

Geometrische Tennisplatzrekonstruktion/ 3D Rekonstruktion von Athletenbewegungen

Universität Mannheim
Praktische Informatik IV

Seminararbeit
Seminar 3D-Rekonstruktion
WS 2002/2003

Frank Lemke

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Auswahl von Tennisplatzszenen	5
3. Analyse und geometrische Rekonstruktion des Tennisplatzes	7
3.1. Die Kamerageometrie	7
3.2. Das Tennisplatzmodell.....	8
3.3. Ein einfacher Algorithmus	8
3.4. Hough Transform.....	10
4. 3D-Rekonstruktion der Athletenbewegungen.....	13
4.1. Spielerposition.....	13
4.2. Silhouette.....	14
4.3. 3D-Modellanpassung	14
5. Semantische Analyse	16
5.1. Analyse von Spielerposition und Tennisplatzrekonstruktion.....	16
5.2. Verbesserung mit Zusatzinformationen	16
6. Zusammenfassung	18
Literaturverzeichnis.....	19

1. Einleitung

Die Rekonstruktion von Sportübertragungen so heißt das große Themengebiet auf das diese Seminararbeit hinarbeitet. Man möchte erreichen, aus groben relativ leicht zu erhaltenden Informationen von Sportvideos, durch Bearbeitung und Analyse Informationen über Inhalte und Zusammenhänge zu erkennen (siehe Abbildung 1 u. 2). Um eine Vorauswahl spezieller Inhalte treffen zu können und die Basisinformationen für das weitere Arbeiten mit dem gegebenen Sportereignis zu erhalten. Ein mögliches Anwendungsgebiet ist „Augmented Reality“, es gibt jedoch noch viele weitere Beispiele.



Abbildung 1: Reales Sportbild



Abbildung 2: Rekonstruiertes Sportbild

Im folgenden begrenzt sich der Bericht, wegen der hohen Komplexität des Problems, auf das Teilgebiet der Tennisvideoanalyse. Bei der Betrachtung von Teilgebieten kann man unter Berücksichtigung ihrer typischen Eigenschaften die Analyse und Bearbeitung deutlich vereinfachen. Bei der Tennisvideoanalyse ist die wichtigste zu verwendende typische Eigenschaft die Tennisplatzgeometrie, mit deren Hilfe man leichter an die erwünschten Informationen gelangen kann. Ziel ist es, Spielereignisse wie z.B. Grundlinienspiel, Serve and Volley, Netzspiel oder Aufschläge, unterscheiden zu können, um eine schnellere Auswahl zu ermöglichen.

Danach können noch weitere Informationen zur genaueren Analyse einbezogen werden. Eine automatische Analyse und Auswertung ist sinnvoll, da ein nicht automatisiertes Verfahren sehr teuer und zeitaufwendig ist und unter anderem von Trainern, zur Verbesserung der Spielweise ihrer Spieler und deren gezielten Vorbereitung auf die nächsten Gegner, ein Videoanalyse vorgenommen werden muss. Denn sie ist oft das beste Mittel, Fehler und Schwächen zu erkennen. Man könnte sich hier auch eine Anwendung mit Datenbanken überlegen, bei der man auf die Tennisspiele anhand der Auswahl von Inhalten zugreifen kann, z.B. mit der Auswahl „Boris Becker, Netzspiele, French Open 1999“ könnte man dann auf die erwünschten Inhalte ohne langes Suchen zugreifen. Der Bericht beschränkt sich jedoch auf Rekonstruktion und Analyse von Tennisvideos. Die Techniken, Algorithmen und Resultate, die in dieser Arbeit beschrieben werden, sind den Technical Reports [1], [2] und [3] entnommen.

Diese Seminararbeit erläutert Verfahren zur automatischen Analyse von Tennisvideos, um Inhalte zu erkennen und ein gezieltes weiteres Arbeiten mit diesen zu ermöglichen.

