

Multi-Cue-Ansatz für ein dynamisches Auffälligkeitssystem zur visuellen Personenlokalisierung

Ulf-Dietrich Braumann

ulf@informatik.uni-leipzig.de

www.informatik.uni-leipzig.de/~ulf

4. September 2001

1 Motivation

1 Motivation

Szenario der Arbeit:

- Interaktion zwischen Personen und mobilen Robotersystemen (MMI)
- Voraussetzung: Lokalisation von unpräparierten Personen in unpräparierten Umgebungen durch Verwendung eines Satzes von Auffälligkeitskomponenten (Cues)
- gestenbasierte Interaktion (Corradini 2000)
 - ↪ **visuell-basierte Personenlokalisierung**

1 Motivation

Szenario der Arbeit:

- Interaktion zwischen Personen und mobilen Robotersystemen (MMI)
- Voraussetzung: Lokalisation von unpräparierten Personen in unpräparierten Umgebungen durch Verwendung eines Satzes von Auffälligkeitskomponenten (Cues)
- gestenbasierte Interaktion (Corradini 2000)
 - ↪ **visuell-basierte Personenlokalisation**

1 Motivation

Szenario der Arbeit:

- Interaktion zwischen Personen und mobilen Robotersystemen (MMI)
- Voraussetzung: Lokalisation von unpräparierten Personen in unpräparierten Umgebungen durch Verwendung eines Satzes von Auffälligkeitskomponenten (Cues)
- gestenbasierte Interaktion (Corradini 2000)
↪ **visuell-basierte Personenlokalisation**

1 Motivation

Szenario der Arbeit:

- Interaktion zwischen Personen und mobilen Robotersystemen (MMI)
- Voraussetzung: Lokalisation von unpräparierten Personen in unpräparierten Umgebungen durch Verwendung eines Satzes von Auffälligkeitskomponenten (Cues)
- gestenbasierte Interaktion (Corradini 2000)
 - ↪ **visuell-basierte Personenlokalisation**

1 Motivation

Szenario der Arbeit:

- Interaktion zwischen Personen und mobilen Robotersystemen (MMI)
- Voraussetzung: Lokalisation von unpräparierten Personen in unpräparierten Umgebungen durch Verwendung eines Satzes von Auffälligkeitskomponenten (Cues)
- gestenbasierte Interaktion (Corradini 2000)
 - ↪ **visuell-basierte Personenlokalisation**

1 Motivation

Szenario der Arbeit:

- Interaktion zwischen Personen und mobilen Robotersystemen (MMI)
- Voraussetzung: Lokalisation von unpräparierten Personen in unpräparierten Umgebungen durch Verwendung eines Satzes von Auffälligkeitskomponenten (Cues)
- gestenbasierte Interaktion (Corradini 2000)
 - ↪ **visuell-basierte Personenlokalisierung**

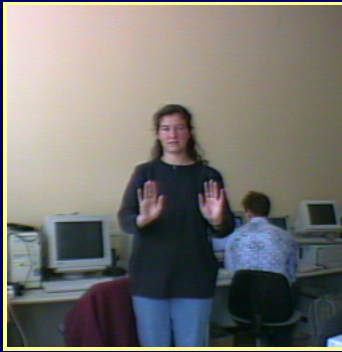
1 Motivation (Forts.)

Beispiele typischer Gesten:

Achtung/Hallo



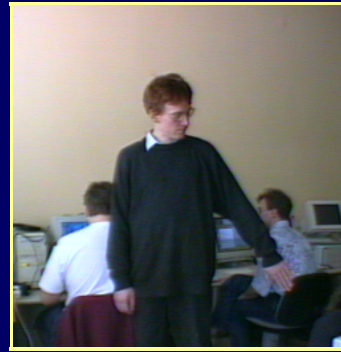
Halt



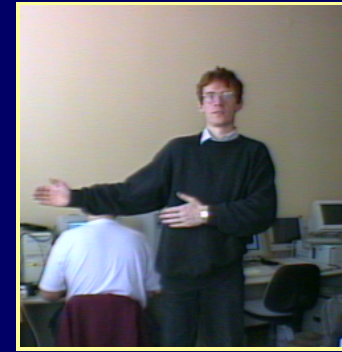
nach vorn links



nach vorn rechts



nach links



nach rechts



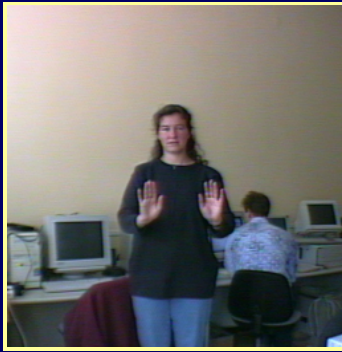
1 Motivation (Forts.)

Beispiele typischer Gesten:

Achtung/Hallo



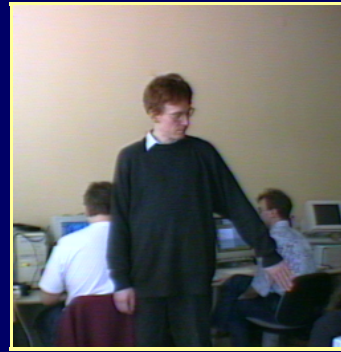
Halt



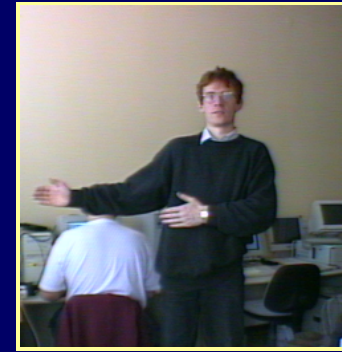
nach vorn links



nach vorn rechts



nach links



nach rechts



Roboterplattformen:

MILVA



PERSES



1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Visuell-basierte Personenlokalisierung:

- ist ein spezielles Figure-Ground-Problem,
- erfordert eine hohe Robustheit,
- beinhaltet die Einbeziehung von Tiefeninformation,
- verlangt die Verarbeitung erheblicher Datenmengen
 $\leadsto$ höchstmögliche Effizienz der Verfahren,
- weist nutzbare Einschränkungen der Komplexität auf
 (Personen aufrecht und frontal ausgerichtet),
- wird vom biol. visuellen Apparat solide beherrscht

1 Motivation (Forts.)

Bekannte prinzipielle Ansätze:

Personenlokalisierung

- **unimodal**

mit **Hautfarbmodellen**, anhand der **Körpersilhouette**, durch aktive **Körpermodellierung** (elliptische Farbsegmente), mit **elastischem Graph-Matching** zur Gesichtsdetektion

- **multimodal**

durch **audio-visuelle Fusion** („Talking Face“), durch (z. T. kausale) **Fusion von Hautfarb- und anderen Cues**, z. B. Bewegungsmustern, Silhouetten

1 Motivation (Forts.)

Bekannte prinzipielle Ansätze:

Personenlokalisierung

- **unimodal**

mit **Hautfarbmodellen**, anhand der **Körpersilhouette**, durch aktive **Körpermodellierung** (elliptische Farbsegmente), mit **elastischem Graph-Matching** zur Gesichtsdetektion

- **multimodal**

durch **audio-visuelle Fusion** („Talking Face“), durch (z. T. kausale) **Fusion von Hautfarb- und anderen Cues**, z. B. Bewegungsmustern, Silhouetten

1 Motivation (Forts.)

Bekannte prinzipielle Ansätze:

Personenlokalisierung

- **unimodal**

mit **Hautfarbmodellen**, anhand der **Körpersilhouette**, durch aktive **Körpermodellierung** (elliptische Farbsegmente), mit **elastischem Graph-Matching** zur Gesichtsdetektion

- **multimodal**

durch **audio-visuelle Fusion** („Talking Face“), durch (z. T. kausale) **Fusion von Hautfarb- und anderen Cues**, z. B. Bewegungsmustern, Silhouetten

1 Motivation (Forts.)

Gegenstand der Arbeit:

Entwicklung und Bereitstellung

- eines leistungsfähigen neuartigen Multi-Cue-(Mehrkomponenten)-Ansatzes zur dynamischen Bildung eines multiplen visuellen Auffälligkeitsmaßes für die visuelle Personenlokalisierung als Basiskomponente zur visuellen Szenenanalyse eines autonomen mobilen Robotersystems.

1 Motivation (Forts.)

Gegenstand der Arbeit:

Entwicklung und Bereitstellung

- eines leistungsfähigen neuartigen Multi-Cue-(Mehrkomponenten)-Ansatzes zur dynamischen Bildung eines multiplen visuellen Auffälligkeitsmaßes für die visuelle Personenlokalisierung als Basiskomponente zur visuellen Szenenanalyse eines autonomen mobilen Robotersystems.

1 Motivation (Forts.)

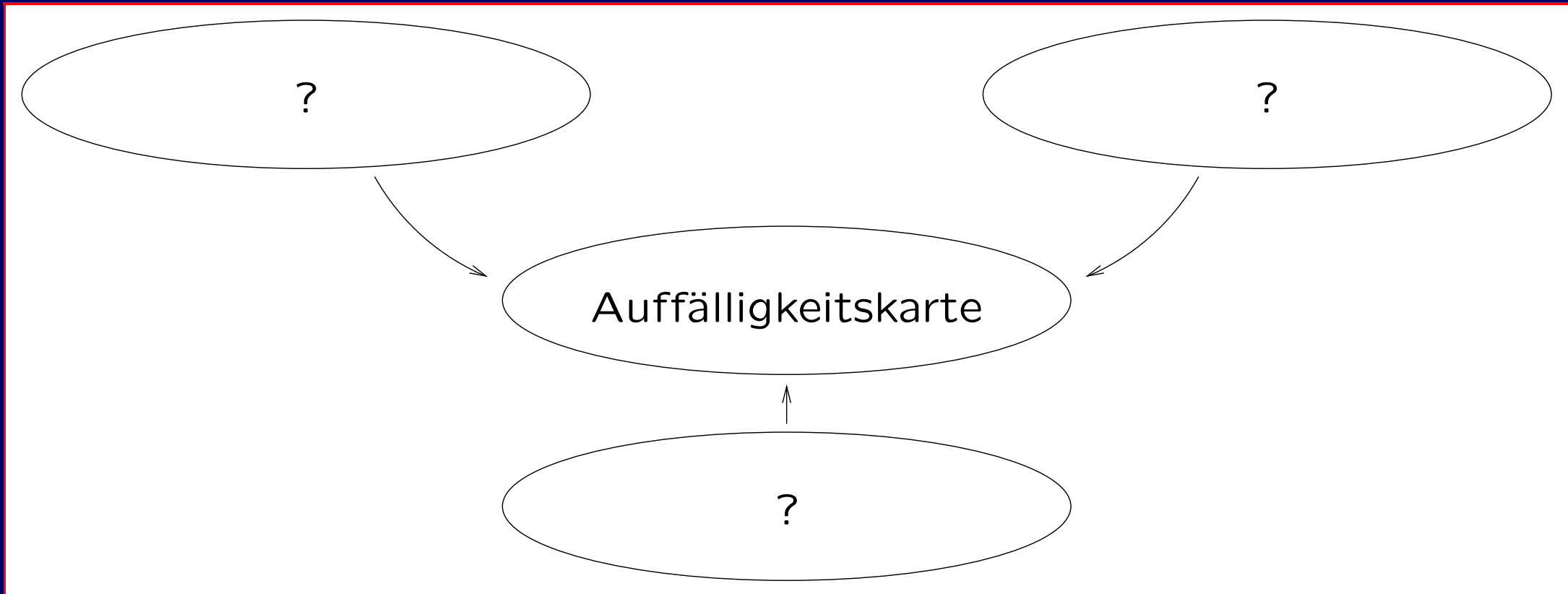
Gegenstand der Arbeit:

Entwicklung und Bereitstellung

- eines leistungsfähigen neuartigen Multi-Cue- (Mehrkomponenten)-Ansatzes zur dynamischen Bildung eines multiplen visuellen Auffälligkeitsmaßes für die visuelle Personenlokalisierung als Basiskomponente zur visuellen Szenenanalyse eines autonomen mobilen Robotersystems.

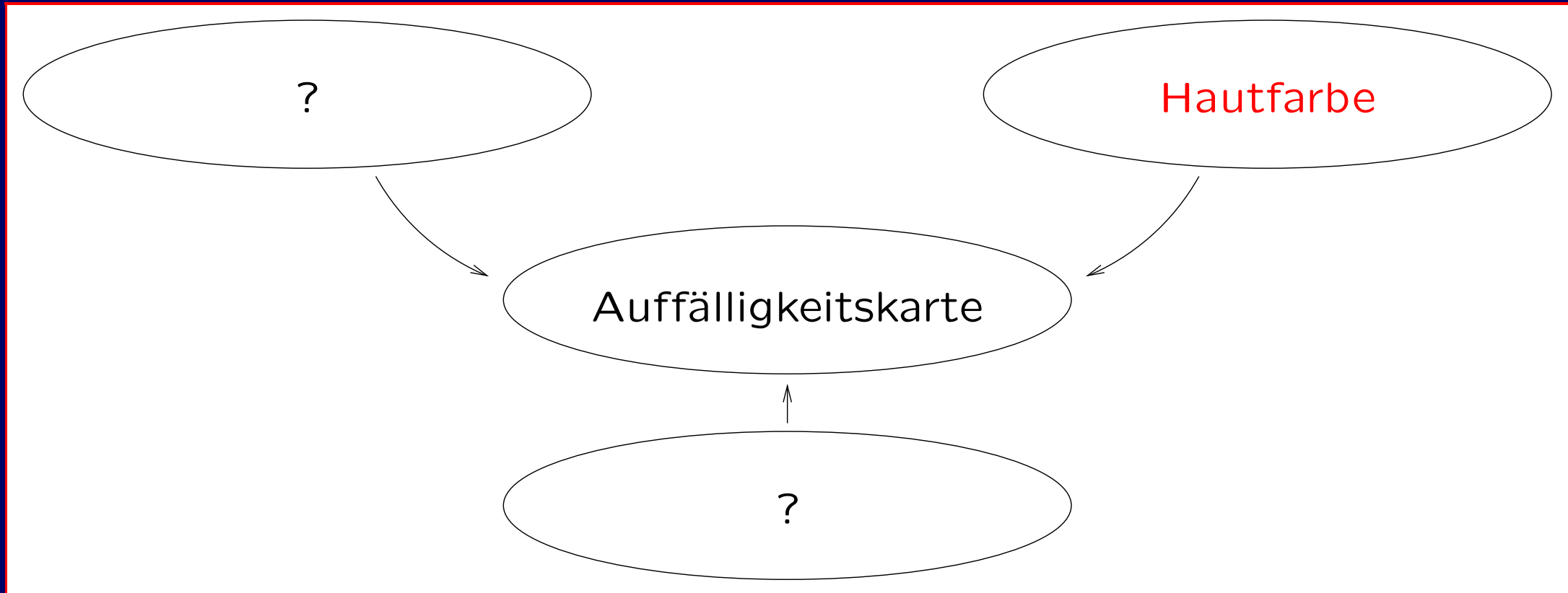
1 Motivation (Forts.)

Personenspezifische Auffälligkeitskomponenten:



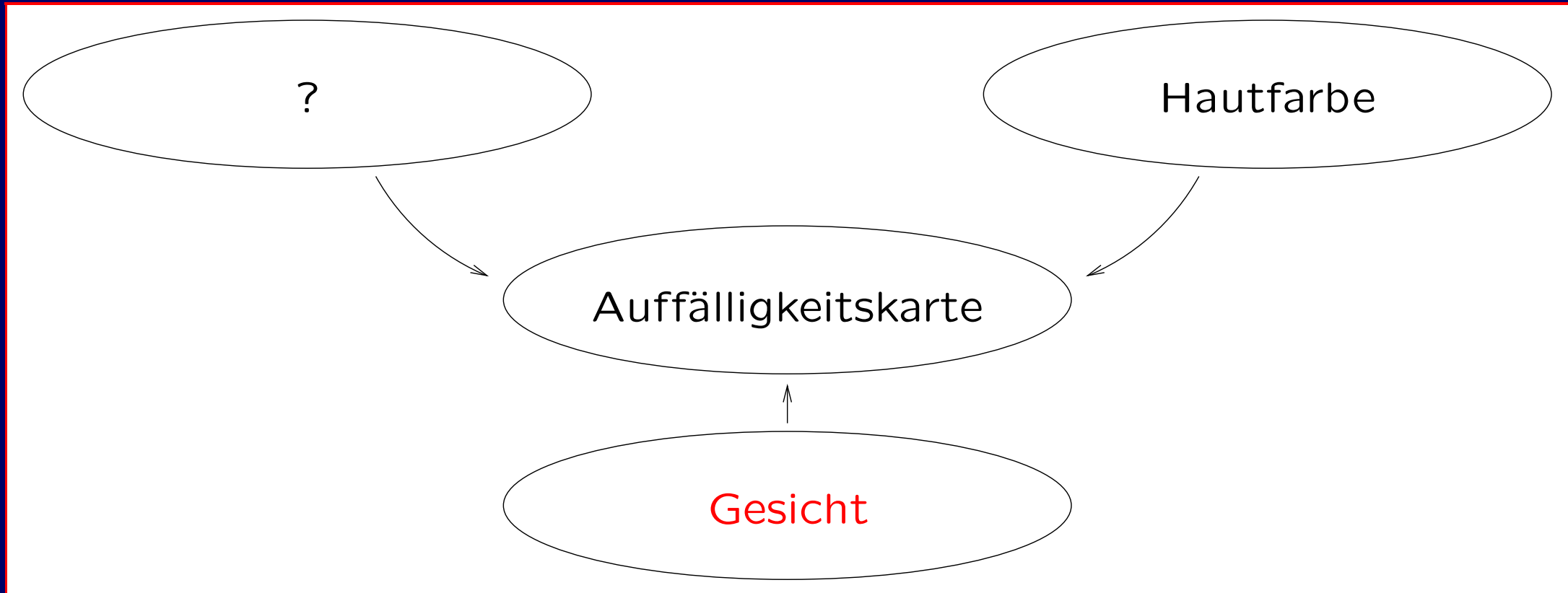
1 Motivation (Forts.)

Personenspezifische Auffälligkeitskomponenten:



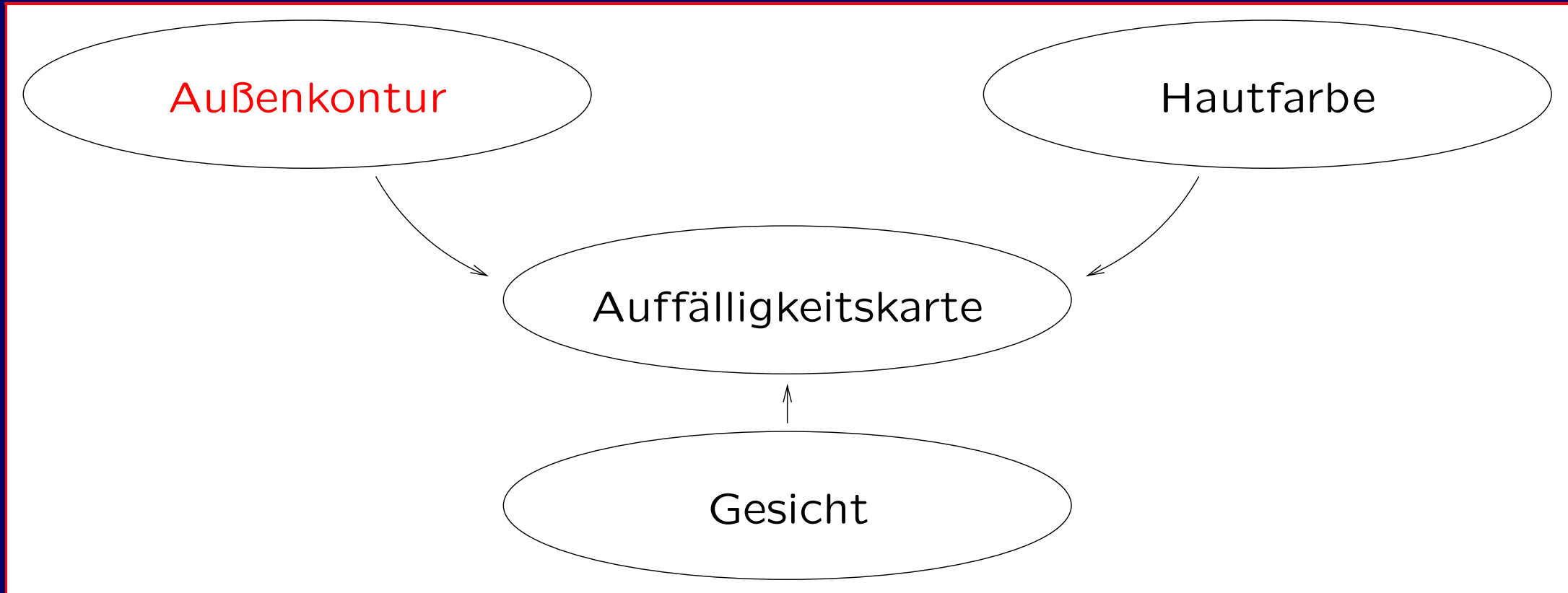
1 Motivation (Forts.)

