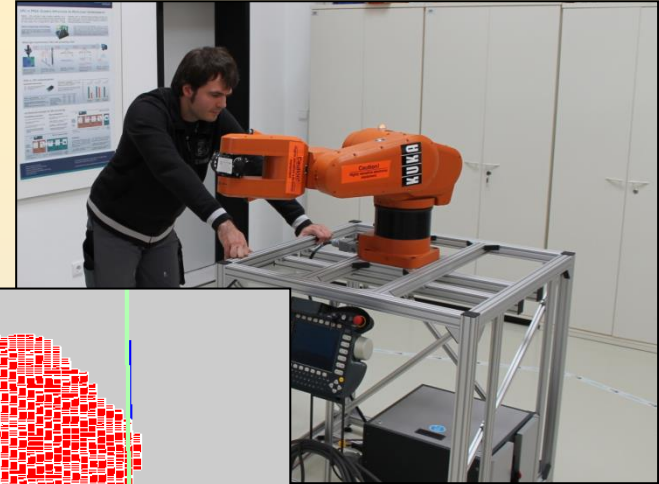
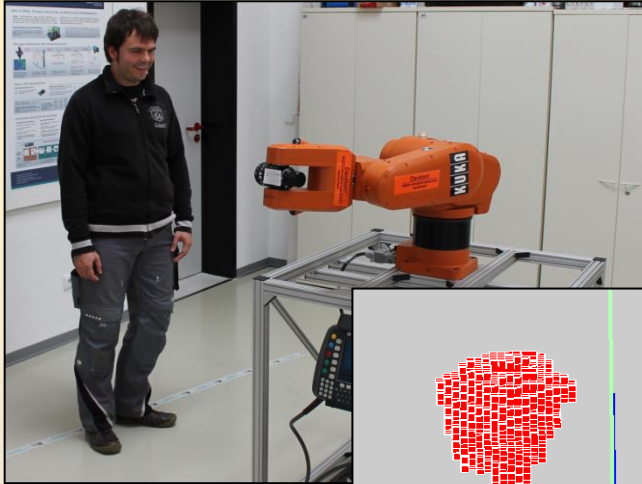


Kamerabasiertes Überwachungssystem

Detektion 3D-Objekte



Problemstellung: Fusionierte Objekte



Verschmelzung
von Mensch
und Roboter

Objekte im Voxelraum (Draufsicht)

- Objekte verschmelzen bei geringer Distanz
- Bestimmung von Objektrelationen nur über Betrachtung des zeitlichen Kontextes möglich