Nach der Auswahl von Tennisplatzszenen folgt eine Beschreibung der geometrischen Rekonstruktion des Tennisplatzes mit unterschiedlichen Methoden. Weiter folgt dann die 3-D Rekonstruktion der Athletenbewegung durch ermitteln der Spielerposition und das Errechnen der Silhouette. Nun kann man eine Analyse der gewonnenen Daten durchführen. Hierbei werden Spielereignisse aus dem Vergleich von Spielerposition und Tennisplatz erkannt, wie z. B. Grundlinienspiel, Serve and Volley, Netzspiel, Aufschläge, usw... . Um die Fehler zu reduzieren und weitere Erkenntnisse zu gewinnen, werden dann Zusatzinformationen mit in die Analyse einbezogen, wie beispielsweise die Silhouette, um mit Hilfe der Verhaltensanalyse des Spielers seine Handlungen Spielereignissen zuzuordnen. Nach der Analyse erhält man nun die erwünschten Daten und kann mit der Weiterbearbeitung fortfahren.

2. Auswahl von Tennisplatzszenen

Da zur weiteren Analyse nur noch Tennisplatzszenen von Bedeutung sind, müssen aus den gegebenen Tennisvideos alle irrelevanten Bilder entfernt werden, wie beispielsweise Zuschauerbilder (siehe Abbildung 3, 4 und 5). Ferner möchte man auch ein Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Sand-, Hart-, Teppich- und Grasplätzen erhalten. Lösungsidee hierfür ist ein Algorithmus zur Farbumterscheidung, den man auf die zuvor ausgewählten Tennisvideos anwendet, um über die Berechnung der Häufigkeit der Farben zu einem Ergebnis zu kommen.



Abbildung 3: Zuschauerbild

Abbildung 4: Tennisplatzbild

Abbildung 5: Zwischenstandsbild

Bevor man sich mit dem Algorithmus zur Farberkennung beschäftigen kann, müssen noch die Referenzwerte für die Tennisplatzfarben festgelegt werden. Diese erhält man durch die statistische Analyse von Beispielen, wobei zu beachten ist, dass jede Platzart mehrere Repräsentanten haben kann. Man stellt nun mit Hilfe der erhaltenen Daten und einer geeigneten Toleranzgrenze eine Tabelle auf. Anhand dieser Tabelle kann man die Platzarten unterscheiden und erhält einen geeigneten Referenzwert für die weitere Berechnung. Man verwendet nun einen Algorithmus zur Auswahl von Tennisplatzszenen:

- a. Man betrachte ein 100×100 Pixelfeld in der Mitte des Bildes.
- b. Berechne die Farbe *Max-Farbe*, die mit der größten Häufigkeit vorkommt.
- c. Berechne den Abstand von *Max-Farbe* zu den Referenzwerten der Tennisplatzarten.
- d. Die Tennisplatzart mit dem geringsten Abstand wird zum Referenzwert *Platzart*.
- e. Wenn der Abstand zwischen *Max-Farbe* und *Platzart* größer ist als der Toleranzwert dann markiere das Bild als nicht Tennisplatzbild und stoppe. Andernfalls gehe zu f.
- f. Initialisiere *Platzpunkte* = 0 und *Gesamtpunkte* = 0.
- g. Berechne für jeden Pixel:
 - (i) Berechne den Abstand der Farbe des Pixels zur Platzfarbe.
 - (ii) Wenn der Abstand kleiner ist als der zugehörige Toleranzwert, dann $\text{Platzpunkte} := \text{Platzpunkte} + 1$.
 - (iii) $\text{Gesamtpunkte} := \text{Gesamtpunkte} + 1$.

h. Berechne $Platzzugehörigkeit = Platzpunkte/Gesamtpunkte$

i. Wenn $Platzzugehörigkeit > 0,6$, dann markiere das Bild als zur *Platzart* zugehörig. Andernfalls nicht. Stoppe.

Nachdem nun die Tennisplatzszenen herausgefiltert sind, kann man mit der weiteren Analyse fortfahren. Bleibt nur noch kurz zu erwähnen, dass es neben den üblichen Problemen mit Farbunterscheidungen auch sehr stark abweichende Teppichplatzfarben gibt, die zu Irritationen führen können.

3. Analyse und geometrische Rekonstruktion des Tennisplatzes

Zur Analyse und geometrischen Rekonstruktion des Tennisplatzes folgt nun zuerst die Betrachtung der Grundlagen, also der Kamerageometrie und der speziellen Eigenschaften des Platzes. Dann folgt ein einfacher Algorithmus zur Erkennung der Linien und der Rekonstruktion des Tennisplatzes und schließlich eine alternative Variante mit Hilfe der Hough Transform.