Personenspezifische Auffälligkeitskomponenten:



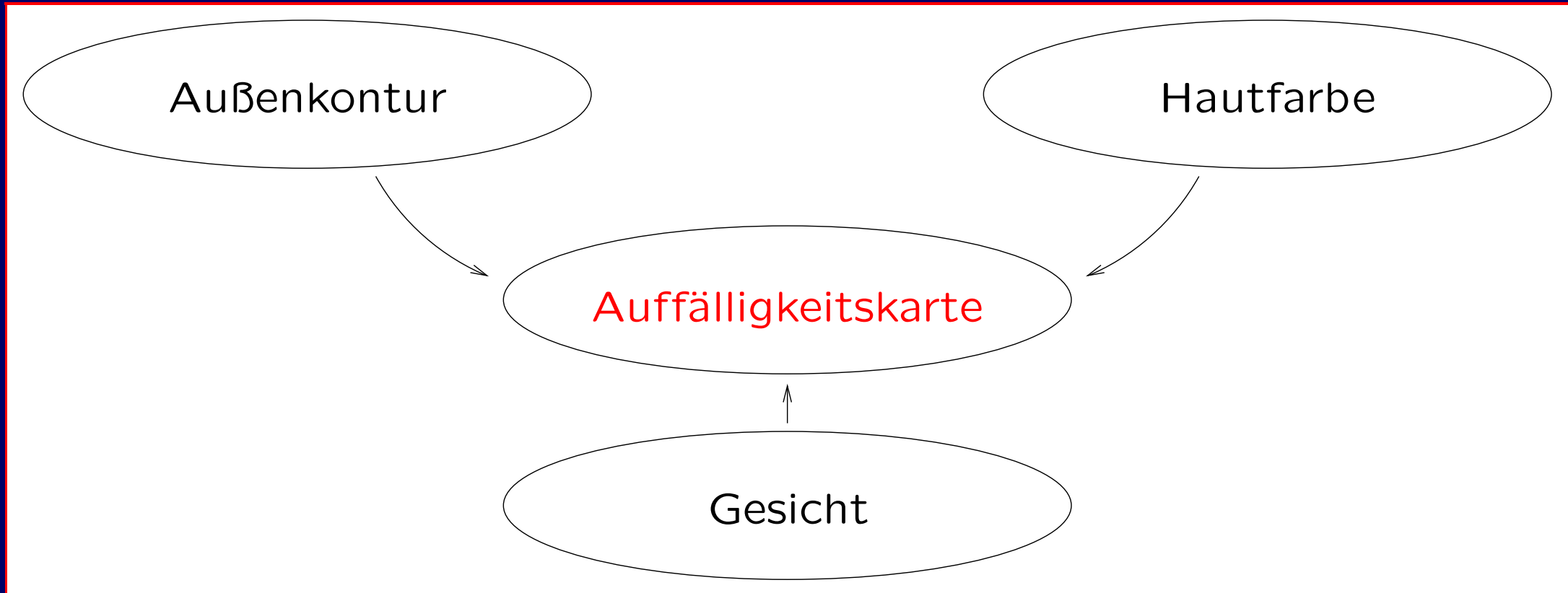
1 Motivation (Forts.)

Personenspezifische Auffälligkeitskomponenten:

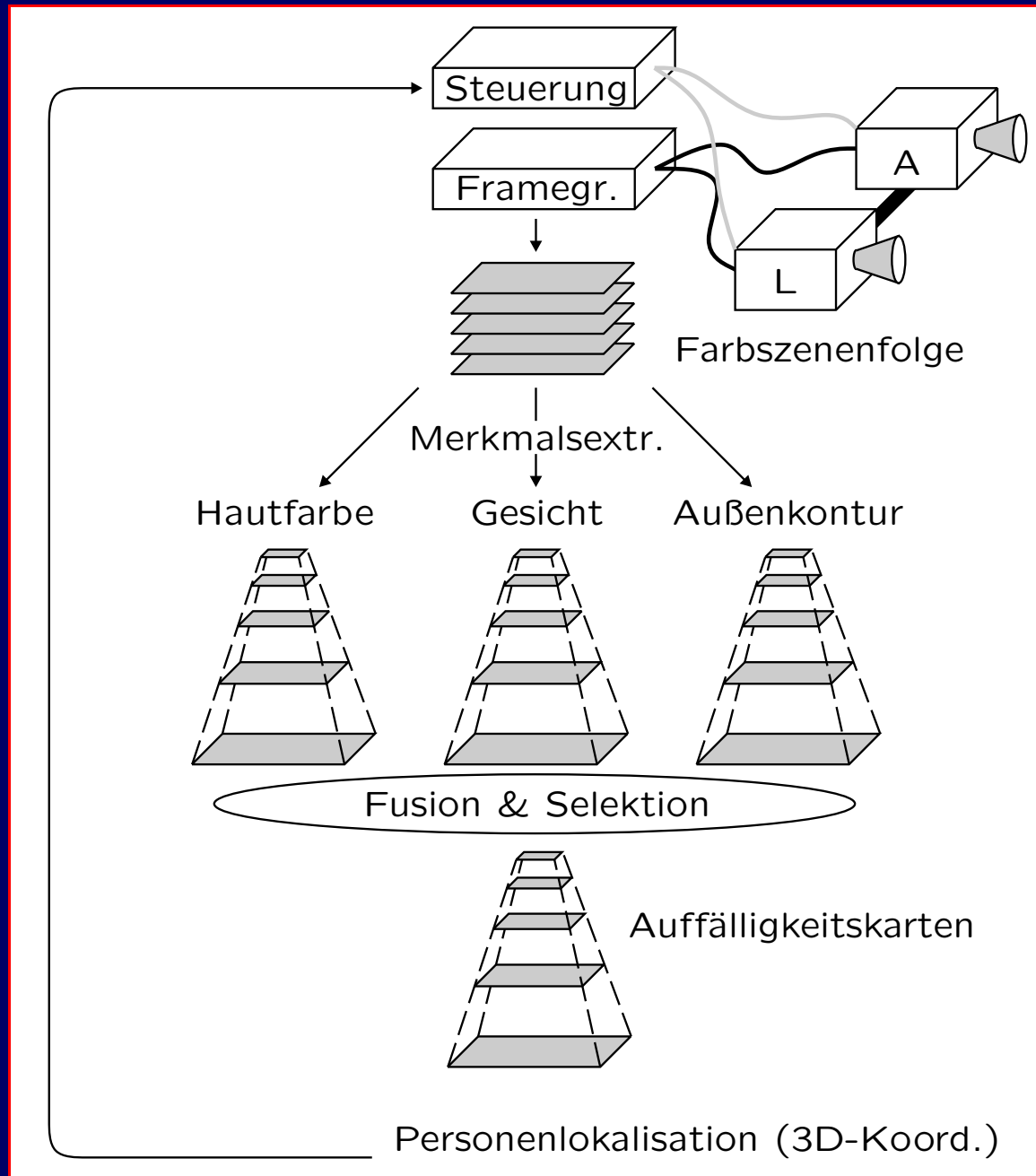


1 Motivation (Forts.)

Personenspezifische Auffälligkeitskomponenten:



1 Motivation (Forts.)



Verarbeitungsablauf:

von der
Bildaufnahme

über
Merkmalsextraktion

und
-fusion

bis hin zur
Personenlokalisierung

Gliederung des weiteren Vortrags

1. Motivation
2. Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept
3. Hautfarbdetektion
4. Gesichtsdetektion
5. Konturdetektion
6. Personenlokalisierung
7. Abschluß

Gliederung des weiteren Vortrags

1. Motivation
2. Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept
3. Hautfarbdetektion
4. Gesichtsdetektion
5. Konturdetektion
6. Personenlokalisierung
7. Abschluß

Gliederung des weiteren Vortrags

1. Motivation
2. Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept
3. Hautfarbdetektion
4. Gesichtsdetektion
5. Konturdetektion
6. Personenlokalisierung
7. Abschluß

Gliederung des weiteren Vortrags

1. Motivation
2. Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept
3. Hautfarbdetektion
4. Gesichtsdetektion
5. Konturdetektion
6. Personenlokalisierung
7. Abschluß

Gliederung des weiteren Vortrags

1. Motivation
2. Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept
3. Hautfarbdetektion
4. Gesichtsdetektion
5. Konturdetektion
6. Personenlokalisierung
7. Abschluß

Gliederung des weiteren Vortrags

1. Motivation
2. Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept
3. Hautfarbdetektion
4. Gesichtsdetektion
5. Konturdetektion
6. Personenlokalisierung
7. Abschluß

2 Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept

2 Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept

Relevanz für diese Arbeit:

- Einbeziehung einer Entfernungsschätzung in die Personenlokalisierung durch den Einsatz von Auflösungspyramiden:
 - ~> unveränderte Operatoren können direkt auf ortsfrequenzmäßig begrenzte und skalierte Bildinstanzen angewendet werden (z. B. Rosenfeld 1984)
 - ~> Zahl der erforderlichen Operationen wird erheblich vermindert

2 Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept

Relevanz für diese Arbeit:

- Einbeziehung einer Entfernungsschätzung in die Personenlokalisierung durch den Einsatz von Auflösungspyramiden:
 - ~> unveränderte Operatoren können direkt auf ortsfrequenzmäßig begrenzte und skalierte Bildinstanzen angewendet werden (z. B. Rosenfeld 1984)
 - ~> Zahl der erforderlichen Operationen wird erheblich vermindert

2 Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept

Relevanz für diese Arbeit:

- Einbeziehung einer Entfernungsschätzung in die Personenlokalisierung durch den Einsatz von Auflösungspyramiden:
- ~> unveränderte Operatoren können direkt auf ortsfrequenzmäßig begrenzte und skalierte Bildinstanzen angewendet werden (z. B. Rosenfeld 1984)
- ~> Zahl der erforderlichen Operationen wird erheblich vermindert

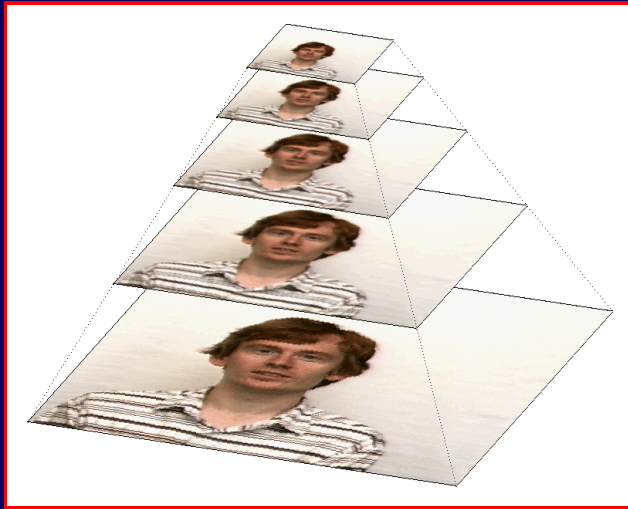
2 Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept

Relevanz für diese Arbeit:

- Einbeziehung einer Entfernungsschätzung in die Personenlokalisierung durch den Einsatz von Auflösungspyramiden:
 - ~> unveränderte Operatoren können direkt auf ortsfrequenzmäßig begrenzte und skalierte Bildinstanzen angewendet werden (z. B. Rosenfeld 1984)
 - ~> Zahl der erforderlichen Operationen wird erheblich vermindert

2 Pyramidale Repräsentation als Basiskonzept (Forts.)

Auflösungsstufen im Halboktavabstand ($s = 2^{-\frac{1}{2}}$):



theoretisch maximal mögliche
Datensatzvergrößerung:
↪ Verdopplung

256 × 256



181 × 181



128 × 128



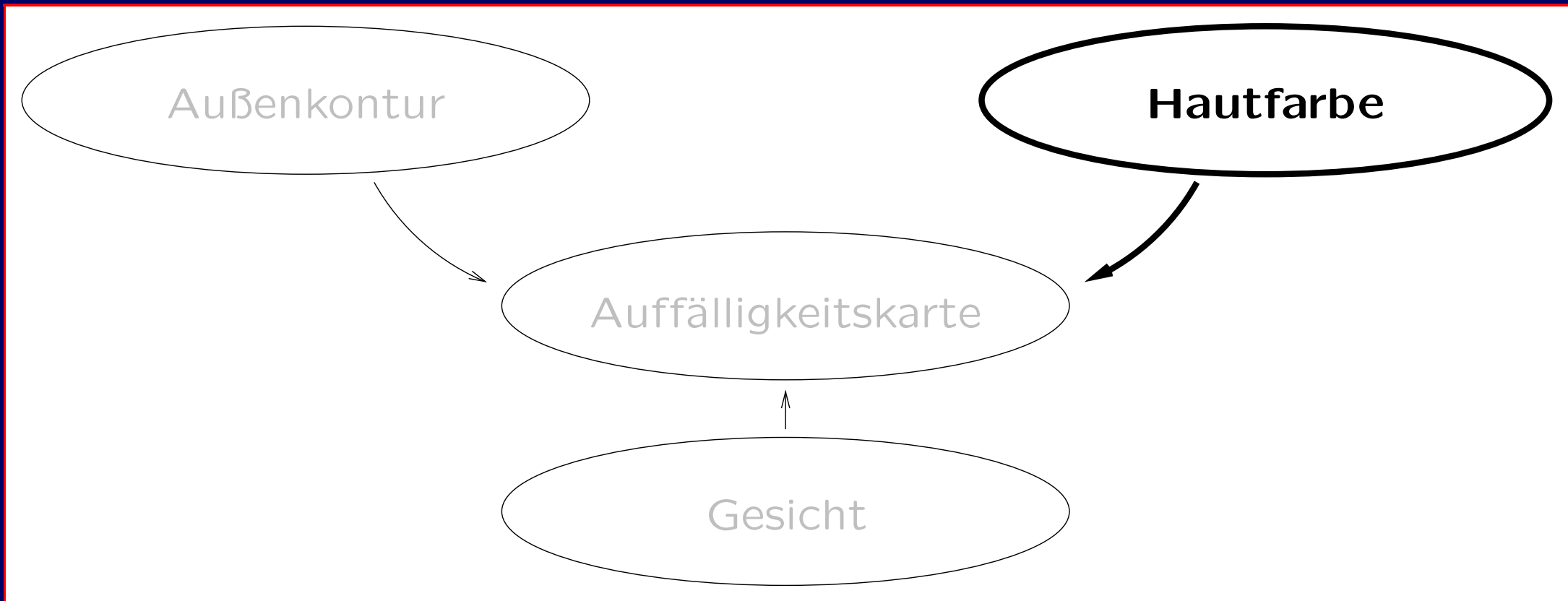
91 × 91



64 × 64



3 Hautfarbdetektion



3 Hautfarbdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand sichtbarer Hautpartien unter Nutzung eines Hautfarbmodells

3 Hautfarbdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand sichtbarer Hautpartien unter Nutzung eines Hautfarbmodells

3 Hautfarbdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand sichtbarer Hautpartien unter Nutzung eines Hautfarbmodells

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

- Farbwertanteile r und g basierend auf RGB_{EBU} -Farbraum

- $r = \frac{R}{R + G + B}$ und $g = \frac{G}{R + G + B}$

↪ reduzierte Spezifität, Intensitätsunabhängigkeit

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

- Farbwertanteile r und g basierend auf RGB_{EBU} -Farbraum

- $r = \frac{R}{R + G + B}$ und $g = \frac{G}{R + G + B}$

↪ reduzierte Spezifität, Intensitätsunabhängigkeit

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

- Farbwertanteile r und g basierend auf RGB_{EBU} -Farbraum

- $r = \frac{R}{R + G + B}$ und $g = \frac{G}{R + G + B}$

↪ reduzierte Spezifität, Intensitätsunabhängigkeit

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

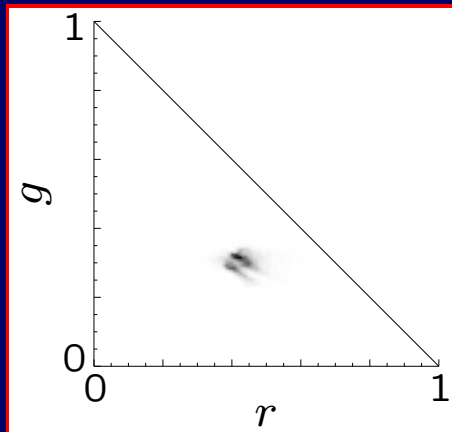
Merkmalsraum:

- Farbwertanteile r und g basierend auf RGB_{EBU} -Farbraum

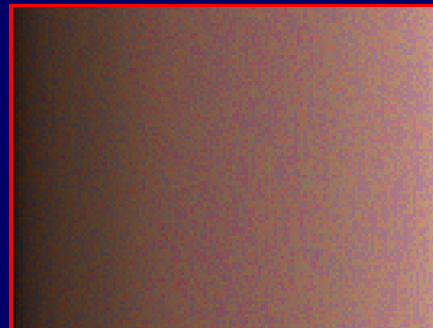
- $r = \frac{R}{R + G + B}$ und $g = \frac{G}{R + G + B}$

↪ reduzierte Spezifität, Intensitätsunabhängigkeit

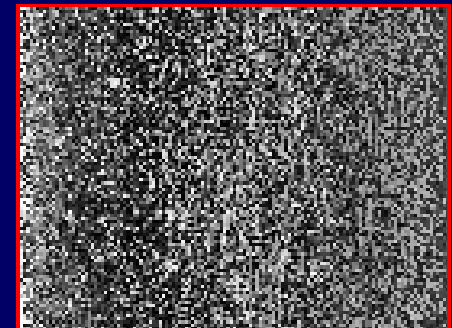
Hautfarbdatensatz



Hautfarbdatensatz



Klassifikationsergebnis



3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Gewinnung von Hautfarbdaten:

- Farbkonstanzleistung nur teilweise zufriedenstellend
- ↪ Datengewinnung aus exemplarischen Bildern unter Tageslicht verschiedener Stadien *sowie* unter Halogenlicht

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Gewinnung von Hautfarbdaten:

- Farbkonstanzleistung nur teilweise zufriedenstellend
- ↪ Datengewinnung aus exemplarischen Bildern unter Tageslicht verschiedener Stadien *sowie* unter Halogenlicht

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Gewinnung von Hautfarbdaten:

- Farbkonstanzleistung nur teilweise zufriedenstellend
- ↪ Datengewinnung aus exemplarischen Bildern unter Tageslicht verschiedener Stadien *sowie* unter Halogenlicht

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Wahl des Klassifikationsverfahrens:

- Growing Neural Gas (Brakensiek et al. 1997)
- multimodaler Normalverteilungsklassifikator (Littmann & Ritter 1997)
- Farbanteilshistogramme (Hunke 1994)
- **unimodaler Normalverteilungsklassifikator** (Yang et al. 1997)

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Wahl des Klassifikationsverfahrens:

- Growing Neural Gas (Brakensiek et al. 1997)
- multimodaler Normalverteilungsklassifikator (Littmann & Ritter 1997)
- Farbanteilshistogramme (Hunke 1994)
- **unimodaler Normalverteilungsklassifikator** (Yang et al. 1997)

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Wahl des Klassifikationsverfahrens:

- Growing Neural Gas (Brakensiek et al. 1997)
- multimodaler Normalverteilungsklassifikator (Littmann & Ritter 1997)
- Farbanteilshistogramme (Hunke 1994)
- **unimodaler Normalverteilungsklassifikator** (Yang et al. 1997)

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Wahl des Klassifikationsverfahrens:

- Growing Neural Gas (Brakensiek et al. 1997)
- multimodaler Normalverteilungsklassifikator (Littmann & Ritter 1997)
- Farbanteilshistogramme (Hunke 1994)
- **unimodaler Normalverteilungsklassifikator** (Yang et al. 1997)

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Wahl des Klassifikationsverfahrens:

- Growing Neural Gas (Brakensiek et al. 1997)
- multimodaler Normalverteilungsklassifikator (Littmann & Ritter 1997)
- Farbanteilshistogramme (Hunke 1994)
- **unimodaler Normalverteilungsklassifikator** (Yang et al. 1997)

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- Merkmalsraum: rg -Farbwertanteilesebene
- geschlossene Beschreibung mit sechs Parametern
- $p_{H_{jk}} = \exp \left(-\frac{1}{2a} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu})^\top \underline{\mathbf{C}}^{-1} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu}) \right)$

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- Merkmalsraum: rg -Farbwertanteilesebene
- geschlossene Beschreibung mit sechs Parametern
- $p_{H_{jk}} = \exp \left(-\frac{1}{2a} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu})^\top \underline{\mathbf{C}}^{-1} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu}) \right)$

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- Merkmalsraum: rg -Farbwertanteilesebene
- geschlossene Beschreibung mit sechs Parametern
- $p_{H_{jk}} = \exp \left(-\frac{1}{2a} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu})^\top \underline{\mathbf{C}}^{-1} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu}) \right)$

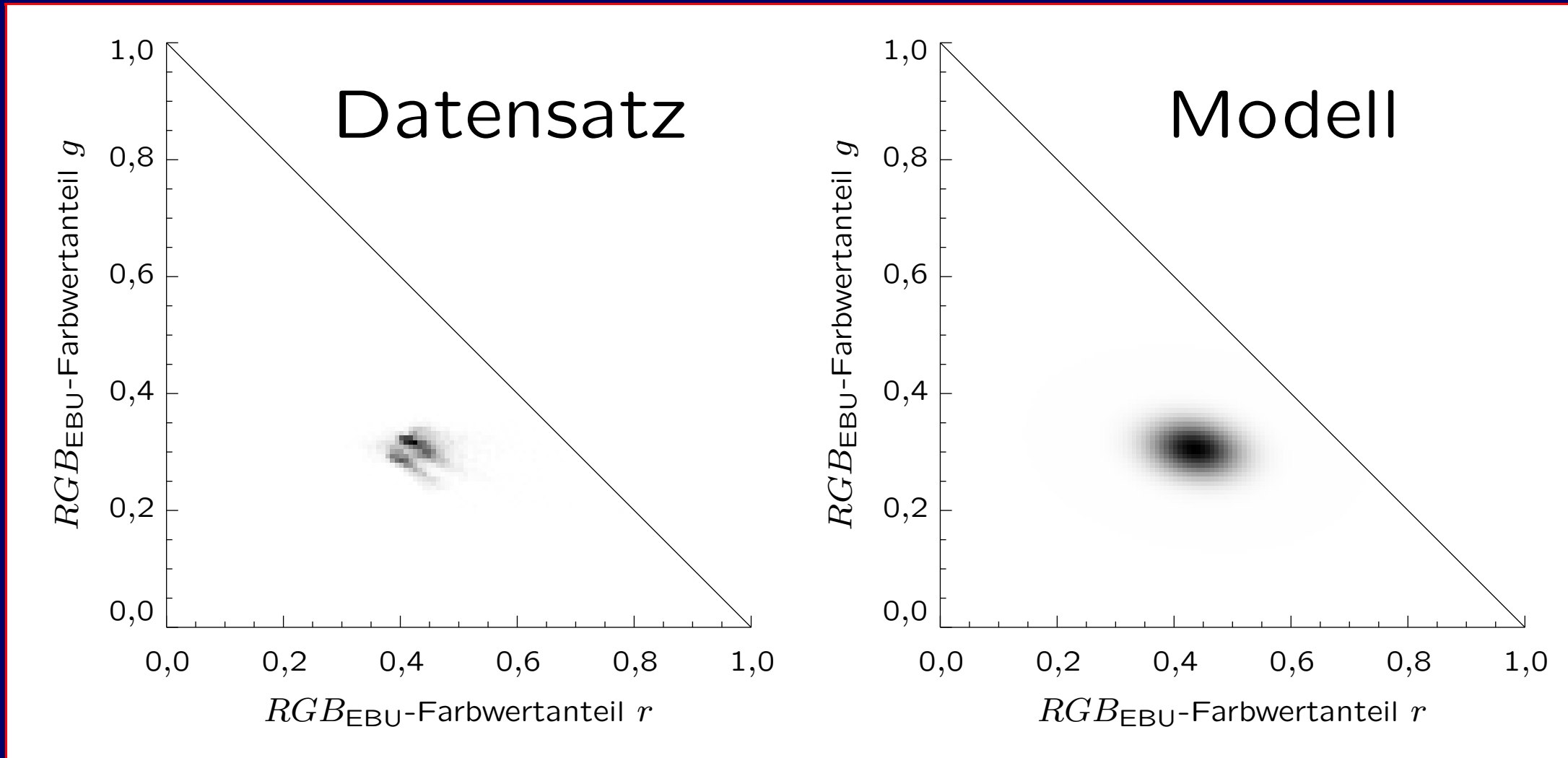
3 Hautfarbdetektion (Forts.)

unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- Merkmalsraum: rg -Farbwertanteilesebene
- geschlossene Beschreibung mit sechs Parametern
- $p_{H_{jk}} = \exp \left(-\frac{1}{2a} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu})^\top \underline{\mathbf{C}}^{-1} (\underline{i}_{jk} - \underline{\mu}) \right)$

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

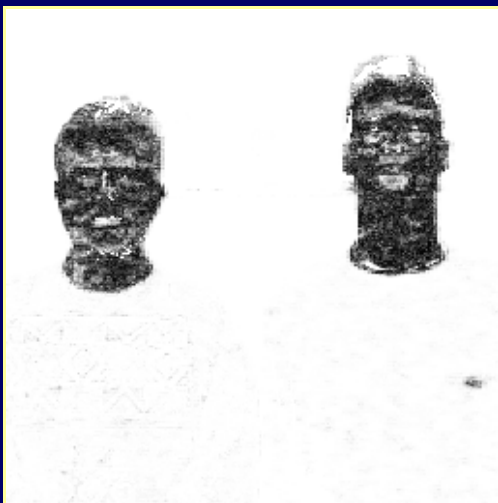
Wahl des Klassifikationsverfahrens:



3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Beispielergebnisse:

Halogenbeleuchtung



Tagesl. & Leuchtstoffbel.



Tageslicht



3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Résumé:

Unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- einfacher Ansatz
 - schnelle Berechnung
 - hinreichende Spezifität
- ↪ akzeptable Resultate

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Résumé:

Unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- einfacher Ansatz
 - schnelle Berechnung
 - hinreichende Spezifität
- ↪ akzeptable Resultate

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Résumé:

Unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- einfacher Ansatz
 - schnelle Berechnung
 - hinreichende Spezifität
- ↪ akzeptable Resultate

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

Résumé:

Unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- einfacher Ansatz
 - schnelle Berechnung
 - hinreichende Spezifität
- ↪ akzeptable Resultate

3 Hautfarbdetektion (Forts.)

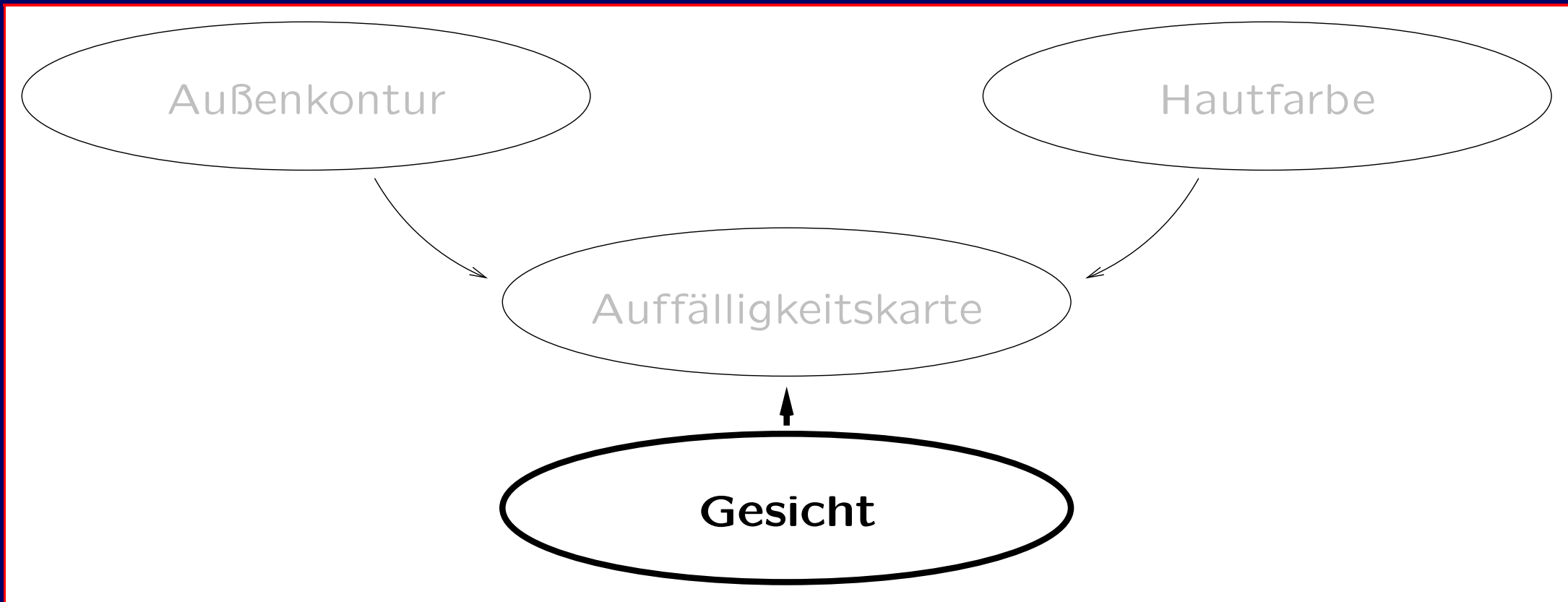
Résumé:

Unimodaler bivariater Normalverteilungsklassifikator:

- einfacher Ansatz
- schnelle Berechnung
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

4 Gesichtsdetektion



4 Gesichtsdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Gesichtsmuster unter Nutzung gesichtsspezifischer Filter

4 Gesichtsdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Gesichtsmuster unter Nutzung gesichtsspezifischer Filter

4 Gesichtsdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Gesichtsmuster unter Nutzung gesichtsspezifischer Filter

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Bekannte wesentliche Ansätze:

- Eigenfaces (Turk & Pentland 1991)
 - ~> Satz eigenwertgrößer Eigenvektoren
 - ~> starres Matching
 - elastisches Graph-Matching (v. d. Malsburg et al. 1997)
 - ~> Merkmalsvektoren „Gabor-Jets“
 - ~> flexible Graphenstruktur
- ⇒ Hancock, Bruce & Burton 1998: umfassende Modellierung der Wahrnehmung von Gesichtern nur mit beiden Ansätzen!

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Bekannte wesentliche Ansätze:

- Eigenfaces (Turk & Pentland 1991)
 - ~> Satz eigenwertgrößer Eigenvektoren
 - ~> starres Matching
 - elastisches Graph-Matching (v. d. Malsburg et al. 1997)
 - ~> Merkmalsvektoren „Gabor-Jets“
 - ~> flexible Graphenstruktur
- ⇒ Hancock, Bruce & Burton 1998: umfassende Modellierung der Wahrnehmung von Gesichtern nur mit beiden Ansätzen!

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Bekannte wesentliche Ansätze:

- Eigenfaces (Turk & Pentland 1991)
 - ~> Satz eigenwertgrößer Eigenvektoren
 - ~> starres Matching
 - elastisches Graph-Matching (v. d. Malsburg et al. 1997)
 - ~> Merkmalsvektoren „Gabor-Jets“
 - ~> flexible Graphenstruktur
- ⇒ Hancock, Bruce & Burton 1998: umfassende Modellierung der Wahrnehmung von Gesichtern nur mit beiden Ansätzen!

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Bekannte wesentliche Ansätze:

- Eigenfaces (Turk & Pentland 1991)
 - ~> Satz eigenwertgrößer Eigenvektoren
 - ~> starres Matching
 - elastisches Graph-Matching (v. d. Malsburg et al. 1997)
 - ~> Merkmalsvektoren „Gabor-Jets“
 - ~> flexible Graphenstruktur
- ⇒ Hancock, Bruce & Burton 1998: umfassende Modellierung der Wahrnehmung von Gesichtern nur mit beiden Ansätzen!

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

Entwurf einer eigenen Lösung

- für Universalhardware, ohne mehrfache Faltungen
- Ansatz: einfache Cosinusmetrik normierter Vektoren, zusätzliche Artefaktunterdrückung

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

Entwurf einer eigenen Lösung

- für Universalhardware, ohne mehrfache Faltungen
- Ansatz: einfache Cosinusmetrik normierter Vektoren, zusätzliche Artefaktunterdrückung

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

Entwurf einer eigenen Lösung

- für Universalhardware, ohne mehrfache Faltungen
- Ansatz: einfache Cosinusmetrik normierter Vektoren, zusätzliche Artefaktunterdrückung

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Eigenfaces und Graph-Matching:

- sehr berechnungsaufwendig
- z. T. Einsatz von Parallelrechentechnik möglich, aber implementatorische Einschränkungen

Entwurf einer eigenen Lösung

- für Universalhardware, ohne mehrfache Faltungen
- Ansatz: einfache Cosinusmetrik normierter Vektoren, zusätzliche Artefaktunterdrückung

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

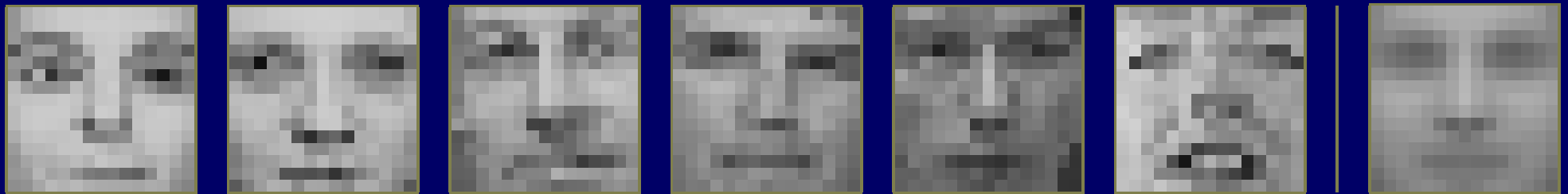
- Vektoren aus dem $\mathbb{R}^{N^2}$ ($N = 15$)
- 87 Prototypen aus der *ORL Database of Faces*
- Beispiele:



4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

- Vektoren aus dem $\mathbb{R}^{N^2}$ ($N = 15$)
- 87 Prototypen aus der *ORL Database of Faces*
- Beispiele:



4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

- Vektoren aus dem $\mathbb{R}^{N^2}$ ($N = 15$)
- 87 Prototypen aus der *ORL Database of Faces*
- Beispiele:



4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Merkmalsraum:

- Vektoren aus dem $\mathbb{R}^{N^2}$ ($N = 15$)
- 87 Prototypen aus der *ORL Database of Faces*
- Beispiele:



4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Schritte:



$\leadsto pG_{jk}$

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Schritte:



$$\leadsto pG_{jk}$$

Beispielergebnisse:

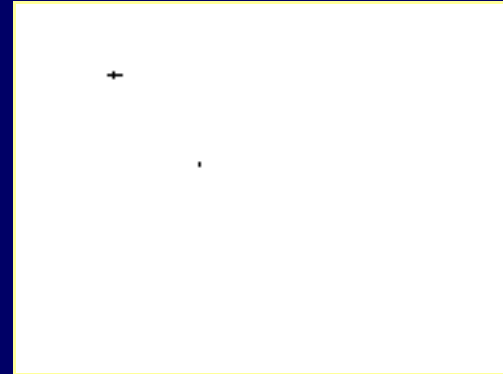
Skalarbild



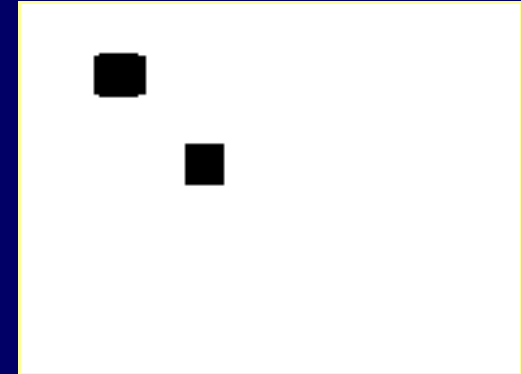
„Cosinusmetrik“



Median/Komplementb.



korresp. Markierung



4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Beispielergebnisse:

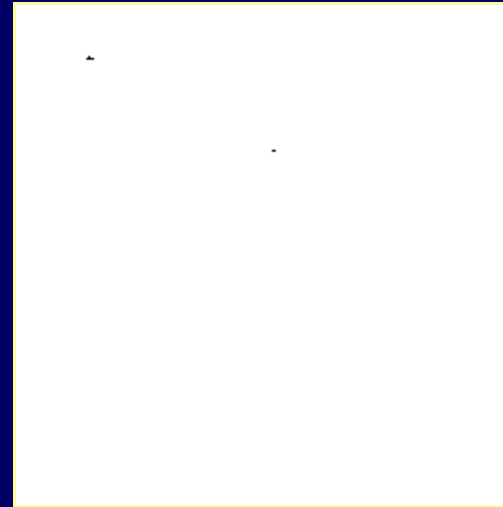
Skalarbild



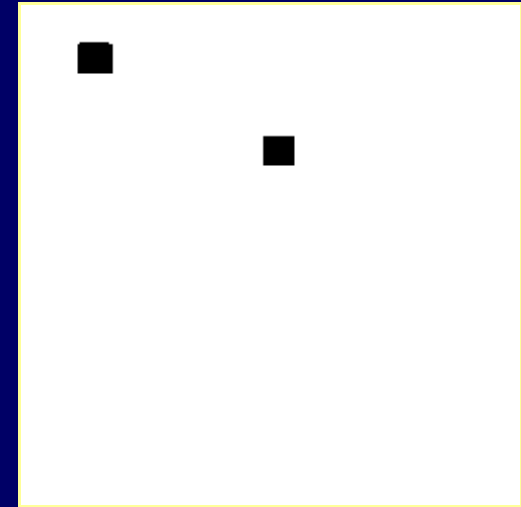
„Cosinusmetrik“



Median/Komplementb.



korresp. Markierung



4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Résumé:

Cosinusmetrik normierter Vektoren einschl.

Artefaktunterdrückung:

- einfache Implementierbarkeit ohne Spezialhardware
- hinreichende Spezifität
- noch akzeptable Berechnungszeiten – weitere Senkung der Auflösung?