Problemstellung: Fusionierte Objekte

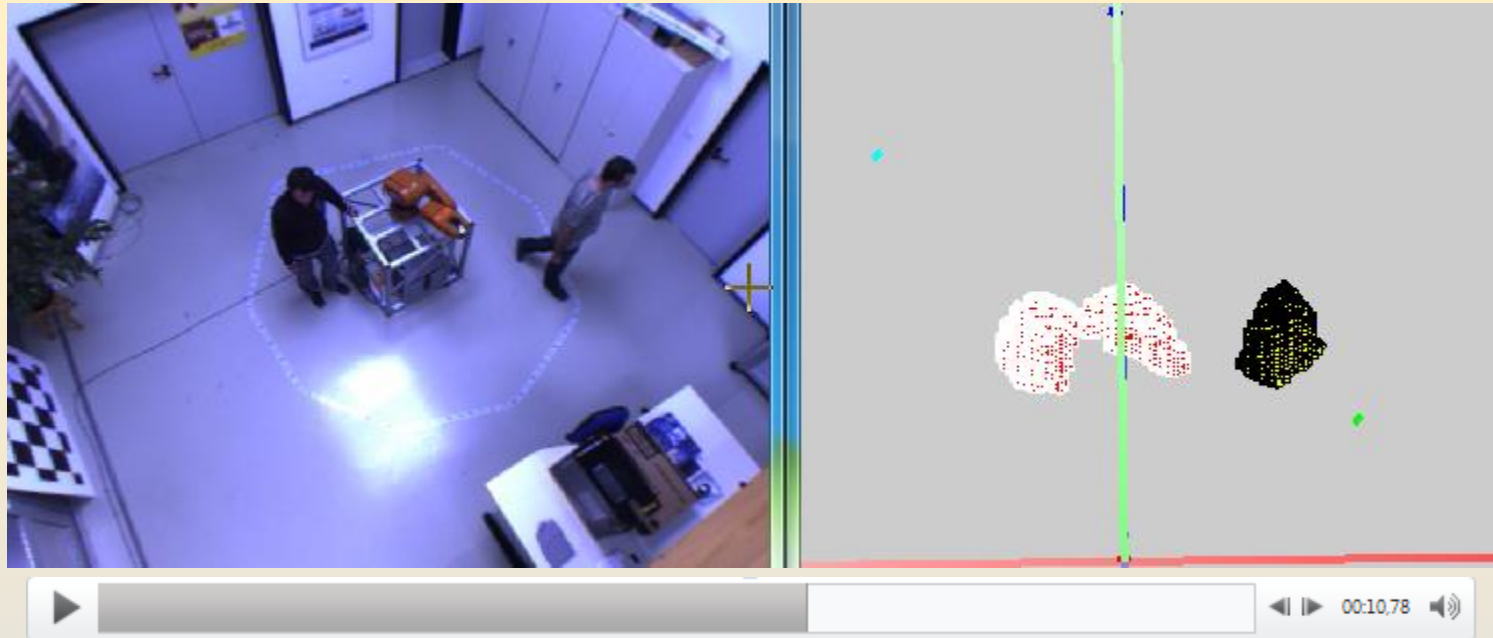


Bild von Kamera 1

Voxelraum (Draufsicht)

Beispielsequenz 1

- verschmolzenes 2-Personenobjekt verschmilzt mit Roboterobjekt
- Nur 1 Personenobjekt verlässt den Arbeitsbereich des Roboters
- Bilanz bzgl. Roboterobjekt: **1 Verschmelzung - 1 Zerfall = 0**



Roboter darf trotz 0-Bilanz nicht anfahren

Problemstellung: Fusionierte Objekte



Bild von Kamera 1

Voxelraum (Draufsicht)