3.1. Die Kamerageometrie

Die Kamerageometrie lässt sich durch die folgenden Formeln beschreiben:

$$(1) \quad \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ D \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(2) \quad \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \left(\frac{x'}{y'} \right) \\ f \left(\frac{z'}{y'} \right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \left(\frac{x}{y \cos \theta + z \sin \theta + D} \right) \\ f \left(\frac{-y \sin \theta + z \cos \theta}{y \cos \theta + z \sin \theta + D} \right) \end{bmatrix}$$

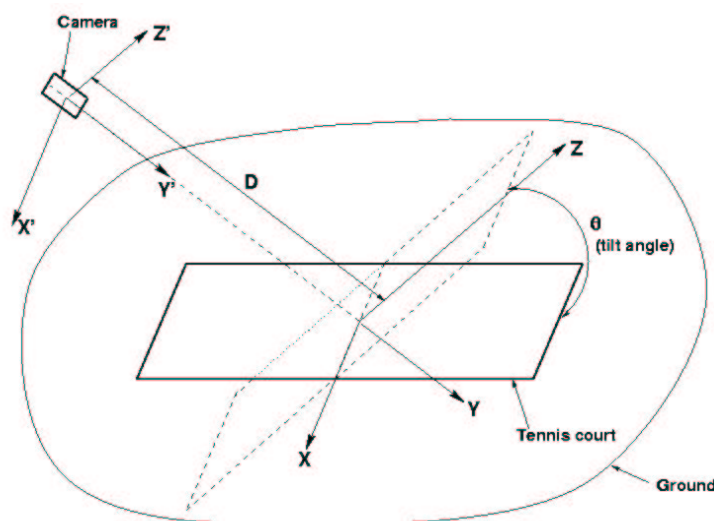


Abbildung 6: Typische Kamerageometrie

Wie in Abbildung 6 zu erkennen ist, wird der Tennisplatz als 2D-Objekt in frontaler Ansicht als Ebene betrachtet. Hierbei beschreibt der unbekannte Winkel Theta den Neigungswinkel auf der X-Achse und D den Abstand der Kamera zum Mittelpunkt des Tennisplatzes entlang der Y-Achse. Der Tennisplatz wird hier perspektivisch auf die Sicht der Kamera projiziert, wobei die Kamera der Mittelpunkt des Koordinatensystems ist. Die Formel (1) beschreibt die Drehung und Verschiebung anhand der unbekanntenen Theta und D. Formel (2) stellt mit Hilfe der Brennweite f , des Neigungswinkels Theta und des Abstands D die perspektivische Projektion der Bildpunkte dar.

3.2. Das Tennisplatzmodell

Nach der Betrachtung der Kamerageometrie folgt nun die Betrachtung des Tennisplatzmodells. Der Tennisplatz wird über feste Größen definiert. Diese sind die Länge der Tennisplatzlinien und deren Verbindungseigenschaften. Bild 7 zeigt das Modell eines Tennisplatzes als Einzelfeld. Die Erweiterung auf ein Doppelfeld ist trivial. Aus der Kamerageometrie und dem Tennisplatzmodell folgt nun, dass vier gut gewählte Punkte (z.B. P0, P1, P2, P3 auf Abbildung 7) des Platzes ausreichend sind, um den kompletten Platz zu rekonstruieren.