↪ akzeptable Resultate

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Résumé:

Cosinusmetrik normierter Vektoren einschl.

Artefaktunterdrückung:

- einfache Implementierbarkeit ohne Spezialhardware
- hinreichende Spezifität
- noch akzeptable Berechnungszeiten – weitere Senkung der Auflösung?

↪ akzeptable Resultate

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Résumé:

Cosinusmetrik normierter Vektoren einschl.

Artefaktunterdrückung:

- einfache Implementierbarkeit ohne Spezialhardware
- hinreichende Spezifität
- noch akzeptable Berechnungszeiten – weitere Senkung der Auflösung?

↪ akzeptable Resultate

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Résumé:

Cosinusmetrik normierter Vektoren einschl.

Artefaktunterdrückung:

- einfache Implementierbarkeit ohne Spezialhardware
- hinreichende Spezifität
- noch akzeptable Berechnungszeiten – weitere Senkung der Auflösung?

↪ akzeptable Resultate

4 Gesichtsdetektion (Forts.)

Résumé:

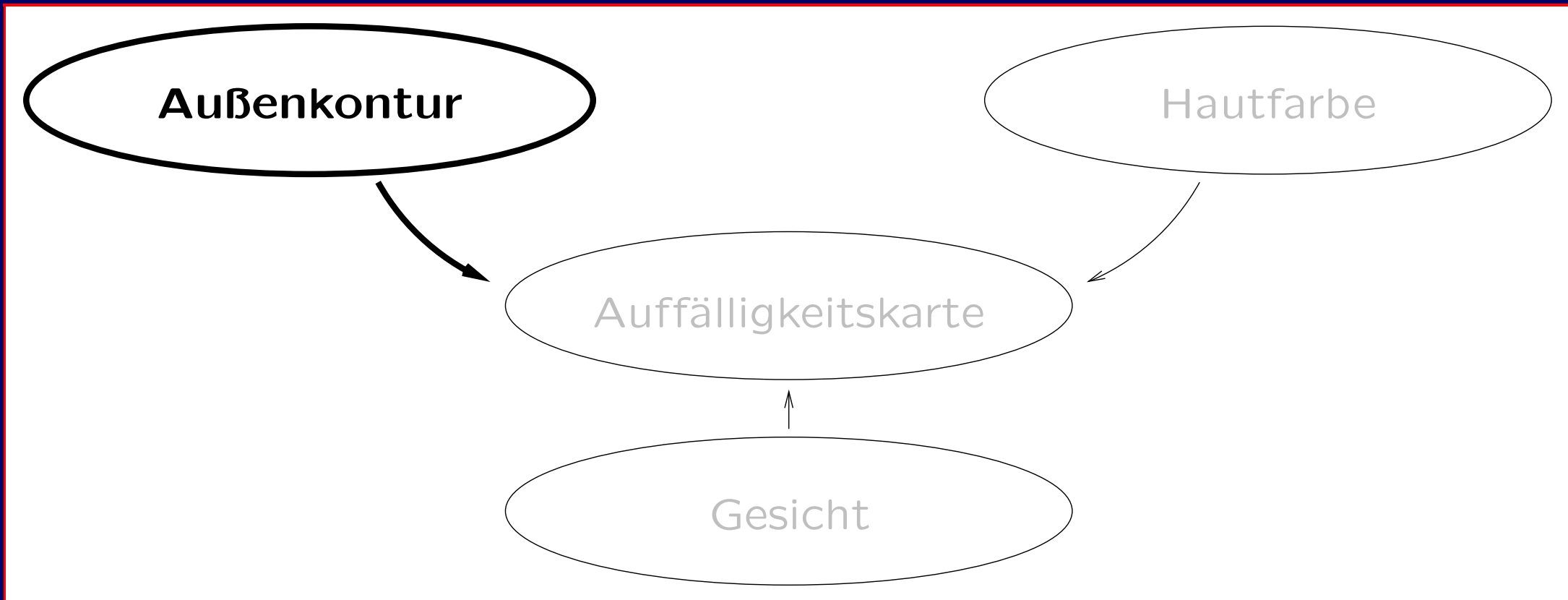
Cosinusmetrik normierter Vektoren einschl.

Artefaktunterdrückung:

- einfache Implementierbarkeit ohne Spezialhardware
- hinreichende Spezifität
- noch akzeptable Berechnungszeiten – weitere Senkung der Auflösung?

↪ akzeptable Resultate

5 Konturdetektion



5 Konturdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Konturen/Silhouetten von Kopf-Schulter-Partien unter Nutzung von Arrangements orientierter Filter

5 Konturdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Konturen/Silhouetten von Kopf-Schulter-Partien unter Nutzung von Arrangements orientierter Filter

5 Konturdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Konturen/Silhouetten von Kopf-Schulter-Partien unter Nutzung von Arrangements orientierter Filter

5 Konturdetektion

Zielstellung:

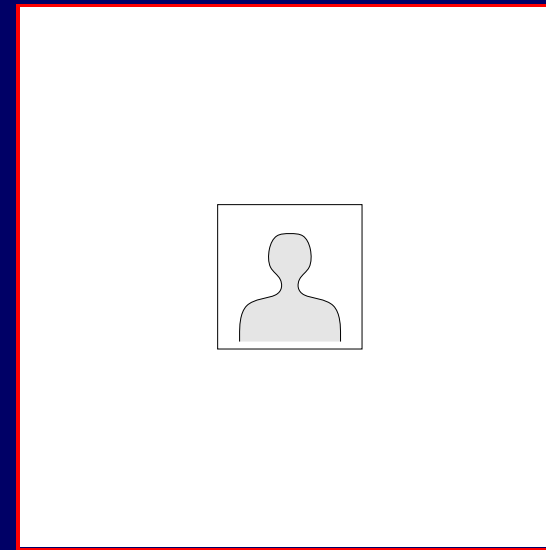
- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Konturen/Silhouetten von Kopf-Schulter-Partien unter Nutzung von Arrangements orientierter Filter



5 Konturdetektion

Zielstellung:

- Personenlokalisierung anhand aufrechter frontaler Konturen/Silhouetten von Kopf-Schulter-Partien unter Nutzung von Arrangements orientierter Filter



5 Konturdetektion (Forts.)

Bekannte Ansätze:

- Diskrete Parametrische Repräsentationen natürlicher Bilder (Kopecz, J. 1992)
~> Orientierungshistogramme
- Aktive Strahlen (Denzler 1997)
~> sternförmige Analyse
- Haar Wavelet Templates (Oren & Poggio 1997)
~> vollständige Kontur von Personen

5 Konturdetektion (Forts.)

Bekannte Ansätze:

- Diskrete Parametrische Repräsentationen natürlicher Bilder (Kopecz, J. 1992)
~> Orientierungshistogramme
- Aktive Strahlen (Denzler 1997)
~> sternförmige Analyse
- Haar Wavelet Templates (Oren & Poggio 1997)
~> vollständige Kontur von Personen

5 Konturdetektion (Forts.)

Bekannte Ansätze:

- Diskrete Parametrische Repräsentationen natürlicher Bilder (Kopecz, J. 1992)
~> Orientierungshistogramme
- Aktive Strahlen (Denzler 1997)
~> sternförmige Analyse
- Haar Wavelet Templates (Oren & Poggio 1997)
~> vollständige Kontur von Personen

5 Konturdetektion (Forts.)

Bekannte Ansätze:

- Diskrete Parametrische Repräsentationen natürlicher Bilder (Kopecz, J. 1992)
~> Orientierungshistogramme
- Aktive Strahlen (Denzler 1997)
~> sternförmige Analyse
- Haar Wavelet Templates (Oren & Poggio 1997)
~> vollständige Kontur von Personen

5 Konturdetektion (Forts.)

Kopf-Schulter-Partie (Prinzip):

- Approximation der äußeren Kontur
 $\leadsto$ Arrangement orientierter Filter

5 Konturdetektion (Forts.)

Kopf-Schulter-Partie (Prinzip):

- Approximation der äußeren Kontur
 $\leadsto$ Arrangement orientierter Filter

5 Konturdetektion (Forts.)

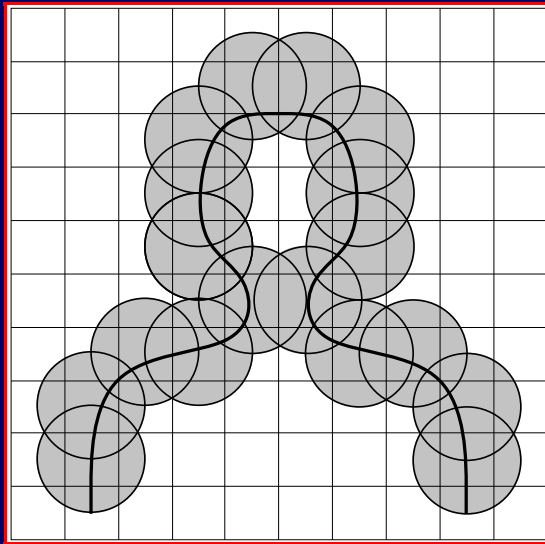
Kopf-Schulter-Partie (Prinzip):

- Approximation der äußeren Kontur
 $\rightsquigarrow$ Arrangement orientierter Filter

5 Konturdetektion (Forts.)

Kopf-Schulter-Partie (Prinzip):

- Approximation der äußeren Kontur
 $\leadsto$ Arrangement orientierter Filter

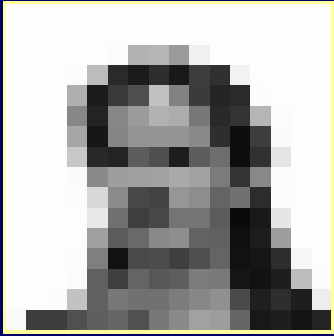


Prinzipielle Anordnung
der orientierten Filter
 $\leadsto$ Extraktion der je-
weils *lokal dominanten*
Orientierung

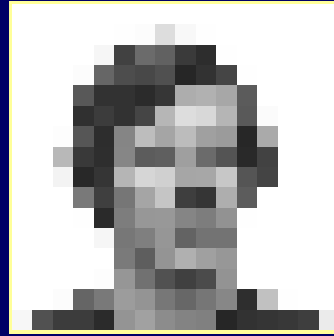
5 Konturdetektion (Forts.)

Gewinnung des Filterarrangements:

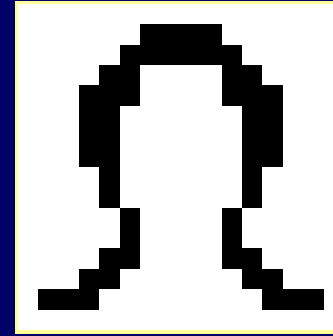
Beispielbild



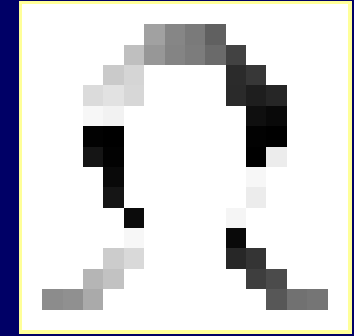
Beispielbild



$\text{supp}(\underline{\Lambda})$



$\underline{\Lambda}$



binarisierter mittlerer Konturverlauf $\text{supp}(\underline{\Lambda})$

Arrangement orientierter Filter als Konturtemplate $\underline{\Lambda}$

5 Konturdetektion (Forts.)

Ähnlichkeitsmaß für Kopf-Schulter-Partie:

- Template $\underline{\Lambda}$, Matrix $\underline{\Phi}$
- π -Periodizität der Winkel
- geeignete Normierung

5 Konturdetektion (Forts.)

Ähnlichkeitsmaß für Kopf-Schulter-Partie:

- Template $\underline{\Lambda}$, Matrix $\underline{\Phi}$
- π -Periodizität der Winkel
- geeignete Normierung

5 Konturdetektion (Forts.)

Ähnlichkeitsmaß für Kopf-Schulter-Partie:

- Template $\underline{\Lambda}$, Matrix $\underline{\Phi}$
- π -Periodizität der Winkel
- geeignete Normierung

5 Konturdetektion (Forts.)

Ähnlichkeitsmaß für Kopf-Schulter-Partie:

- Template $\underline{\Lambda}$, Matrix $\underline{\Phi}$
- π -Periodizität der Winkel
- geeignete Normierung

5 Konturdetektion (Forts.)

Ähnlichkeitsmaß für Kopf-Schulter-Partie:

- Template $\underline{\Lambda}$, Matrix $\underline{\Phi}$
- π -Periodizität der Winkel
- geeignete Normierung

$$p_{K_{jk}} = \frac{\sum_{l=0}^{L-1} \sum_{m=0}^{M-1} \frac{1}{2} \left[\cos \left(2 \left| \lambda_{lm} - \phi_{(j+l-\frac{L}{2})(k+m-\frac{M}{2})} \right| \right) + 1 \right]}{\text{card} \left(\text{supp} \left(\underline{\Lambda} \right) \right)}$$

5 Konturdetektion (Forts.)

Bestimmung lokaler Orientierung:

- direkte Methode:
 - ~> Steerable Filters (Freeman 1992)
 - ~> Canny-/Derichfilter (Canny, Deriche 1986/87)
 - ~> nichtl. lokale Strukturanalyse (Jähne 1993 ff.)

5 Konturdetektion (Forts.)

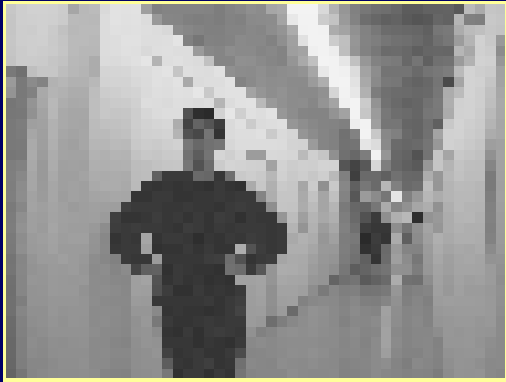
Bestimmung lokaler Orientierung:

- direkte Methode:
 - ~> Steerable Filters (Freeman 1992)
 - ~> Canny-/Derichfilter (Canny, Deriche 1986/87)
 - ~> nichtl. lokale Strukturanalyse (Jähne 1993 ff.)

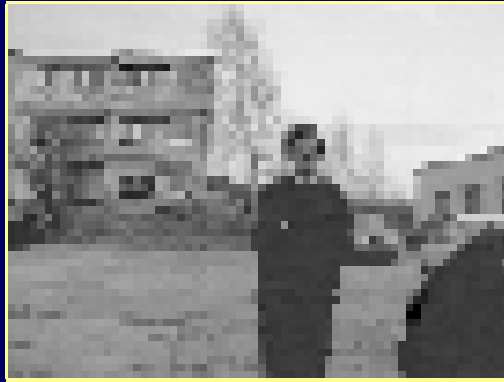
5 Konturdetektion (Forts.)

Exemplarische Ergebnisse:

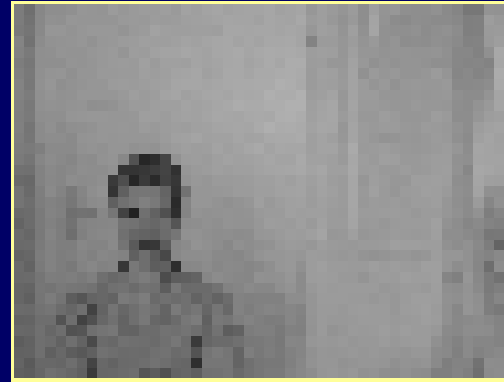
Beispiel 1



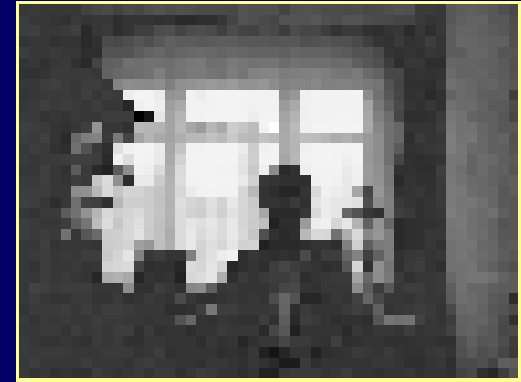
Beispiel 2



Beispiel 3



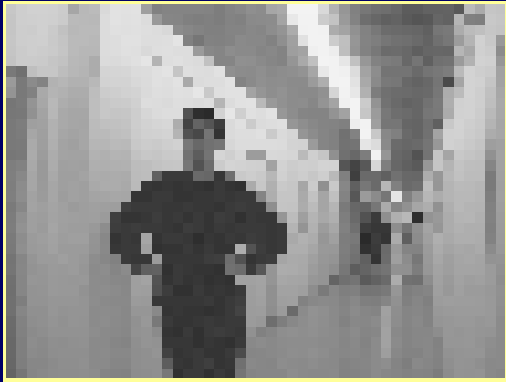
Beispiel 4



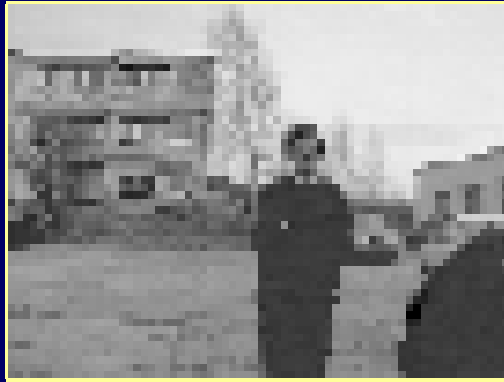
5 Konturdetektion (Forts.)