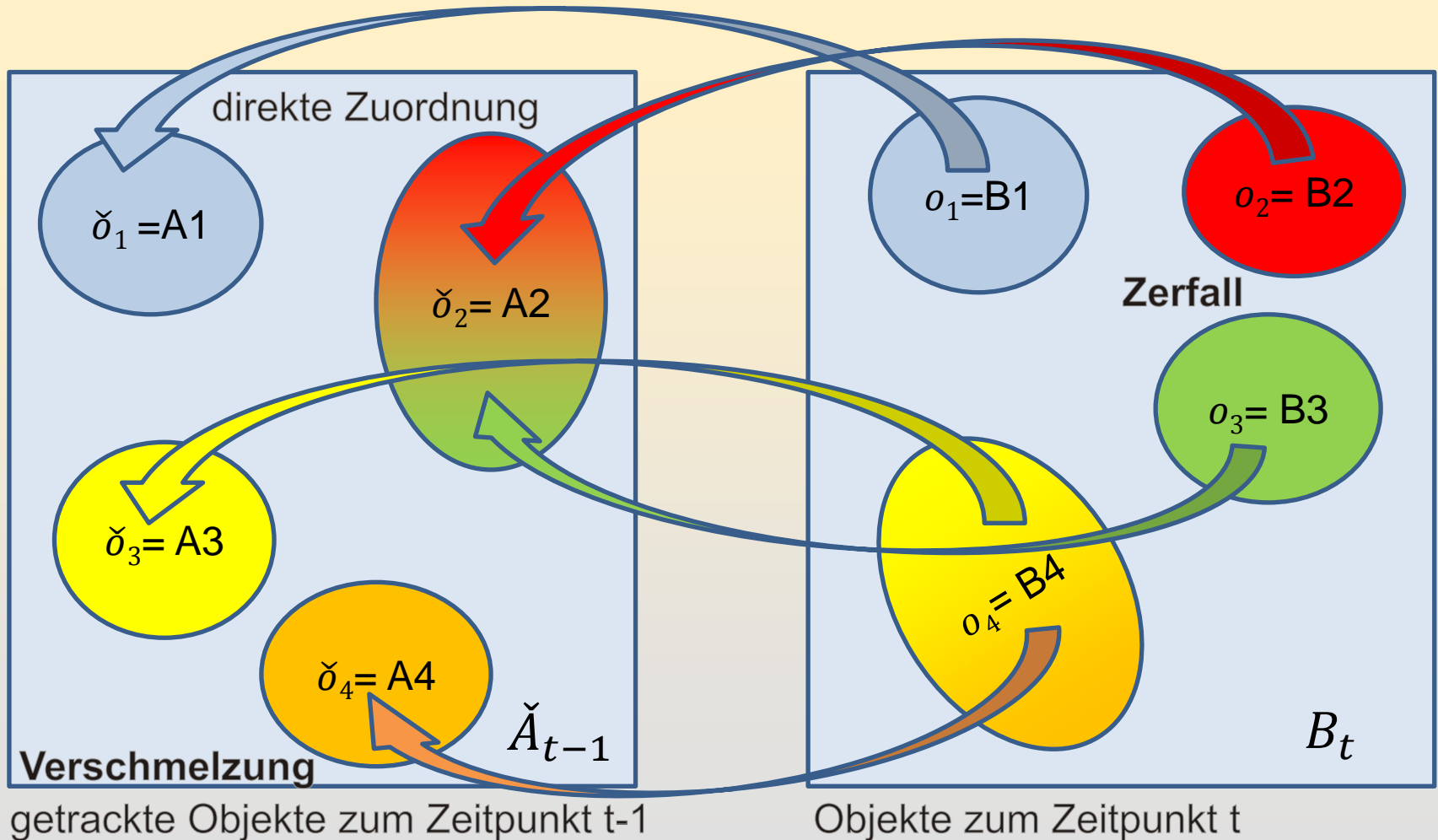
Beispielsequenz 2

- Zwei 1-Personenobjekte verschmelzen nacheinander mit Roboterobjekt
- Verschmolzenes 2-Personenobjekt verlässt Arbeitsbereich des Roboters
- Bilanz bzgl. Roboterobjekt: **2 Verschmelzungen - 1 Zerfall = 1**