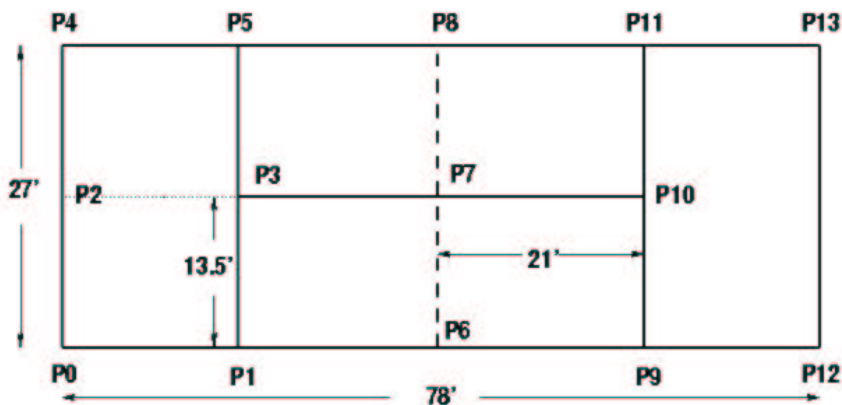


Abbildung 7: Tennisplatzmodell

3.3. Ein einfacher Algorithmus

Nachdem die geometrischen Grundlagen abgehandelt sind, folgt nun ein Algorithmus zur Erkennung der Tennisplatzlinien und abschließend die Rekonstruktion des Tennisplatzes. Für den folgenden Algorithmus geht man von der Voraussetzung aus, dass die Linienfarbe die größte Helligkeit hat und die Linienpunkte kontinuierlich sind. Man benötigt als Vorgabe für den Beginn einen Startpunkt und eine Suchrichtung. Der Algorithmus gliedert sich in zwei Teile, einen Linienerkennungsalgorithmus und den Hauptalgorithmus, der mit Hilfe des Linienerkennungsalgorithmus die zur Rekonstruktion des Tennisplatzes notwendigen Punkte errechnet.

Der Linienerkennungsalgorithmus:

- a. Beginne mit dem Startpunkt.
- b. Gehe einen Pixelstreifen in die Suchrichtung (den Pixelstreifen kann man durchaus auf beispielsweise 15 Pixel zu beiden Seiten begrenzen).
- c. Berechne die Abweichung der Helligkeit der Pixel des Streifens und markiere alle Pixel, die innerhalb der gegebenen Toleranzgrenzen liegen, als Linienpunkte.
- d. Finde den mittleren Punkt dieser Linienpunkte und mache diesen, falls er ein direkter Nachbar des Startpunktes ist, zum neuen Startpunkt und fahre fort mit a..
- e. Liste alle gefundenen Linienpunkte auf und erzeuge die Linie.
Berechne die Parameter dieses Liniensegments.

Der Hauptalgorithmus:

- (i) Initialisiere den Startpunkt knapp unter der Bildmitte (dieses wird nur für die Erkennung im ersten Bild genutzt).
- (ii) Von diesem Punkt aus starte den Linienerkennungsalgorithmus mit der Suchrichtung nach unten, um das vertikale Liniensegment zu Punkt P3 zu ermitteln. Erkläre den Endpunkt dieses Liniensegments zum Startpunkt des nächsten Liniensegments.
- (iii) Starte den Linienerkennungsalgorithmus mit der Suchrichtung nach rechts, um das horizontale Liniensegment zu Punkt P1 zu ermitteln. Erkläre den Endpunkt dieses Liniensegments zum Startpunkt des nächsten Liniensegments.
- (iv) Starte den Linienerkennungsalgorithmus mit der Suchrichtung nach unten, um das vertikale Liniensegment zu Punkt P0 zu ermitteln. Erkläre den Endpunkt dieses Liniensegments zum Startpunkt des nächsten Liniensegments.
- (v) Starte den Linienerkennungsalgorithmus mit der Suchrichtung nach links, um das horizontale Liniensegment zu erhalten, bis der Algorithmus stoppt.
- (vi) Errechne die Punkte P0, P1, P2 und P3 mit Hilfe der vier erkannten Liniensegmente.