Exemplarische Ergebnisse:

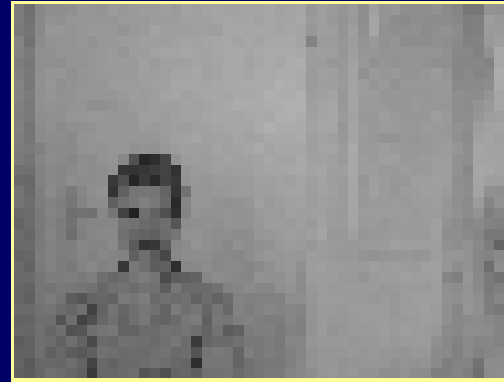
Beispiel 1



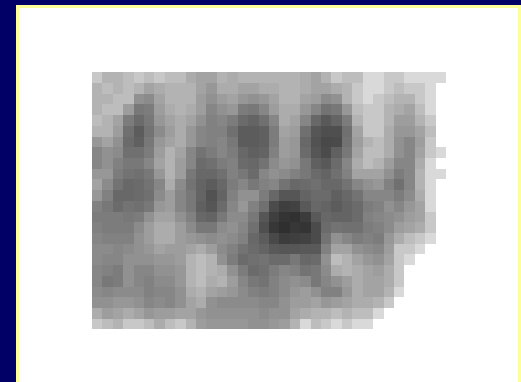
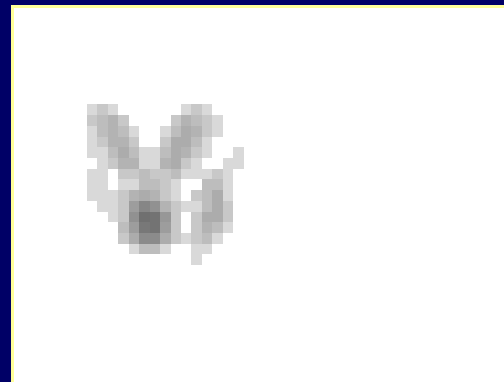
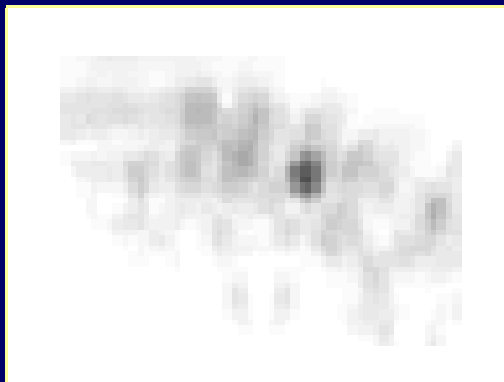
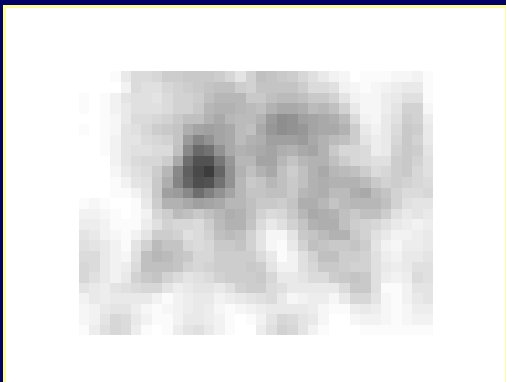
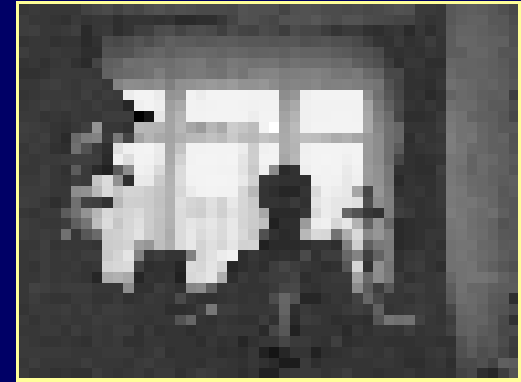
Beispiel 2



Beispiel 3



Beispiel 4



5 Konturdetektion (Forts.)

Résumé:

Arrangements orientierter Filter:

- geringe Kontrastempfindlichkeit
- schnelle Berechnung
- hohe Sensitivität – auch unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

5 Konturdetektion (Forts.)

Résumé:

Arrangements orientierter Filter:

- geringe Kontrastempfindlichkeit
- schnelle Berechnung
- hohe Sensitivität – auch unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

5 Konturdetektion (Forts.)

Résumé:

Arrangements orientierter Filter:

- geringe Kontrastempfindlichkeit
- schnelle Berechnung
- hohe Sensitivität – auch unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

5 Konturdetektion (Forts.)

Résumé:

Arrangements orientierter Filter:

- geringe Kontrastempfindlichkeit
- schnelle Berechnung
- hohe Sensitivität – auch unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

5 Konturdetektion (Forts.)

Résumé:

Arrangements orientierter Filter:

- geringe Kontrastempfindlichkeit
- schnelle Berechnung
- hohe Sensitivität – auch unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

5 Konturdetektion (Forts.)

Résumé:

Arrangements orientierter Filter:

- geringe Kontrastempfindlichkeit
- schnelle Berechnung
- hohe Sensitivität – auch unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen
- hinreichende Spezifität

↪ akzeptable Resultate

6 Personenlokalisierung



6 Personenlokalisierung

Zielstellung:

- Personenlokalisierung durch *redundante* Fusion von
 - $\leadsto$ Hautfarbdetektion $\underline{\mathbf{P}}_H$
 - $\leadsto$ Gesichtsdetektion $\underline{\mathbf{P}}_G$
 - $\leadsto$ Konturdetektion $\underline{\mathbf{P}}_K$
- und 3D-Selektion

6 Personenlokalisierung

Zielstellung:

- Personenlokalisierung durch *redundante* Fusion von
 - $\rightsquigarrow$ Hautfarbdetektion $\underline{\mathbf{P}}_H$
 - $\rightsquigarrow$ Gesichtsdetektion $\underline{\mathbf{P}}_G$
 - $\rightsquigarrow$ Konturdetektion $\underline{\mathbf{P}}_K$
- und 3D-Selektion

6 Personenlokalisierung

Zielstellung:

- Personenlokalisierung durch *redundante* Fusion von
 - $\leadsto$ Hautfarbdetektion $\underline{\mathbf{P}}_H$
 - $\leadsto$ Gesichtsdetektion $\underline{\mathbf{P}}_G$
 - $\leadsto$ Konturdetektion $\underline{\mathbf{P}}_K$
- und 3D-Selektion

6 Personenlokalisierung

Zielstellung:

- Personenlokalisierung durch *redundante* Fusion von
 - $\leadsto$ Hautfarbdetektion $\underline{\mathbf{P}}_H$
 - $\leadsto$ Gesichtsdetektion $\underline{\mathbf{P}}_G$
 - $\leadsto$ Konturdetektion $\underline{\mathbf{P}}_K$
- und 3D-Selektion

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Feyrer & Zell 1998: (i. w.) Hautfarbesegmentierung
moduliert durch Bewegungsdetektion

Triesch 1999: Verbundauffälligkeitskarte 1:2:1

- lok. Orientierung auf versch. Skalen
- Abweichung von mittlerer lok. Farbe
- lok. Orientierung auf hautfarbe-segm. Bild

Pentland et. al. 1997: Abhängigkeiten zwischen
morphologischer und Farbanalyse

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Feyrer & Zell 1998: (i. w.) Hautfarbesegmentierung
moduliert durch Bewegungsdetektion

Triesch 1999: Verbundauffälligkeitskarte 1:2:1

- lok. Orientierung auf versch. Skalen
- Abweichung von mittlerer lok. Farbe
- lok. Orientierung auf hautfarbe-segm. Bild

Pentland et. al. 1997: Abhängigkeiten zwischen
morphologischer und Farbanalyse

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Feyrer & Zell 1998: (i. w.) Hautfarbesegmentierung
moduliert durch Bewegungsdetektion

Triesch 1999: Verbundauffälligkeitskarte 1:2:1

- lok. Orientierung auf versch. Skalen
- Abweichung von mittlerer lok. Farbe
- lok. Orientierung auf hautfarbe-segm. Bild

Pentland et. al. 1997: Abhängigkeiten zwischen
morphologischer und Farbanalyse

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Feyrer & Zell 1998: (i. w.) Hautfarbesegmentierung
moduliert durch Bewegungsdetektion

Triesch 1999: Verbundauffälligkeitskarte 1:2:1

- lok. Orientierung auf versch. Skalen
- Abweichung von mittlerer lok. Farbe
- lok. Orientierung auf hautfarbe-segm. Bild

Pentland et. al. 1997: Abhängigkeiten zwischen
morphologischer und Farbanalyse

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Milanese, Pun & Wechsler 1993: iteratives Auffinden von Koinzidenzen

~> nichtlineares Relaxationsverfahren

Itti, Koch & Niebur 1998: Modell zur selektiven visuellen Auffälligkeit (Farbe, Intensität, Orientierung)

- normierte lineare Überlagerung (Karten mit selektiven Einträgen verstärkt gewichtet, u. u.)
- Selektion im Winner-Take-All-Prozeß (WTA)
~> 2D-Feld dyn. Neuronen (Koch & Ullman 1985)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Milanese, Pun & Wechsler 1993: iteratives Auffinden von Koinzidenzen

~> nichtlineares Relaxationsverfahren

Itti, Koch & Niebur 1998: Modell zur selektiven visuellen Auffälligkeit (Farbe, Intensität, Orientierung)

- normierte lineare Überlagerung (Karten mit selektiven Einträgen verstärkt gewichtet, u. u.)
- Selektion im Winner-Take-All-Prozeß (WTA)
~> 2D-Feld dyn. Neuronen (Koch & Ullman 1985)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Milanese, Pun & Wechsler 1993: iteratives Auffinden von Koinzidenzen

~> nichtlineares Relaxationsverfahren

Itti, Koch & Niebur 1998: Modell zur selektiven visuellen Auffälligkeit (Farbe, Intensität, Orientierung)

- normierte lineare Überlagerung (Karten mit selektiven Einträgen verstärkt gewichtet, u. u.)
- Selektion im Winner-Take-All-Prozeß (WTA)
~> 2D-Feld dyn. Neuronen (Koch & Ullman 1985)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Ansätze (eingeschl. verwandte Problemstellungen):

Milanese, Pun & Wechsler 1993: iteratives Auffinden von Koinzidenzen

~> nichtlineares Relaxationsverfahren

Itti, Koch & Niebur 1998: Modell zur selektiven visuellen Auffälligkeit (Farbe, Intensität, Orientierung)

- normierte lineare Überlagerung (Karten mit selektiven Einträgen verstärkt gewichtet, u. u.)
- Selektion im Winner-Take-All-Prozeß (WTA)
~> 2D-Feld dyn. Neuronen (Koch & Ullman 1985)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzerhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzerhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzerhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzerhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzserhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzerhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

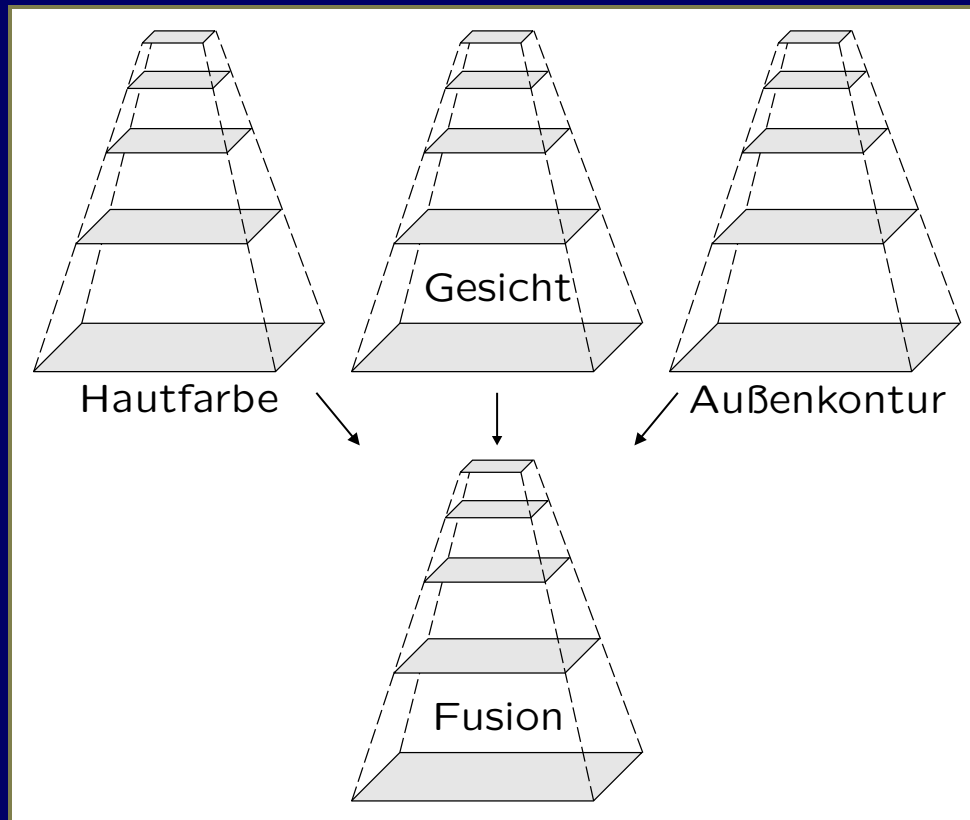
Schlußfolgerungen aus bekannten Ansätzen:

- Hautfarbe häufig dominierend und/oder konditional
 - verschiedene grauwertbasierte Komponenten
 - meist gewichtete Superposition
- ↪ mangelhafte Redundanz
- ↪ Redundanzerhöhung: integrative Fusion mit Fuzzy-Operator
- ↪ robuste Selektion: iteratives Relaxationsverfahren (WTA)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Fusion der Auffälligkeitskarten mit Fuzzy-Operator:

- Vorverarbeitungsschritt vor anschl. dyn. Selektion



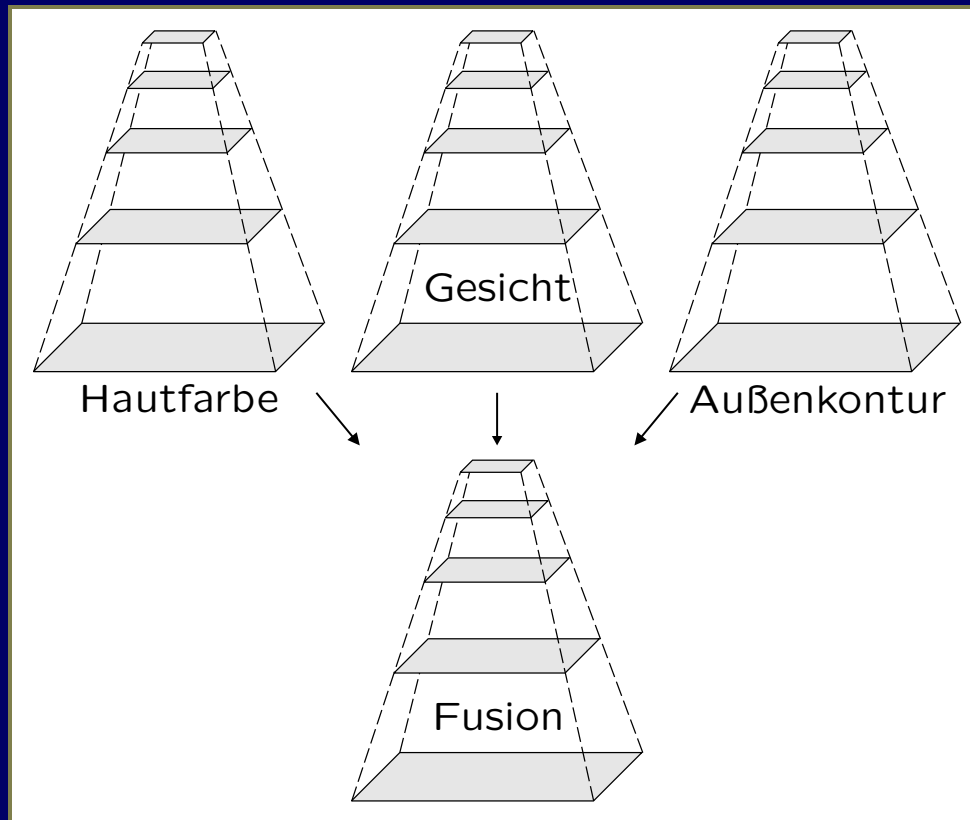
Min-Max-Operator

- keine einfache arithmetische Mittelung
- keine unmittelbare Maximumsselektion
- Einbeziehung von Koinzidenzen

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Fusion der Auffälligkeitskarten mit Fuzzy-Operator:

- Vorverarbeitungsschritt vor anschl. dyn. Selektion



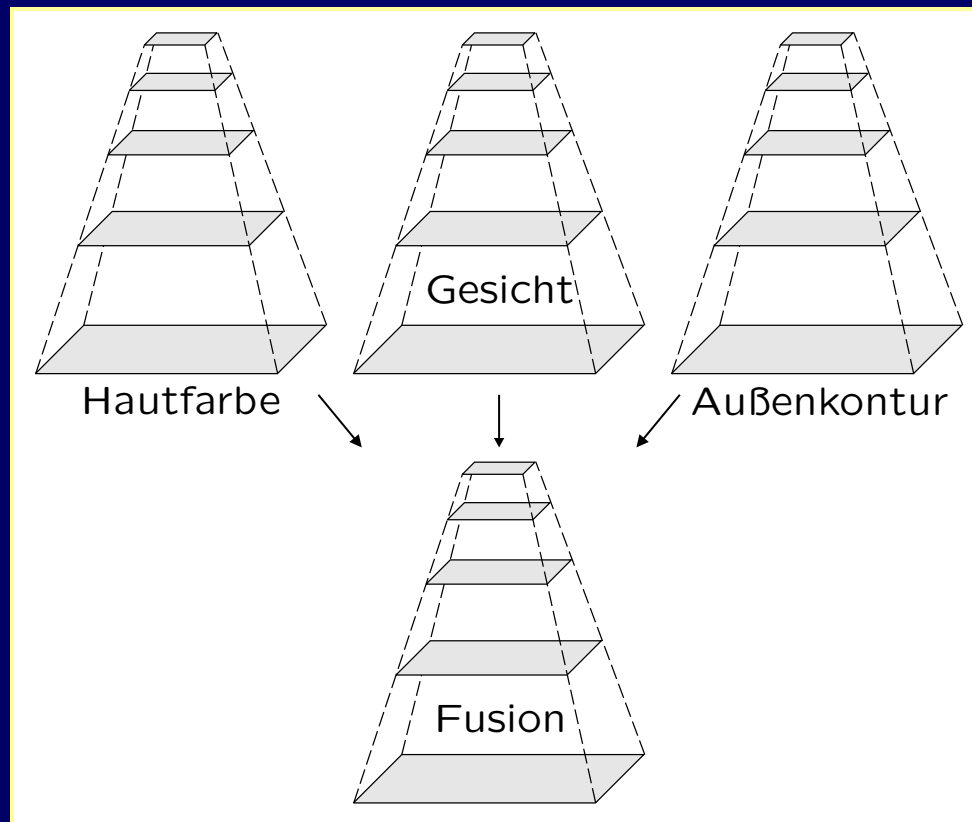
Min-Max-Operator

- keine einfache arithmetische Mittelung
- keine unmittelbare Maximumsselektion
- Einbeziehung von Koinzidenzen

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Fusion der Auffälligkeitskarten mit Fuzzy-Operator:

- Vorverarbeitungsschritt vor anschl. dyn. Selektion



Min-Max-Operator

- keine einfache arithmetische Mittelung
- keine unmittelbare Maximumsselektion
- Einbeziehung von Koinzidenzen

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Fusion der Auffälligkeitskarten mit Fuzzy-Operator:

- Konkretisierung des Min-Max-Operators:

$$p_{jk}(p_{H_{jk}}, p_{G_{jk}}, p_{K_{jk}}) = \gamma \cdot \min(p_{H_{jk}}, p_{G_{jk}}, p_{K_{jk}}) + (1 - \gamma) \cdot \max(p_{H_{jk}}, p_{G_{jk}}, p_{K_{jk}})$$

- Grundlage für die abschließende Selektion im dyn. neuronalen Feld

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Fusion der Auffälligkeitskarten mit Fuzzy-Operator:

- Konkretisierung des Min-Max-Operators:

$$p_{jk}(p_{H_{jk}}, p_{G_{jk}}, p_{K_{jk}}) = \gamma \cdot \min(p_{H_{jk}}, p_{G_{jk}}, p_{K_{jk}}) + (1 - \gamma) \cdot \max(p_{H_{jk}}, p_{G_{jk}}, p_{K_{jk}})$$

- Grundlage für die abschließende Selektion im dyn. neuronalen Feld

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Eigenschaften dynamischer neuronaler Felder:

- **bedingte Maximumsselektion (WTA)**

~> lokale Kooperation $\Leftrightarrow$ globale Konkurrenz

*Bedingung: Inputs erfüllen implizite Amplituden-,
Ausdehnungs- und Zeitdauerkriterien*

- **räumlich-zeitliches Hystereseverhalten**

~> Stabilisierung

- **räumlich-zeitliches Matching**

~> Tracking

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Eigenschaften dynamischer neuronaler Felder:

- **bedingte Maximumsselektion (WTA)**

~> lokale Kooperation $\Leftrightarrow$ globale Konkurrenz

*Bedingung: Inputs erfüllen implizite Amplituden-,
Ausdehnungs- und Zeitdauerkriterien*