Roboter sollte trotz positiver Bilanz wieder anfahren

Konzept: Objektverfolgung



Verschmelzung

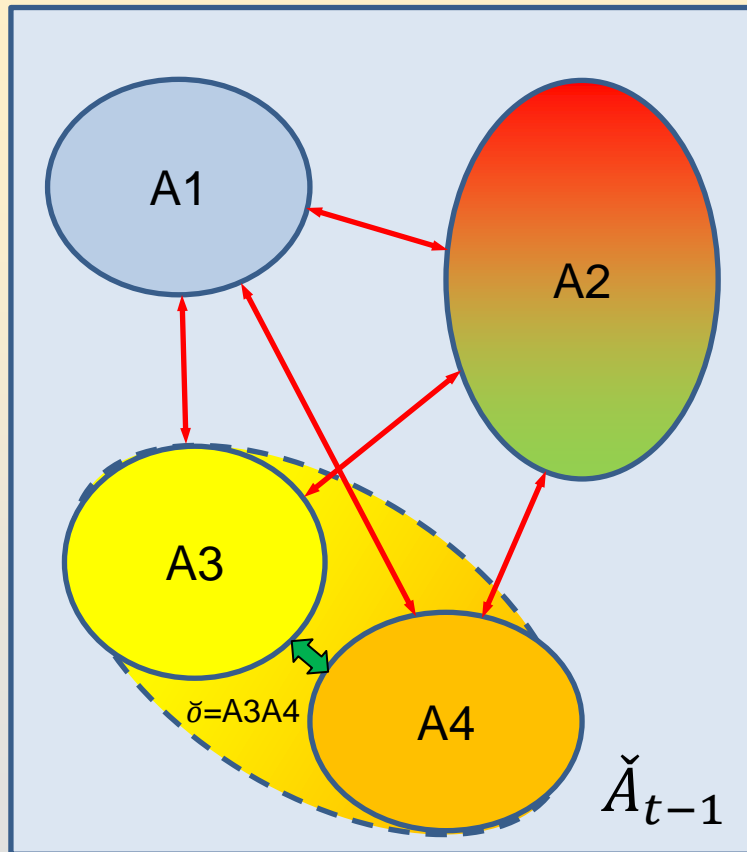
getrackte Objekte zum Zeitpunkt t-1

Objekte zum Zeitpunkt t

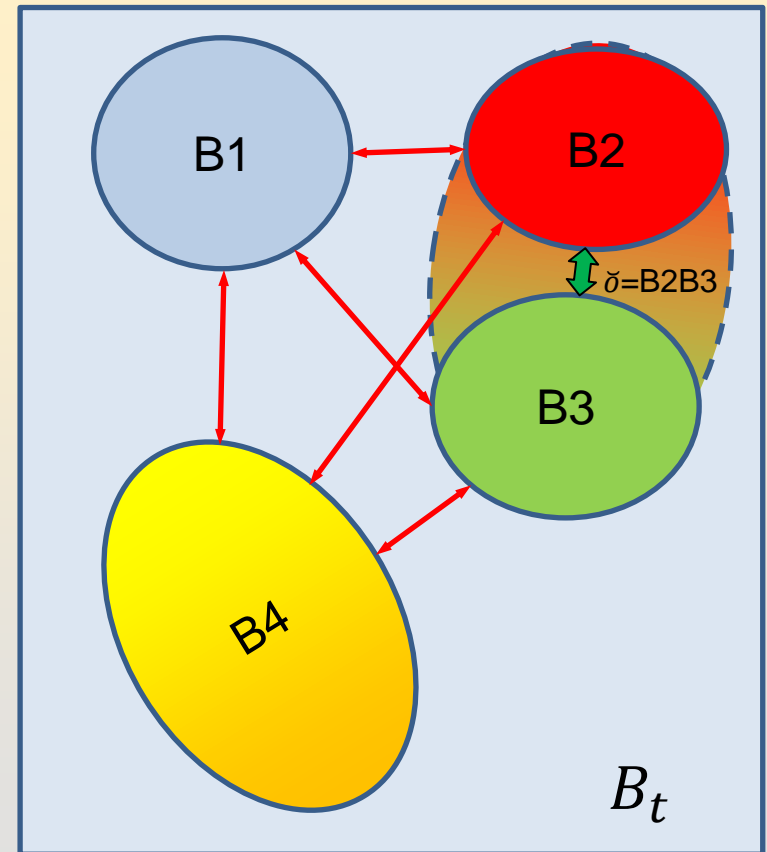
Ziel

- Zuordnung der Objekte $o \in B_t$ zu den Objekten $\check{o} \in \check{A}_{t-1}$

Konzept: Objektverfolgung



getrackte Objekte zum Zeitpunkt $t-1$



Objekte zum Zeitpunkt t

Kandidaten für Verschmelzung und Zerfall

- Auswahl basierend auf den kürzesten Interobjektdistanzen

Konzept: Objektverfolgung

Ähnlichkeitsmerkmale zwischen Objekten

- Differenz der Schwerpunktposition
- Volumendifferenz
- Distanzmaße für histogrammbasiertes Farbmatching, z. B.
 - χ^2 – Test
 - Summe der quadrierten Differenzen (SSD)
 - Histogrammschnitt