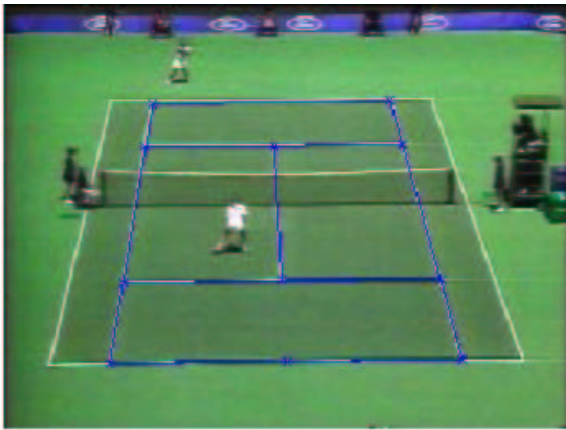


Abbildung 8: Tennisplatz mit rekonstruierten Linien

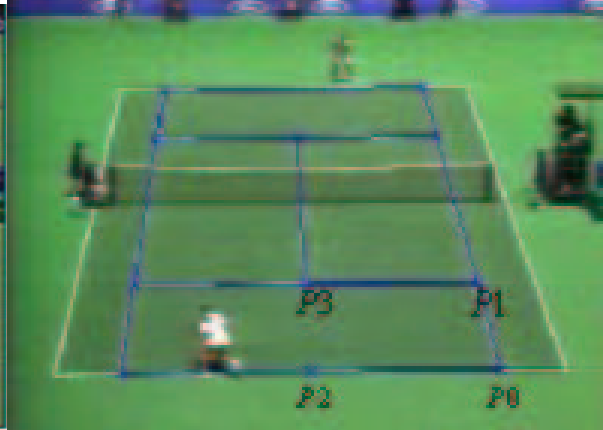


Abbildung 9: Tennisplatz mit rekonstruierten Linien und Punkten

Da nun die zur Rekonstruktion des Tennisplatzes notwendigen vier Punkte errechnet wurden, lässt sich jetzt mit Hilfe der Informationen der Kamerageometrie und des Tennisplatzmodells der Tennisplatz rekonstruieren. Man legt nach der Rekonstruktion den Startpunkt für den Suchalgorithmus zur Bearbeitung des nächsten Bildes fest. Auf den Bildern 8 und 9 (mit Punkten P0-P3) ist das Ergebnis des oben beschriebenen Algorithmus zu erkennen.

3.4. Hough Transform

Alternativ zur eben beschriebenen Linienerkennung und Rekonstruktion des Tennisplatzes, kann man auch mit Hilfe der Hough Transform zum erwünschten Ergebnis kommen. Als Vorbereitung zur Benutzung der Hough Transform verwendet man zunächst einen Edge Detection Algorithmus (z.B. den Canny Edge Detector), der alle relevanten Kantenpixel (Linien, Spieler und Störungen) mit 1 markiert und alle restlichen Pixel mit 0 (Hintergrundpixel), das Ergebnis des Edge Detection Algorithmus ist in Bild 10 klar zu erkennen. Ferner erhält jeder Pixel p eine Randorientierung $\varphi(p)$. Nun werden alle mit 1 markierten Pixel $p = (x,y)$ an die (ρ,θ) Repräsentation der Hough Transform angepasst. Für $H(\rho,\theta)$ gilt: $\theta = \varphi(p)$ und $\rho = y \sin(\varphi(p)) + x \cos(\varphi(p))$.