- **räumlich-zeitliches Hystereseverhalten**

~> Stabilisierung

- **räumlich-zeitliches Matching**

~> Tracking

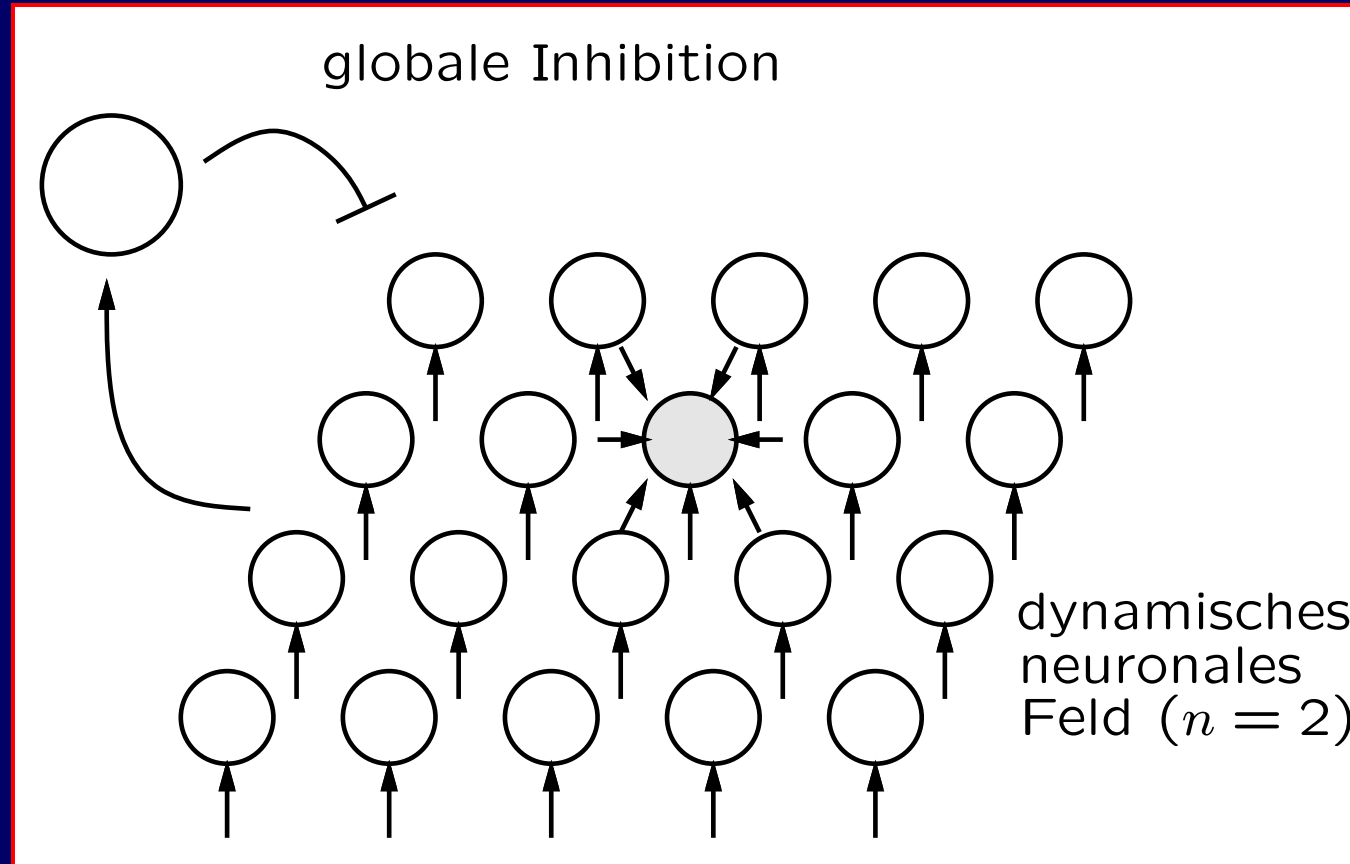
6 Personenlokalisierung (Forts.)

Eigenschaften dynamischer neuronaler Felder:

- **bedingte Maximumsselektion (WTA)**
 - ~> lokale Kooperation $\Leftrightarrow$ globale Konkurrenz
 - Bedingung: Inputs erfüllen implizite Amplituden-, Ausdehnungs- und Zeitdauerkriterien*
- **räumlich-zeitliches Hystereseverhalten**
 - ~> Stabilisierung
- **räumlich-zeitliches Matching**
 - ~> Tracking

6 Personenlokalisierung (Forts.)

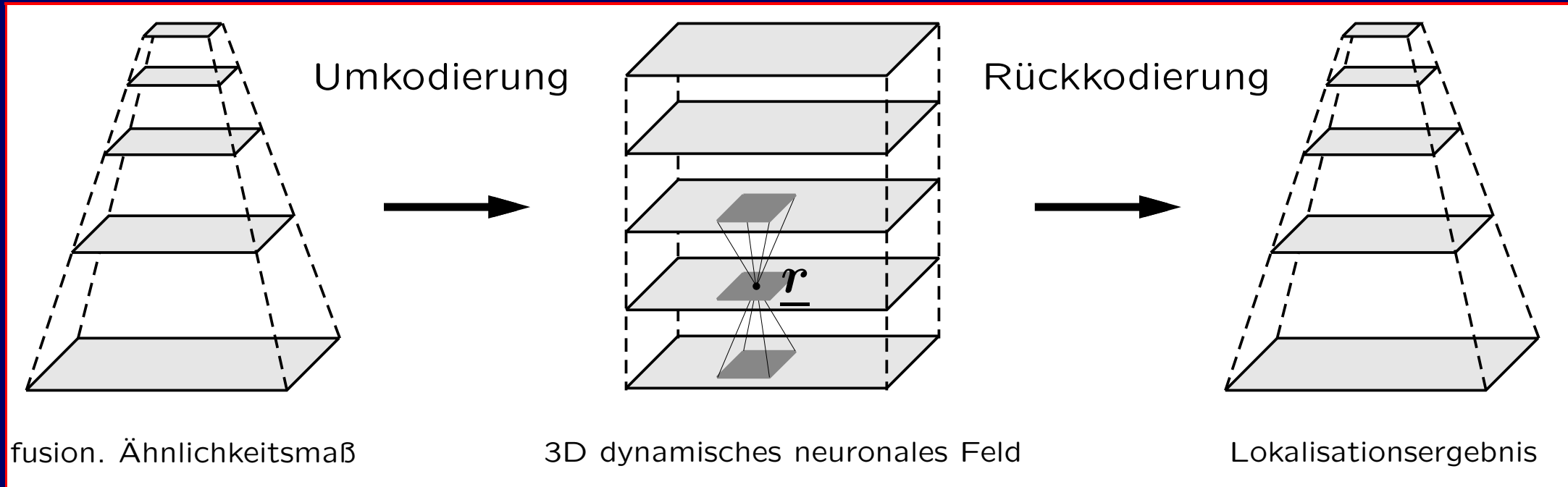
Dynamisches neuronales Feld vom Amari-Typ:



$$\tau \frac{d}{dt} z(\underline{r}, t) = -z(\underline{r}, t) - c_h h(t) + c_i x(\underline{r}, t') + c_l \int_{N \subseteq \mathbb{R}^n} w(\underline{r} - \underline{r}') y(z(\underline{r}', t)) d^n \underline{r}'$$

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Temporäre kubische Umkodierung:



6 Personenlokalisierung (Forts.)

Numerische Lösung des nichtl. DGL-Systems:

Für Felder vom Amari-Typ sind geeignet (Wilhelm 1998):

- explizite einschrittige Lösungsverfahren erster Ordnung mit fester Schrittweite $\frac{\Delta T}{\tau} \leq 0,1$

~> Polygonzug-/Eulersche Methode:

$$z(k+1) = z(k) + \frac{\Delta T}{\tau} \left(f - z(k) \right)$$

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Numerische Lösung des nichtl. DGL-Systems:

Für Felder vom Amari-Typ sind geeignet (Wilhelm 1998):

- explizite einschrittige Lösungsverfahren erster Ordnung mit fester Schrittweite $\frac{\Delta T}{\tau} \leq 0,1$

~> Polygonzug-/Eulersche Methode:

$$z(k+1) = z(k) + \frac{\Delta T}{\tau} \left(f - z(k) \right)$$

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Numerische Lösung des nichtl. DGL-Systems:

Für Felder vom Amari-Typ sind geeignet (Wilhelm 1998):

- explizite einschrittige Lösungsverfahren erster Ordnung mit fester Schrittweite $\frac{\Delta T}{\tau} \leq 0,1$

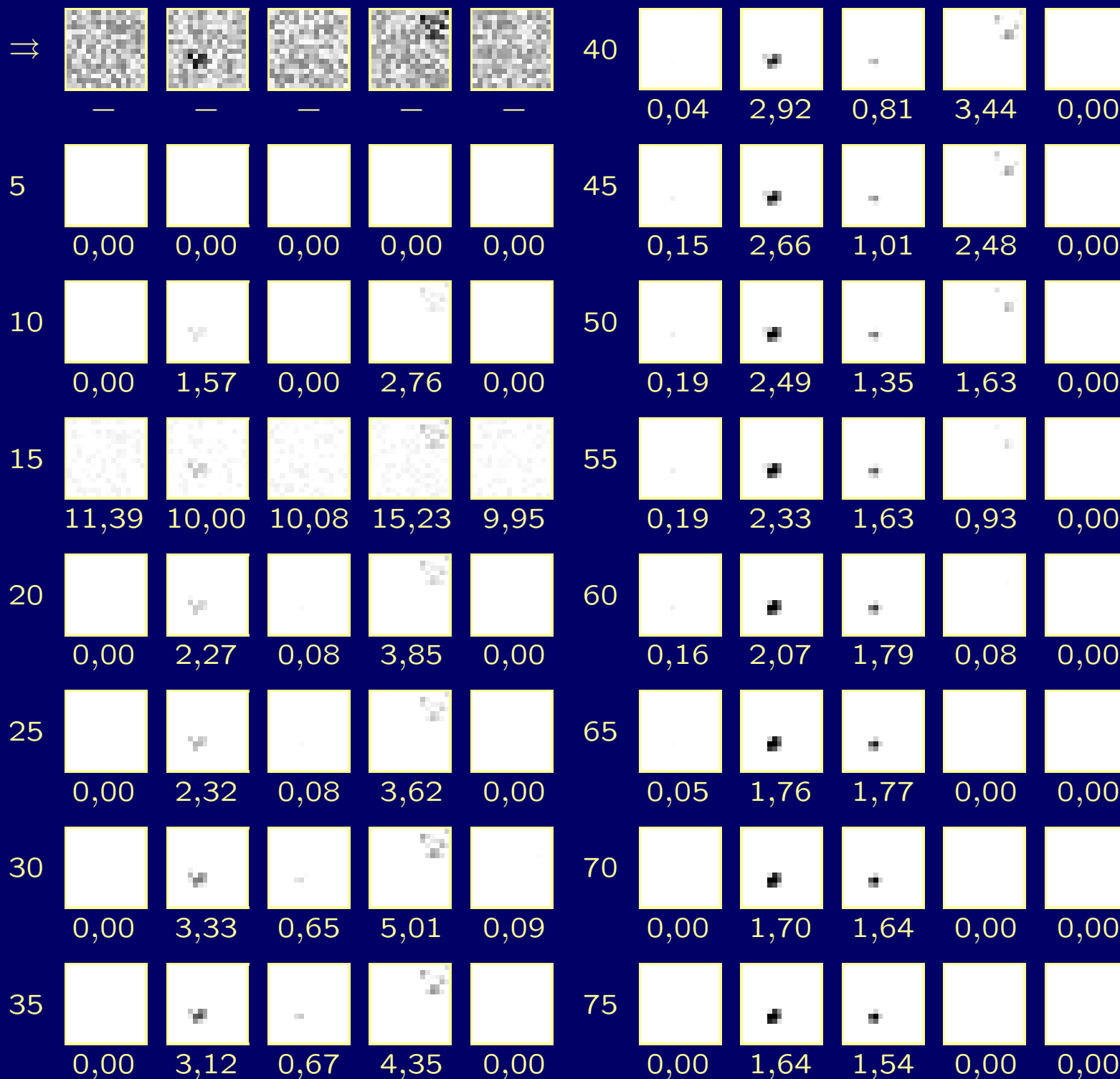
~> Polygonzug-/Eulersche Methode:

$$z(k+1) = z(k) + \frac{\Delta T}{\tau} \left(f - z(k) \right)$$

6 Personenlokalisierung (Forts.)

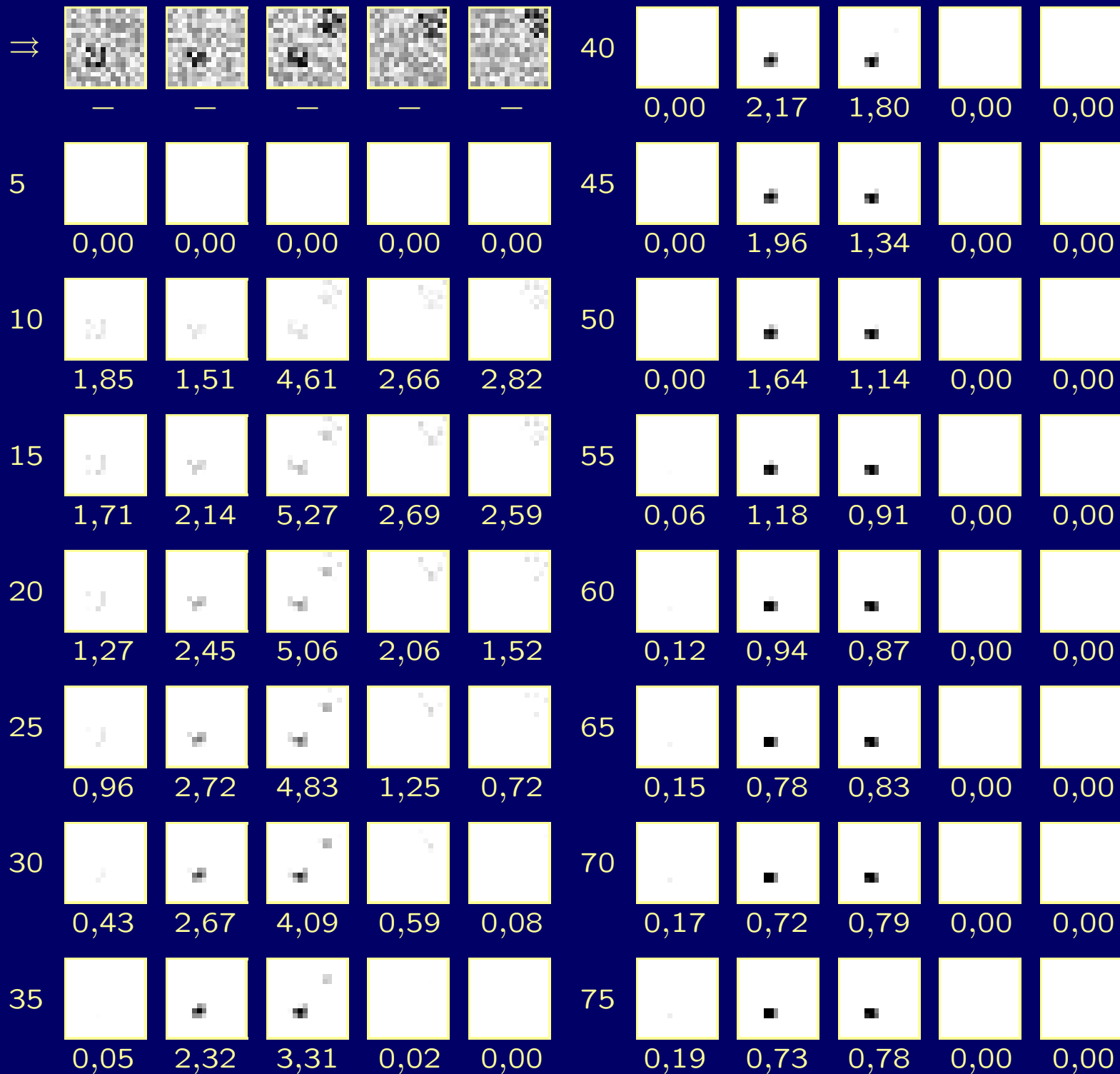
Relaxationsprozeß im 3D dyn. neuronalen Feld:

Beispielsequenzen



WTA-Prozeß:

75 Iterations-
schritte in einem
Feld von
 $16 \times 16 \times 5$
dynamischen
Neuronen mit
(Fall 1) zwei
„einschichtigen
Stimuli“
doppelter
Rauschamplitu-
de

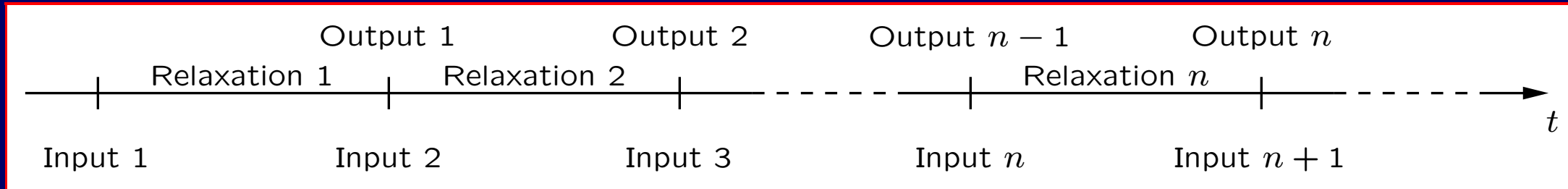


WTA-Prozeß:

Konstellation
wie Fall 1, aber
(Fall 2) zwei
„dreischichtige
Stimuli“
doppelter
Rauschamplitu-
de

6 Personenlokalisierung (Forts.)

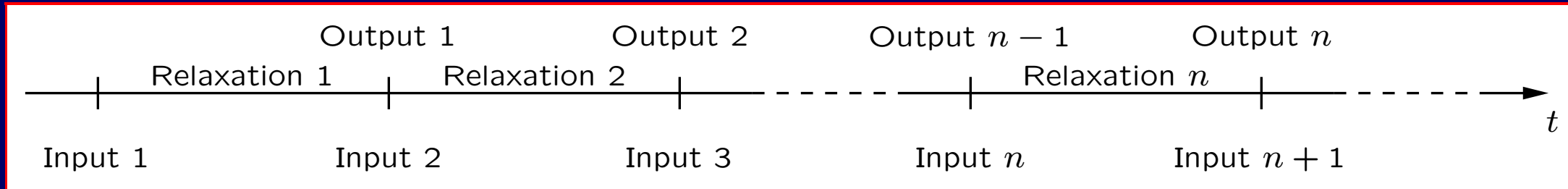
Sequentialisierung des WTA-Prozesses:



- dynamisches neuronales Feld auf Mikrozeitskala
- Lösung abhängig vom korrespondierenden Input und vorheriger Lösung
- definierter Abbruch der Relaxation (Makrozeitskala)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

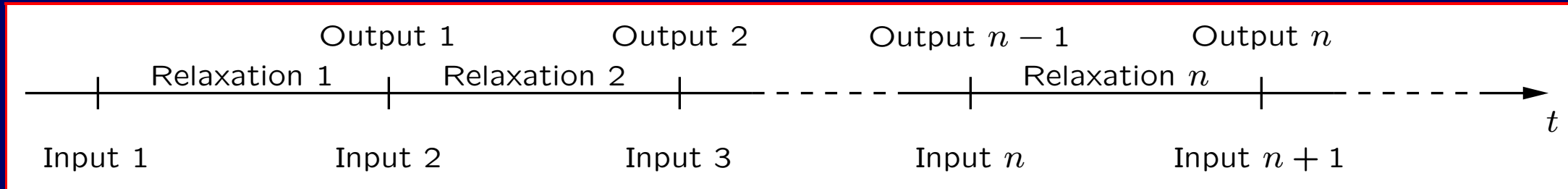
Sequentialisierung des WTA-Prozesses:



- dynamisches neuronales Feld auf Mikrozeitskala
- Lösung abhängig vom korrespondierenden Input und vorheriger Lösung
- definierter Abbruch der Relaxation (Makrozeitskala)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Sequentialisierung des WTA-Prozesses:



- dynamisches neuronales Feld auf Mikrozeitskala
- Lösung abhängig vom korrespondierenden Input und vorheriger Lösung
- definierter Abbruch der Relaxation (Makrozeitskala)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