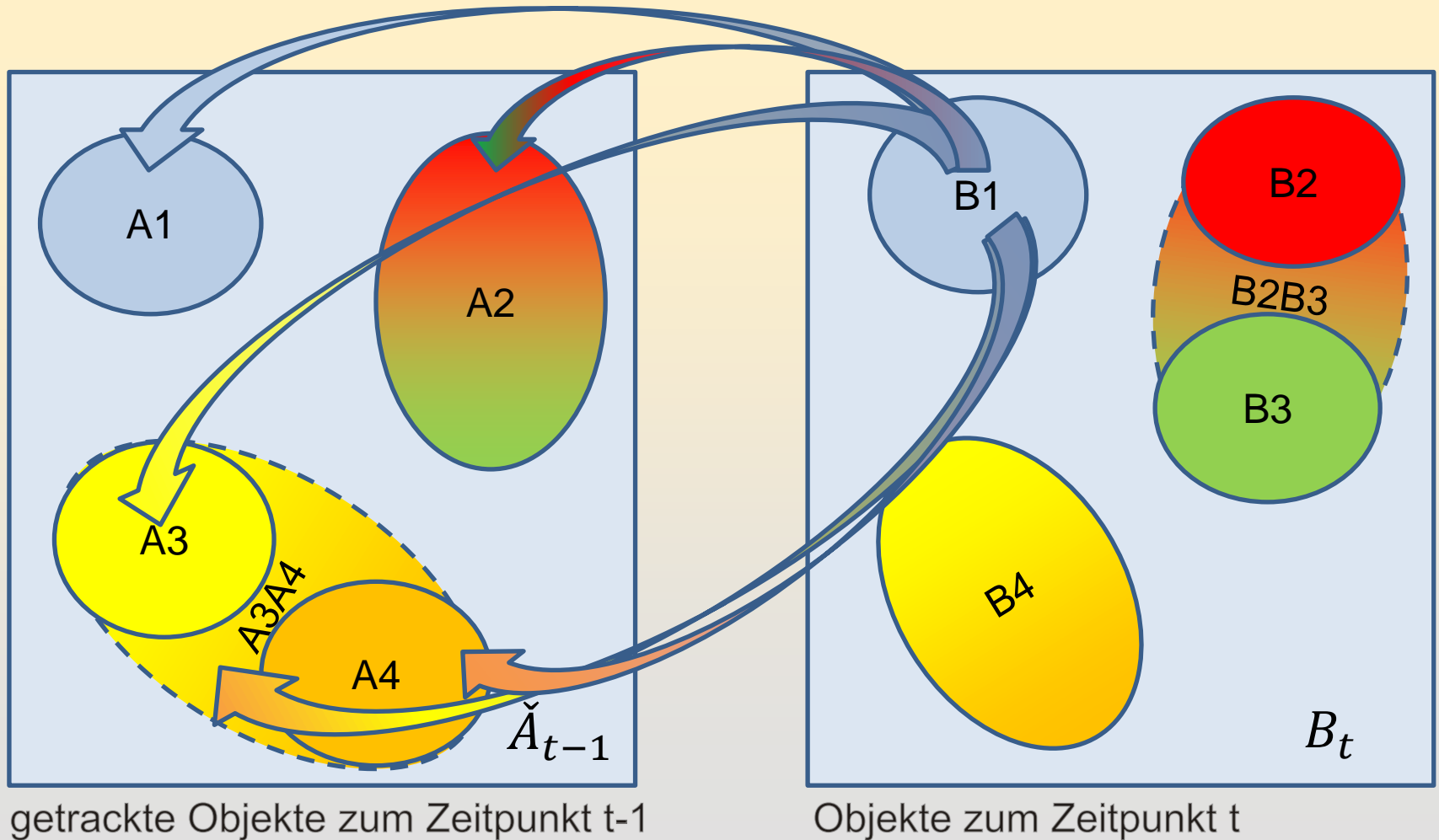
Merkmalsfusion

- Min-Max-Normierung der Einzelmerkmale (Wertebereich 0-1)
- Fusion durch gewichtete euklidische Distanz im normierten Merkmalsraum

Ähnlichkeitsprüfung

- Alle Einzelobjekte $\forall o \in B_t$ mit allen Einzelobjekten $\forall \check{o} \in \check{A}_{t-1}$
- Alle Einzelobjekte $\forall o \in B_t$ mit allen Verschmelzungskandidaten $\forall \check{o} \in \check{A}_{t-1}$
- Alle Zerfallskandidaten $\forall \check{o} \in \check{B}_t$ mit allen Einzelobjekten $\forall \check{o} \in \check{A}_{t-1}$