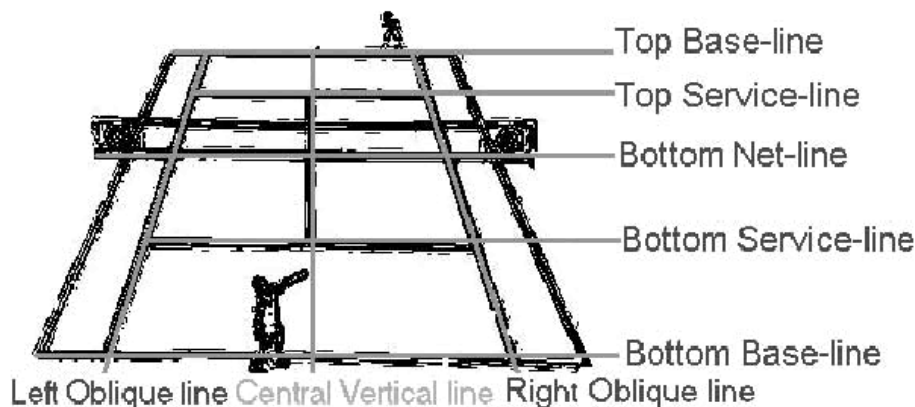


Abbildung 10: Ergebnis eines Edge Detection Algorithmus

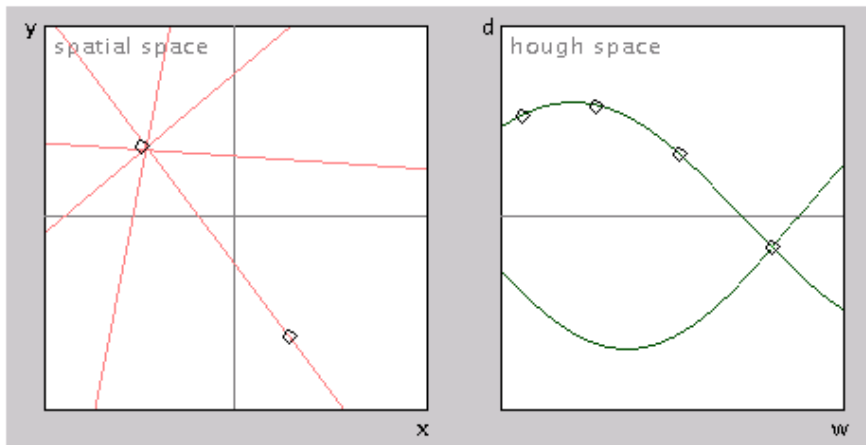


Abbildung 11: Darstellung von Punkten im Hough-Raum

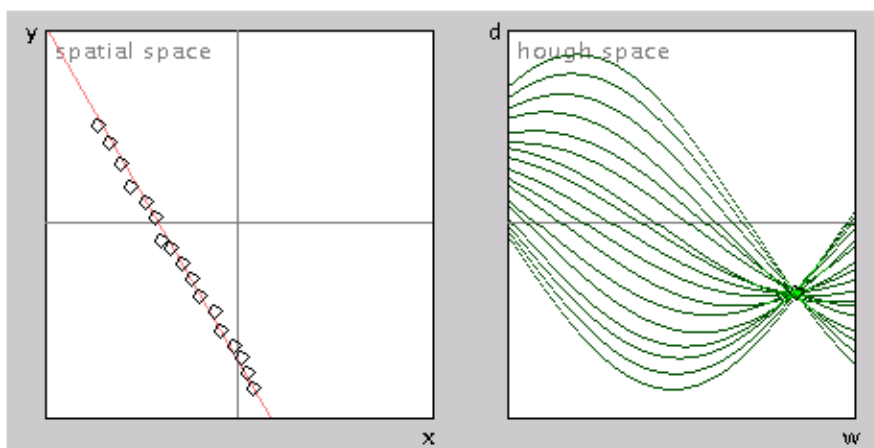


Abbildung 12: Erkennung einer Linie mit Hilfe der Hough Transform

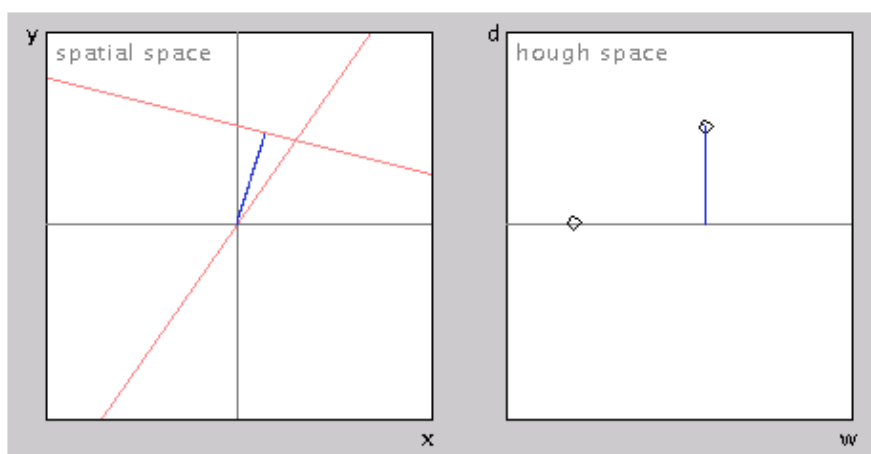


Abbildung 13: Abstände im Hough-Raum

Die Bilder 11,12 und 13 zeigen zur Verdeutlichung einige Darstellungen im Hough-Raum. Auf Bild 11 erkennt man, dass die zwei markierten Punkte im Normalraum (spatial space) im Hough-Raum (ough space) als Kurven dargestellt sind und die Punkte auf einer der Kurven, die zum zugehörigen Punkt im Normalraum eingezeichneten Geraden beschreiben. Im Bild 12 erkennt man am Schnittpunkt der vorgegebenen Normalraumpunkte in der zugehörigen Houghraumdarstellung (Kurvenschnittpunkt) die Verbindungslinie dieser Punkte im Normalraum. Letztlich wird in Bild 13 die Bedeutung der Skalierung im Hough-Raum noch einmal veranschaulicht.