Variation von

1. Innen-/Außenbereich
2. Beleuchtungsstärke
3. Beleuchtungsrichtung
4. Personenentfernung
5. Hintergrund-/Vordergrund-Komplexitäten

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

Variation von

1. Innen-/Außenbereich
2. Beleuchtungsstärke
3. Beleuchtungsrichtung
4. Personenentfernung
5. Hintergrund-/Vordergrund-Komplexitäten

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

Variation von

1. Innen-/Außenbereich
2. Beleuchtungsstärke
3. Beleuchtungsrichtung
4. Personenentfernung
5. Hintergrund-/Vordergrund-Komplexitäten

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

Variation von

1. Innen-/Außenbereich
2. Beleuchtungsstärke
3. Beleuchtungsrichtung
4. Personenentfernung
5. Hintergrund-/Vordergrund-Komplexitäten

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

Variation von

1. Innen-/Außenbereich
2. Beleuchtungsstärke
3. Beleuchtungsrichtung
4. Personenentfernung
5. Hintergrund-/Vordergrund-Komplexitäten

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

24 Szenen mit typischen Fällen *und* Problemfällen:

Variation von

1. Innen-/Außenbereich
2. Beleuchtungsstärke
3. Beleuchtungsrichtung
4. Personenentfernung
5. Hintergrund-/Vordergrund-Komplexitäten

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

Galerie an Szenen *nicht* realisiert, weil:

- zu starr für Tests
- für sinnvolle quantitative Aussagen sehr großer Umfang erforderlich
- bereits hohe Variabilität durch mobilen Roboter & Computervision-Arbeitsplatz

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

Galerie an Szenen *nicht* realisiert, weil:

- zu starr für Tests
- für sinnvolle quantitative Aussagen sehr großer Umfang erforderlich
- bereits hohe Variabilität durch mobilen Roboter & Computervision-Arbeitsplatz

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

Galerie an Szenen *nicht* realisiert, weil:

- zu starr für Tests
- für sinnvolle quantitative Aussagen sehr großer Umfang erforderlich
- bereits hohe Variabilität durch mobilen Roboter & Computervision-Arbeitsplatz

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

Galerie an Szenen *nicht* realisiert, weil:

- zu starr für Tests
- für sinnvolle quantitative Aussagen sehr großer Umfang erforderlich
- bereits hohe Variabilität durch mobilen Roboter & Computervision-Arbeitsplatz

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Demonstration des realisierten Systems:

Galerie an Szenen *nicht* realisiert, weil:

- zu starr für Tests
- für sinnvolle quantitative Aussagen sehr großer Umfang erforderlich
- bereits hohe Variabilität durch mobilen Roboter & Computervision-Arbeitsplatz

Nachteil: Aussagen bleiben halbquantitativ

Lokalisierungsergebnisse (1)

«Autor» im Außenbereich

Dist.	Id(e_g)	Ort	Bel.-richt.	Hautf.	Gesicht	Kontur	Person	Abb.
1,0m	5,0	außen	rundum	konz.	2	vert. 2-3	2 (2)	—
1,0m	5,0	außen	rundum	konz.	2	2	2 (2)	(a)
1,5m	5,0	außen	rundum	konz.	1	1	1 (1)	(b)
2,0m	5,0	außen	rundum	konz.	0	0	0 (0)	—

Lokalisierungsergebnisse (2)

«Christoph» im Innenbereich

Dist.	Id(e_g)	Ort	Bel.-richt.	Hautf.	Gesicht	Kontur	Person	Abb.
0,5m	0,5	innen	entgegen	verteilt	3	3-4	4 (4)	(c)
1,0m	0,25	innen	rundum	konz.	2	0-2	2 (2)	—
1,5m	0,5	innen	rundum	konz.	1	0-1	1 (1)	—
2,0m	0,5	innen	rundum	konz.	0	0-1	1 (0)	(d)

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Rechenzeitbedarf (Pentium I, 200MHz, PCI):

0,2s Bildakquisition (2%)

0,3s Hautfarbdetektion (3%)

5,2s Gesichtsdetektion (53%)

1,4s Konturdetektion (14%)

+ 2,8s Personenlokalisierung (Fusion/Selektion, 28%)

9,9s Gesamtzeit zw. Bildaufnahme und Lokalisation

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Résumé:

Zweischrittiges Konzept zur Fusion und anschließenden Selektion der Cues

- nutzt den integrativen Charakter des Min-Max-Fuzzy-Operators
- reduziert den Selektionsaufwand auf *ein* dyn. Feld
- nutzt erfolgreich den zugleich datengetriebenen und zustandsbasierten Ansatz des dyn. neuronalen Feldes zur Selektion

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Résumé:

Zweischrittiges Konzept zur Fusion und anschließenden Selektion der Cues

- nutzt den integrativen Charakter des Min-Max-Fuzzy-Operators
- reduziert den Selektionsaufwand auf *ein* dyn. Feld
- nutzt erfolgreich den zugleich datengetriebenen und zustandsbasierten Ansatz des dyn. neuronalen Feldes zur Selektion

6 Personenlokalisierung (Forts.)

Résumé:

Zweischrittiges Konzept zur Fusion und anschließenden Selektion der Cues

- nutzt den integrativen Charakter des Min-Max-Fuzzy-Operators
- reduziert den Selektionsaufwand auf *ein* dyn. Feld
- nutzt erfolgreich den zugleich datengetriebenen und zustandsbasierten Ansatz des dyn. neuronalen Feldes zur Selektion

7 Abschluß

Gesamtrésumé

7 Abschluß

Gesamtrésumé

Der vorgestellte neuartige Ansatz zur visuellen Personenlokalisierung

- baut auf einer breiten Analyse der Schwachpunkte bekannter Verfahren auf
- setzt erfolgreich einen Satz einfacher Auffälligkeitskomponenten redundant ein und vollzieht iterativ eine 3D Selektion
- legt Wert auf praktische Implementierbarkeit
- weist eine akzeptable Demonstrabilität auf

7 Abschluß

Gesamtrésumé

Der vorgestellte neuartige Ansatz zur visuellen Personenlokalisierung

- baut auf einer breiten Analyse der Schwachpunkte bekannter Verfahren auf
- setzt erfolgreich einen Satz einfacher Auffälligkeitskomponenten redundant ein und vollzieht iterativ eine 3D Selektion
- legt Wert auf praktische Implementierbarkeit
- weist eine akzeptable Demonstrabilität auf

7 Abschluß

Gesamtrésumé

Der vorgestellte neuartige Ansatz zur visuellen Personenlokalisierung

- baut auf einer breiten Analyse der Schwachpunkte bekannter Verfahren auf
- setzt erfolgreich einen Satz einfacher Auffälligkeitskomponenten redundant ein und vollzieht iterativ eine 3D Selektion
- legt Wert auf praktische Implementierbarkeit
- weist eine akzeptable Demonstrabilität auf

7 Abschluß

Gesamtrésumé

Der vorgestellte neuartige Ansatz zur visuellen Personenlokalisierung

- baut auf einer breiten Analyse der Schwachpunkte bekannter Verfahren auf
- setzt erfolgreich einen Satz einfacher Auffälligkeitskomponenten redundant ein und vollzieht iterativ eine 3D Selektion
- legt Wert auf praktische Implementierbarkeit
- weist eine akzeptable Demonstrabilität auf

7 Abschluß

Gesamtrésumé

Der vorgestellte neuartige Ansatz zur visuellen Personenlokalisierung

- baut auf einer breiten Analyse der Schwachpunkte bekannter Verfahren auf
- setzt erfolgreich einen Satz einfacher Auffälligkeitskomponenten redundant ein und vollzieht iterativ eine 3D Selektion
- legt Wert auf praktische Implementierbarkeit
- weist eine akzeptable Demonstrabilität auf

7 Abschluß

Ausblick

Methodische Weiterführung

- systematisches Anlegen einer Galerie an Szenen zur besseren Quantifizierbarkeit der Leistungsfähigkeit
- Untersuchungen zu Szenen mit mehreren Personen
- Untersuchungen zur weiteren Beschleunigung und Verbesserung der Gesichtsdetektion (Auflösungssenkung & andere Klassifikatoren)
- Untersuchungen zur Hinzunahme von Heuristiken & Kausalitäten

7 Abschluß

Ausblick

Methodische Weiterführung

- systematisches Anlegen einer Galerie an Szenen zur besseren Quantifizierbarkeit der Leistungsfähigkeit
- Untersuchungen zu Szenen mit mehreren Personen
- Untersuchungen zur weiteren Beschleunigung und Verbesserung der Gesichtsdetektion (Auflösungssenkung & andere Klassifikatoren)
- Untersuchungen zur Hinzunahme von Heuristiken & Kausalitäten

7 Abschluß

Ausblick

Methodische Weiterführung

- systematisches Anlegen einer Galerie an Szenen zur besseren Quantifizierbarkeit der Leistungsfähigkeit
- Untersuchungen zu Szenen mit mehreren Personen
- Untersuchungen zur weiteren Beschleunigung und Verbesserung der Gesichtsdetektion (Auflösungssenkung & andere Klassifikatoren)
- Untersuchungen zur Hinzunahme von Heuristiken & Kausalitäten

7 Abschluß

Ausblick

Methodische Weiterführung

- systematisches Anlegen einer Galerie an Szenen zur besseren Quantifizierbarkeit der Leistungsfähigkeit
- Untersuchungen zu Szenen mit mehreren Personen
- Untersuchungen zur weiteren Beschleunigung und Verbesserung der Gesichtsdetektion (Auflösungssenkung & andere Klassifikatoren)
- Untersuchungen zur Hinzunahme von Heuristiken & Kausalitäten

7 Abschluß

Ausblick

Methodische Weiterführung

- systematisches Anlegen einer Galerie an Szenen zur besseren Quantifizierbarkeit der Leistungsfähigkeit
- Untersuchungen zu Szenen mit mehreren Personen
- Untersuchungen zur weiteren Beschleunigung und Verbesserung der Gesichtsdetektion (Auflösungssenkung & andere Klassifikatoren)
- Untersuchungen zur Hinzunahme von Heuristiken & Kausalitäten

7 Abschluß

Ausblick

Künftige weitere Einsatzfelder

- ~> flexible Adaptivität des relativ generischen Ansatzes an andere MMI-Szenarien, wie:
 - „Smart Rooms“
 - intelligente Workstations
 - Informationsterminals

7 Abschluß

Ausblick

Künftige weitere Einsatzfelder

- ~> flexible Adaptivität des relativ generischen Ansatzes an andere MMI-Szenarien, wie:
 - „Smart Rooms“
 - intelligente Workstations
 - Informationsterminals

7 Abschluß

Ausblick

Künftige weitere Einsatzfelder

- ~> flexible Adaptivität des relativ generischen Ansatzes an andere MMI-Szenarien, wie:
 - „Smart Rooms“
 - intelligente Workstations
 - Informationsterminals

7 Abschluß

Ausblick

Künftige weitere Einsatzfelder

- ~> flexible Adaptivität des relativ generischen Ansatzes an andere MMI-Szenarien, wie:
 - „Smart Rooms“
 - intelligente Workstations
 - Informationsterminals

7 Abschluß

Ausblick

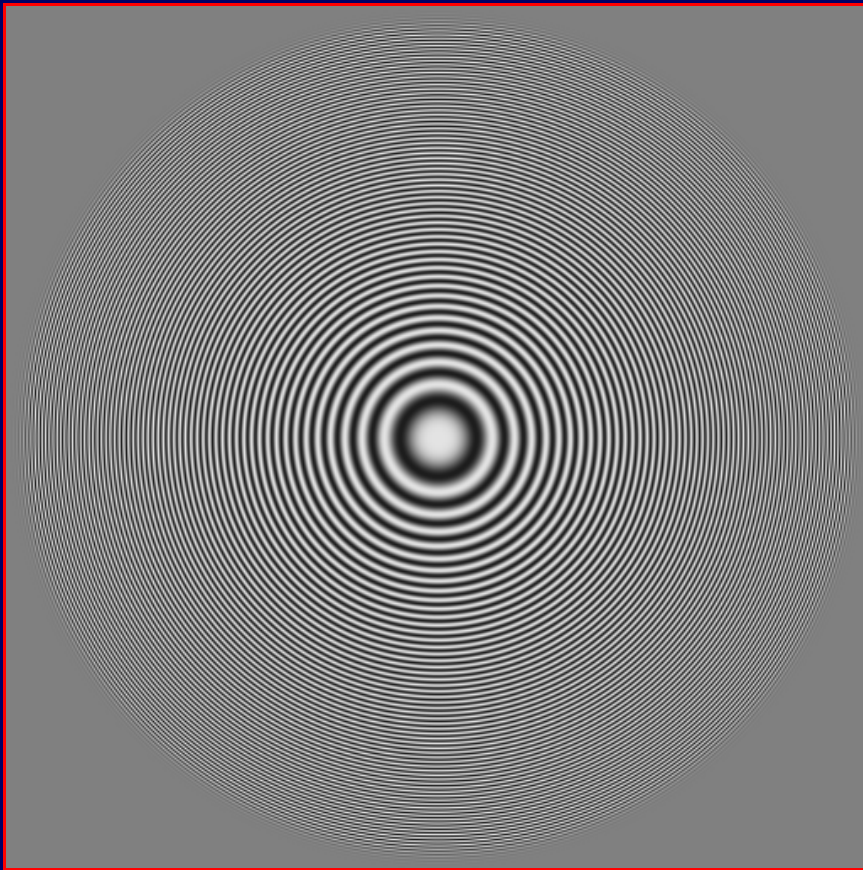
Künftige weitere Einsatzfelder

- ~> flexible Adaptivität des relativ generischen Ansatzes an andere MMI-Szenarien, wie:
 - „Smart Rooms“
 - intelligente Workstations
 - Informationsterminals

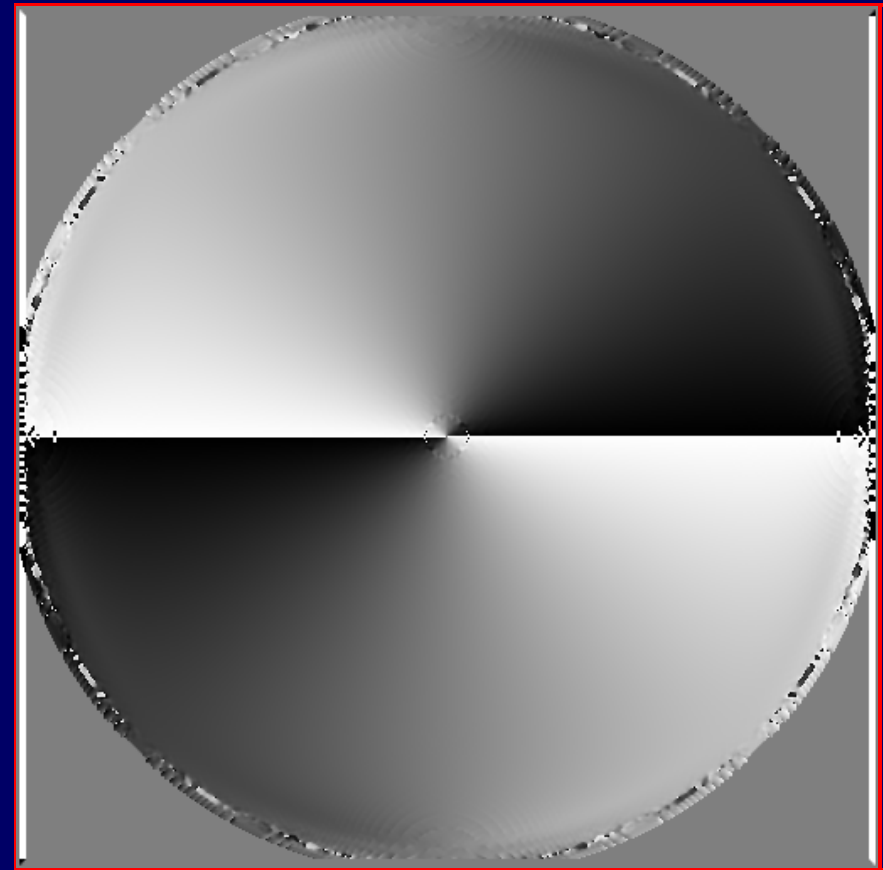
Vielen Dank!

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode)

Testbild



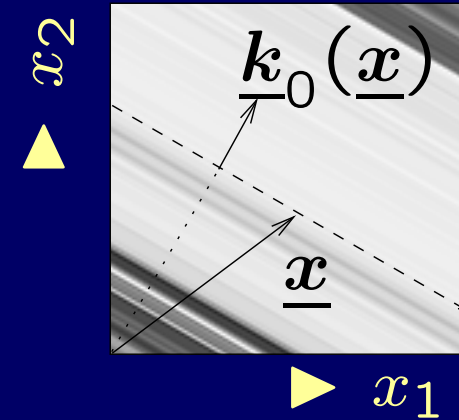
Orientierungswinkelbild



Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode)

Ansatz:

- Lokale Nachbarschaft mit ideal orientierter Struktur

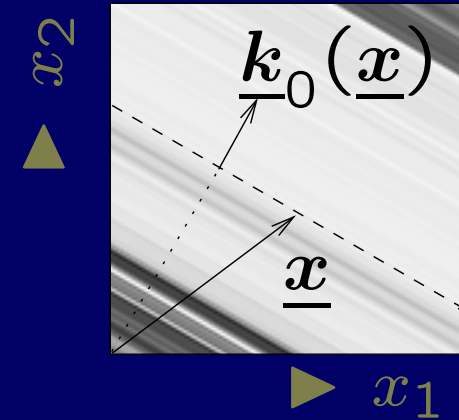


- $\overline{k_0(x)} = \arg \max_{\underline{k_0(x)}} \left(\underline{k_0^T(x)} \underline{J(x)} \underline{k_0(x)} \right)$
- $\underline{J(x)} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} w(\underline{x} - \underline{x}') \nabla g(\underline{x}') \nabla g(\underline{x}')^T dx'_1 dx'_2$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode)

Ansatz:

- Lokale Nachbarschaft mit ideal orientierter Struktur

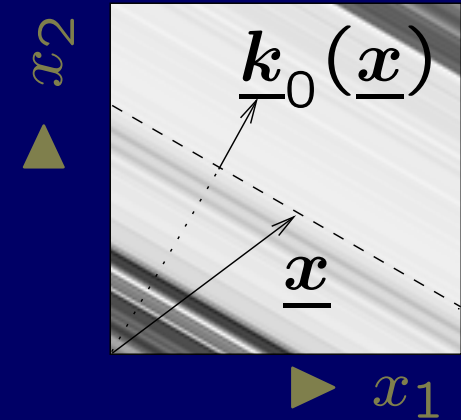


- $\overline{k_0(x)} = \arg \max_{\underline{k_0(x)}} \left(\underline{k_0^T(x)} \underline{J(x)} \underline{k_0(x)} \right)$
- $\underline{J(x)} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} w(\underline{x} - \underline{x}') \nabla g(\underline{x}') \nabla g(\underline{x}')^T dx'_1 dx'_2$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode)

Ansatz:

- Lokale Nachbarschaft mit ideal orientierter Struktur



- $\overline{k_0(x)} = \arg \max_{\underline{k_0(x)}} \left(\underline{k_0^T(x)} \underline{J(x)} \underline{k_0(x)} \right)$
- $\underline{J(x)} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} w(\underline{x} - \underline{x}') \nabla g(\underline{x}') \nabla g(\underline{x}')^T dx'_1 dx'_2$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode) (Forts.)

Lösung (1):

$$\bullet \underline{\mathbf{J}}(\underline{x}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} w(\underline{x} - \underline{x}') \begin{bmatrix} \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_q} \\ \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_q} & \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_q} & \frac{\partial g(\underline{x}')}{\partial x'_q} \end{bmatrix} dx'_1 dx'_2$$

$$\bullet \underline{\mathbf{J}}'(\underline{x}) = \begin{bmatrix} J'_1(\underline{x}) & 0 \\ 0 & J'_2(\underline{x}) \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{T}}^\top(\underline{x}) \underline{\mathbf{J}}(\underline{x}) \underline{\mathbf{T}}(\underline{x})$$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode) (Forts.)