Konzept: Objektverfolgung

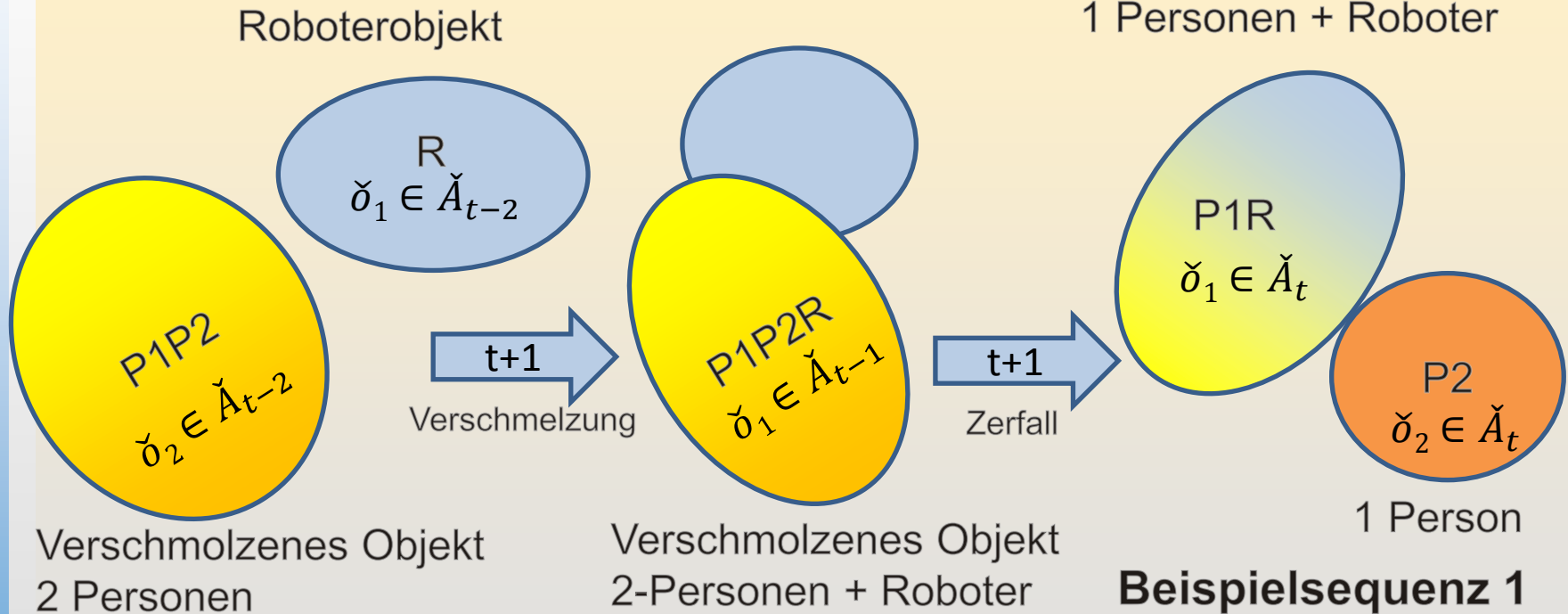


Objektzuordnungen $B_t \rightarrow \check{A}_{t-1}$, $B_t \rightarrow \check{A}_{t-1}$ und $\check{B}_t \rightarrow \check{A}_{t-1}$ in der Reihenfolge der ähnlichsten Paarungen

Konzept: Objektverfolgung

Identifizierung von verschmolzenen Objekten nach Zerfall

(siehe Beispielsequenzen 1 & 2)



$$H_{t-2}(\check{o}_1) = H_R$$

$$H_{t-2}(\check{o}_2) = H_{P1P1}$$

**Differenzen der
volumengewichteten
Histogramme**

$$H_{P1} = H_{P1R} - H_R = H_t(\check{o}_1) - H_{t-2}(\check{o}_1)$$

$$H_{P1} = H_{P1P2} - H_{P2} = H_{t-2}(\check{o}_2) - H_t(\check{o}_2)$$

$$H_t(\check{o}_1) = H_{P1R}$$

$$H_t(\check{o}_2) = H_{P2}$$

Zusammenfassung & Ausblick

Kamerabasiertes Überwachungssystem

- Sichere Erkennung von Mensch und Maschinen
- geometrische und colorimetrische Kalibrierung
- Vordergrund-Hintergrund-Erkennung aus Kombination Farbe & Tiefe
- durch Sensorfusion entstehen 3D-Objekte im Voxelraum

Konzept: Objektverfolgung

- Zur Behandlung von verschmolzenen Objekten
- Bildung von Verschmelzungs- und Zerfallskandidaten
- Objektzuordnungen basierend auf Merkmalen Schwerpunkt, Volumen und Farbverteilung

Ausblick

- Umsetzung des Konzeptes der Objektverfolgung
- Lösungsmöglichkeiten: gegenseitige Verdeckungen beeinflussen Histogramme
- Erkennung nicht intendierter Gesten aus Objektverhalten über die Zeit