Nachdem nun eine Darstellung im Hough-Raum vorliegt, erzeugt man eine Hilfsfunktion V:

$$V(p) = \sum_{\theta \in [90-th, 90+th]} H(\rho, \theta)$$

Durch Bestimmung der Maximas der Funktion V (bei geeigneter Toleranzgrenze th) erhält man die horizontalen Linien. Bei geeignet verändertem $\theta \in [\alpha - th, \alpha + th]$ erhält man durch Bestimmung der Maximas die vertikalen Linien.

Mit Hilfe der nun durch die Hough Transform gefundenen Linien und den bereits vorher erläuterten Grundlagen zum Tennisplatzmodell und der Kamerageometrie lässt sich jetzt der Tennisplatz rekonstruieren. Man kann mit dieser Vorgehensweise auch verdeckte Eckpunkte durch den Schnitt der durch die Hough Transform gefundenen Linien errechnen. Es zeigt sich bei näherer Betrachtung, dass die Rekonstruktion des Tennisplatzes mit Hilfe der Hough Transform nicht so fehleranfällig wie bei dem zuvor beschriebenen Algorithmus ist.

4. 3D-Rekonstruktion der Athletenbewegungen

Nachdem die Analyse und geometrische Rekonstruktion des Tennisplatzes abgeschlossen ist, folgt nun zuerst die Erkennung der Spielerposition und schließlich die Berechnung der Silhouette.

4.1. Spielerposition

Als Grundlage für die Erkennung der Spielerposition wird hier wieder ein Edge Detection Algorithmus verwendet. Zunächst wird nun das Spielfeld, das bereits errechnet wurde, in eine obere und eine untere Suchregion eingeteilt (dies ist auf Bild 14 gut erkennbar). Nun werden alle mit 1 markierten Pixel, die nicht für die Tennisplatzlinienerkennung genutzt wurden, als Kandidatenpixel für die Spielerposition betrachtet. Unter Berücksichtigung der perspektivischen Gegebenheiten erzeugen wir zwei Rechtecke, die für beide Suchregionen zur Darstellung der Spielerposition geeignet sind. Für jeden Kandidatenpixel p wird nun das Rechteck der zugehörigen Suchregion zentriert und die Kandidatenpixel im Rechteck werden aufsummiert. Das Rechteck, der jeweiligen Suchregion, mit der größten Anzahl an Kandidatenpixeln nehmen wir als Spielerposition. Um auf die Fußposition der Spieler zu kommen, nehmen wir das zentrale Pixel des Rechtecks und subtrahieren die Hälfte der Höhe. Betrachtet man dies nun über eine Sequenz von Bildern, so erhält man, wie in Bild 15 gezeigt, die Bewegung der Spieler.