Lösung (1):

$$\bullet \underline{\mathbf{J}}(\underline{\mathbf{x}}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} w(\underline{\mathbf{x}} - \underline{\mathbf{x}}') \begin{bmatrix} \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_q} \\ \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_q} & \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_p} & \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_q} & \frac{\partial g(\underline{\mathbf{x}}')}{\partial x'_q} \end{bmatrix} dx'_1 dx'_2$$

$$\bullet \underline{\mathbf{J}}'(\underline{\mathbf{x}}) = \begin{bmatrix} J'_1(\underline{\mathbf{x}}) & 0 \\ 0 & J'_2(\underline{\mathbf{x}}) \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{T}}^\top(\underline{\mathbf{x}}) \underline{\mathbf{J}}(\underline{\mathbf{x}}) \underline{\mathbf{T}}(\underline{\mathbf{x}})$$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode) (Forts.)

Lösung (2):

- $\underline{T}(\underline{x}) = \begin{bmatrix} \cos(\phi(\underline{x})) & \sin(\phi(\underline{x})) \\ -\sin(\phi(\underline{x})) & \cos(\phi(\underline{x})) \end{bmatrix}$

- $0 = \frac{1}{2}(J_{11} - J_{22}) \sin 2\phi + J_{12} \cos 2\phi$

- $\tan(2\phi(\underline{x})) = \frac{2J_{12}(\underline{x})}{J_{22}(\underline{x}) - J_{11}(\underline{x})}$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode) (Forts.)

Lösung (2):

- $\underline{T}(\underline{x}) = \begin{bmatrix} \cos(\phi(\underline{x})) & \sin(\phi(\underline{x})) \\ -\sin(\phi(\underline{x})) & \cos(\phi(\underline{x})) \end{bmatrix}$

- $0 = \frac{1}{2}(J_{11} - J_{22}) \sin 2\phi + J_{12} \cos 2\phi$

- $\tan(2\phi(\underline{x})) = \frac{2J_{12}(\underline{x})}{J_{22}(\underline{x}) - J_{11}(\underline{x})}$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode) (Forts.)

Lösung (2):

- $\underline{T}(\underline{x}) = \begin{bmatrix} \cos(\phi(\underline{x})) & \sin(\phi(\underline{x})) \\ -\sin(\phi(\underline{x})) & \cos(\phi(\underline{x})) \end{bmatrix}$

- $0 = \frac{1}{2}(J_{11} - J_{22}) \sin 2\phi + J_{12} \cos 2\phi$

- $\tan(2\phi(\underline{x})) = \frac{2J_{12}(\underline{x})}{J_{22}(\underline{x}) - J_{11}(\underline{x})}$

Orientierungsfilterung (2D-Tensormethode) (Forts.)

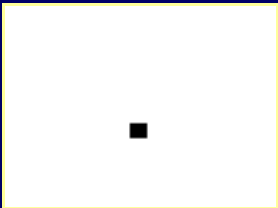
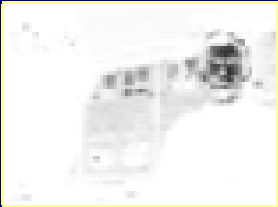
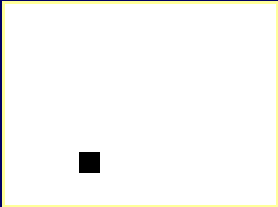
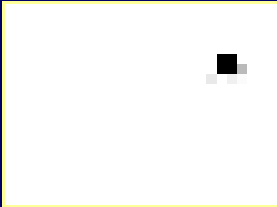
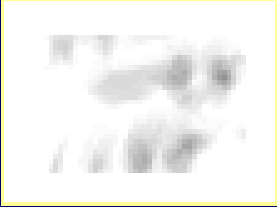
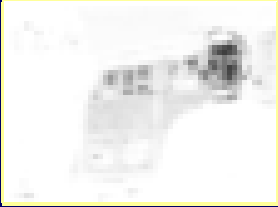
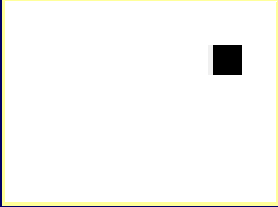
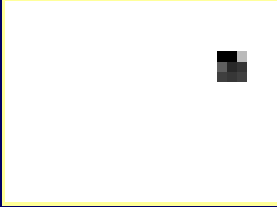
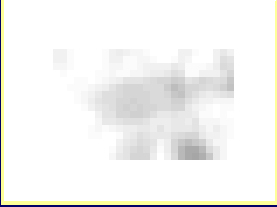
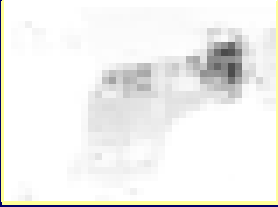
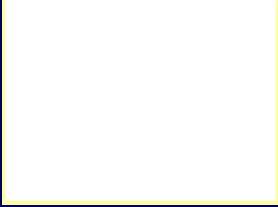
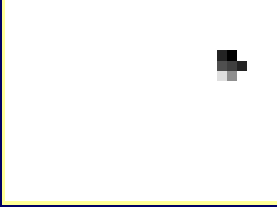
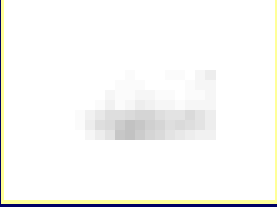
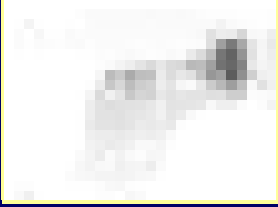
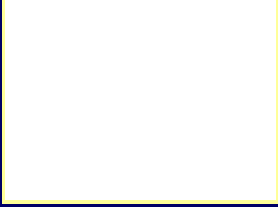
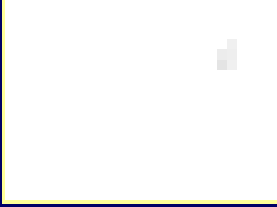
Realisierung:

- $$\tan(2\underline{\Phi}) = \left[2\underline{\mathbf{B}} * \left((\underline{\mathbf{D}}_p * \underline{\mathbf{I}}^*) \cdot (\underline{\mathbf{D}}_q * \underline{\mathbf{I}}^*) \right) \right] \div$$
$$\left[\underline{\mathbf{B}} * \left((\underline{\mathbf{D}}_q * \underline{\mathbf{I}}^*) \cdot (\underline{\mathbf{D}}_q * \underline{\mathbf{I}}^*) - (\underline{\mathbf{D}}_p * \underline{\mathbf{I}}^*) \cdot (\underline{\mathbf{D}}_p * \underline{\mathbf{I}}^*) \right) \right]$$

Zurück

Lokalisierungsergebnisse (a)

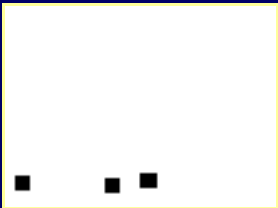
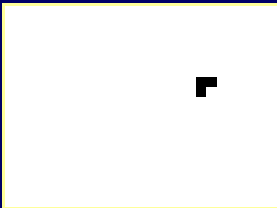
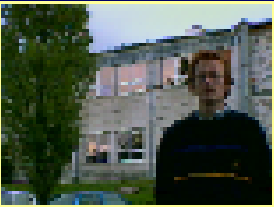
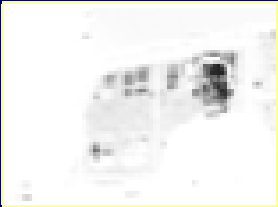
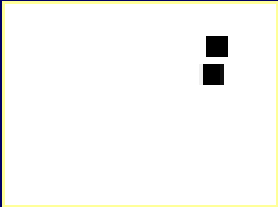
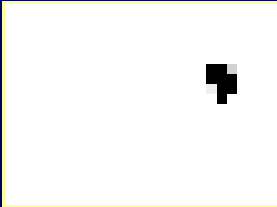
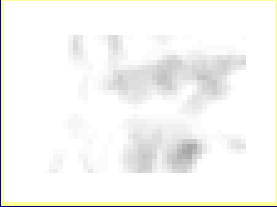
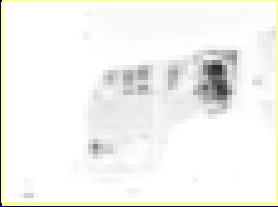
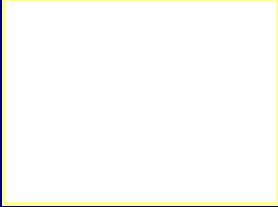
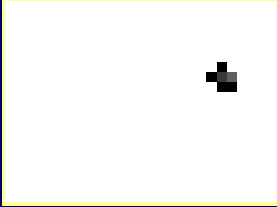
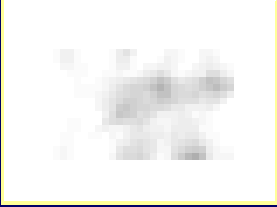
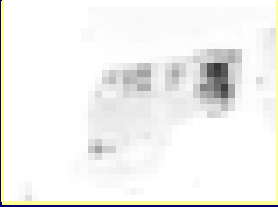
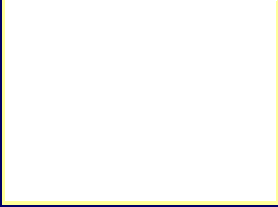
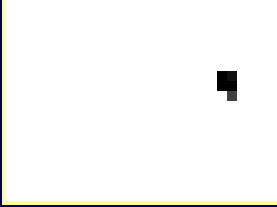
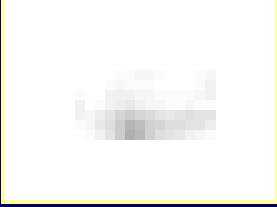
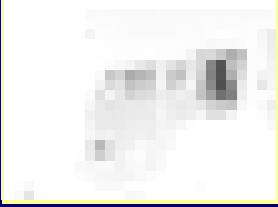
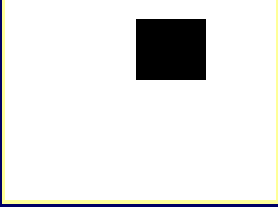
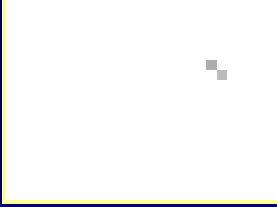
«Autor» im Außenbereich auf ca. 1,0m

Farbbild	Kontur	Hautfarbe	Gesicht	Selektion	
					0. Ebene (ca. 2,0m)
					1. Ebene (ca. 1,4m)
					2. Ebene (ca. 1,0m)
					3. Ebene (ca. 0,7m)
					4. Ebene (ca. 0,5m)

Tabelle

Lokalisationsergebnisse (b)

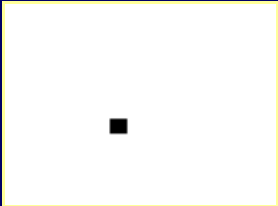
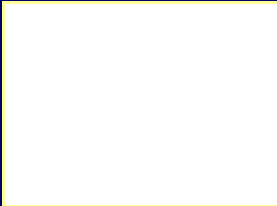
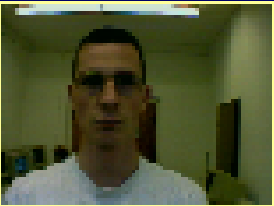
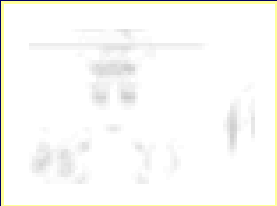
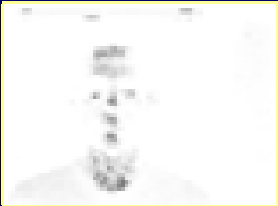
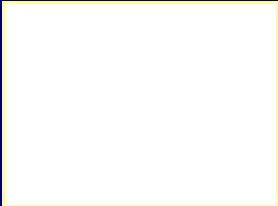
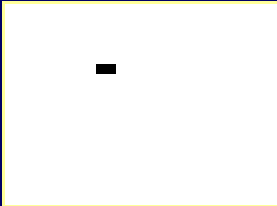
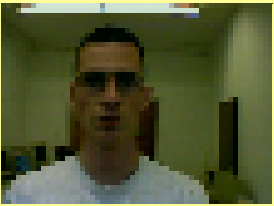
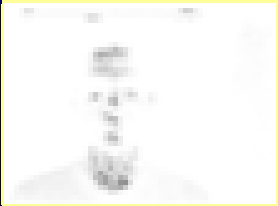
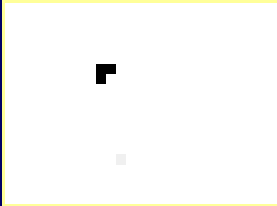
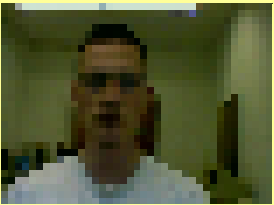
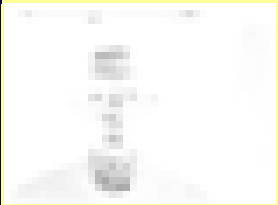
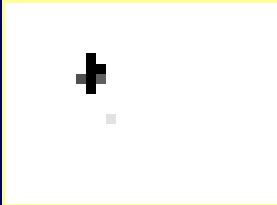
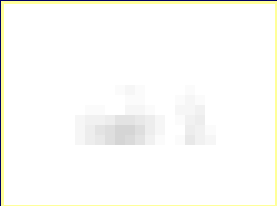
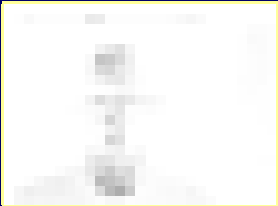
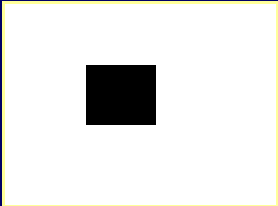
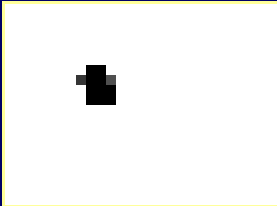
«Autor» im Außenbereich auf ca. 1,5m

Farbbild	Kontur	Hautfarbe	Gesicht	Selektion	
					0. Ebene (ca. 2,0m)
					1. Ebene (ca. 1,4m)
					2. Ebene (ca. 1,0m)
					3. Ebene (ca. 0,7m)
					4. Ebene (ca. 0,5m)

Tabelle

Lokalisierungsergebnisse (c)

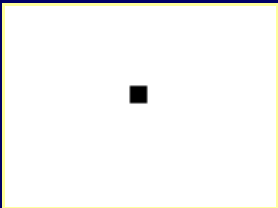
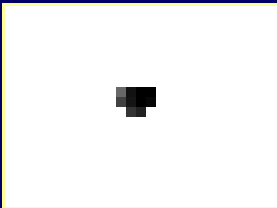
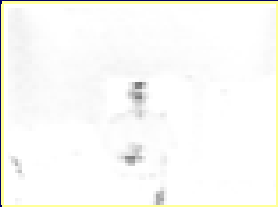
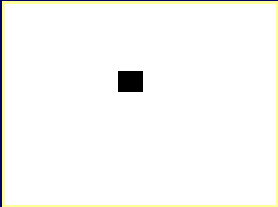
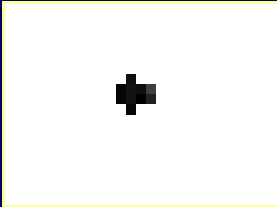
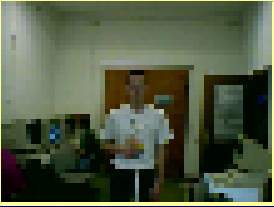
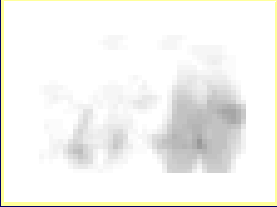
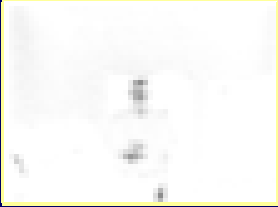
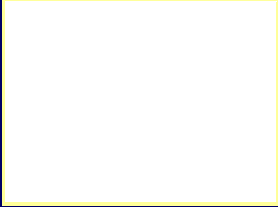
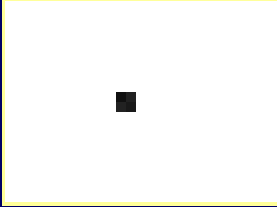
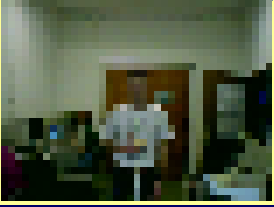
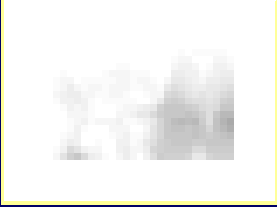
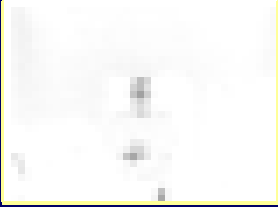
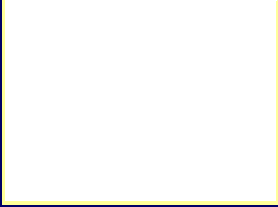
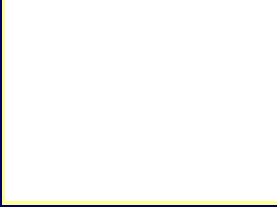
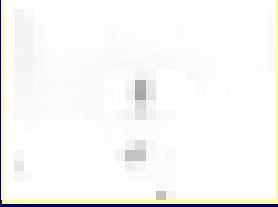
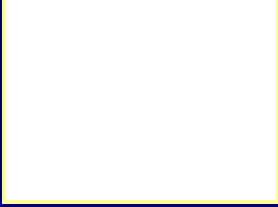
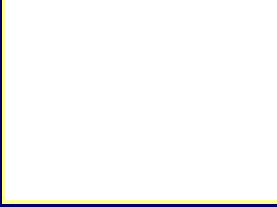
«Christoph» im Innenbereich auf ca. 0,5m

Farbbild	Kontur	Hautfarbe	Gesicht	Selektion	
					0. Ebene (ca. 2,0m)
					1. Ebene (ca. 1,4m)
					2. Ebene (ca. 1,0m)
					3. Ebene (ca. 0,7m)
					4. Ebene (ca. 0,5m)

Tabelle

Lokalisierungsergebnisse (d)

«Christoph» im Innenbereich auf ca. 2,0m

Farbbild	Kontur	Hautfarbe	Gesicht	Selektion	
					0. Ebene (ca. 2,0m)
					1. Ebene (ca. 1,4m)
					2. Ebene (ca. 1,0m)
					3. Ebene (ca. 0,7m)
					4. Ebene (ca. 0,5m)

Tabelle

Skalierungseigenschaften (a)

Gesichtsdetektion für «Christoph»

Ebene	Skalierung	erf. Bereich [cm]	Ø [cm]
4	2^{-2}	40... 60	50,0
3	$2^{-\frac{3}{2}}$	62... 84	73,0
2	2^{-1}	86...114	100,0
1	$2^{-\frac{1}{2}}$	125...158	141,5
0	2^0	177...214	195,5

Skalierungseigenschaften (b)

Konturdetektion für «Christoph»

Ebene	Skalierung	erf. Bereich [cm]	Ø [cm]
4	2^{-2}	40... 65	52,5
3	$2^{-\frac{3}{2}}$	55... 90	72,5
2	2^{-1}	80...130	105,0
1	$2^{-\frac{1}{2}}$	120...170	145,0
0	2^0	160...220	190,0