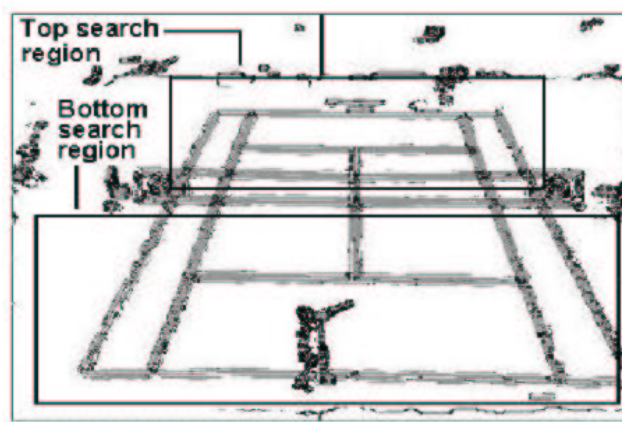


Abbildung 14: Unterteiltes Edge-Detection-Bild

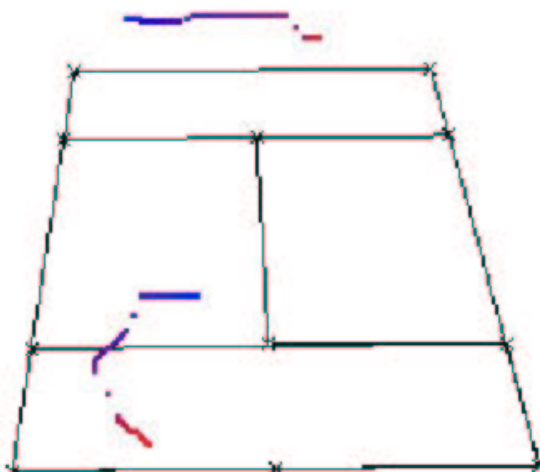


Abbildung 15: Spielerbewegungen

4.2. Silhouette

Zur Errechnung der Silhouette, die in Bild 16 gezeigt ist, verwendet man zunächst die zuvor festgestellte Spielerposition und betrachtet ein Feld geeigneter Größe im Umfeld der Spielerposition. Danach erzeugt man mit Hilfe einer Farbunterscheidung Kandidatenpixel für die Silhouette des Spielers. Nun entfernt man die Pixel, von denen man weiß, dass sie nicht zum Spieler gehören können (z.B. Netzpixel oder Linienpixel). Die Regionen, in denen Pixel entfernt wurden, werden nun interpoliert. Durch Normalisierung des markierten Gebiets erhält man jetzt die Silhouette.



Abbildung 16: Silhouette

4.3. 3D-Modellanpassung

Zur 3D-Modellanpassung verwendet man ein Standardmodell, wie in Abbildung 17 und 18 dargestellt. Man geht in drei Schritten vor. Erstens passt man das 3D-Modell an eine vorgegebene Pose an. In Abbildung 19 sieht man ein angepasstes Modell, wobei hier die roten Areale die Abweichungen der künstlichen Silhouette und die grünen die unbedeckten Teile der Originalsilhouette anzeigen. Im zweiten Schritt werden nun mit diesem Modell in weiteren Bildern synthetische Silhouetten erzeugt. Um schließlich im dritten Schritt durch Analyse der Abweichungen in den betrachteten Bildern eine Verbesserung zu erhalten. Diese Schritte werden solange wiederholt bis die erwünschte Genauigkeit erreicht ist, wobei die Anzahl der betrachteten Bilder groß genug gewählt sein muss und Restfehler nicht auszuschließen sind.

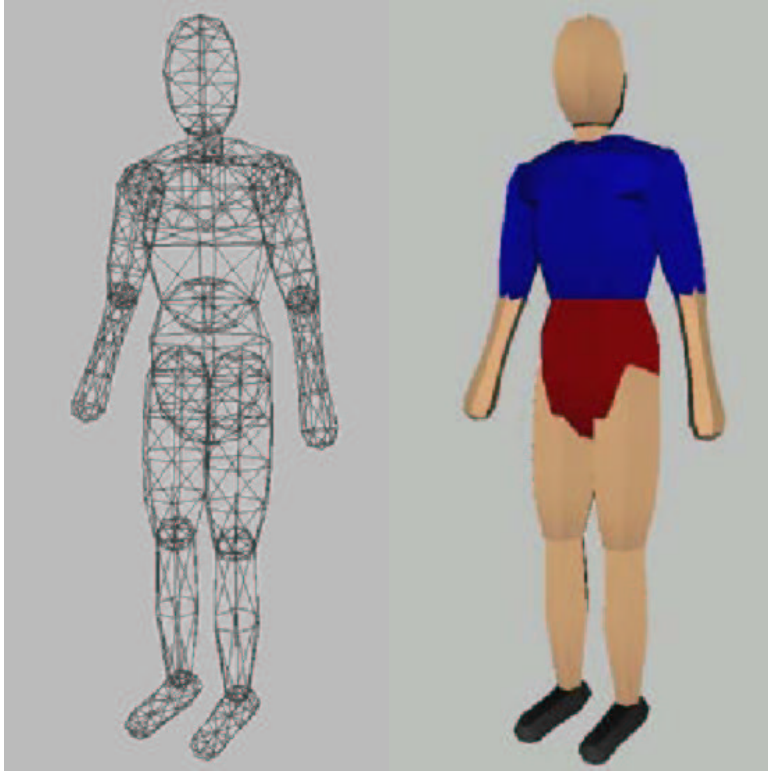


Abbildung 17: Menschmodell

Abbildung 18: Menschmodell in Farbe

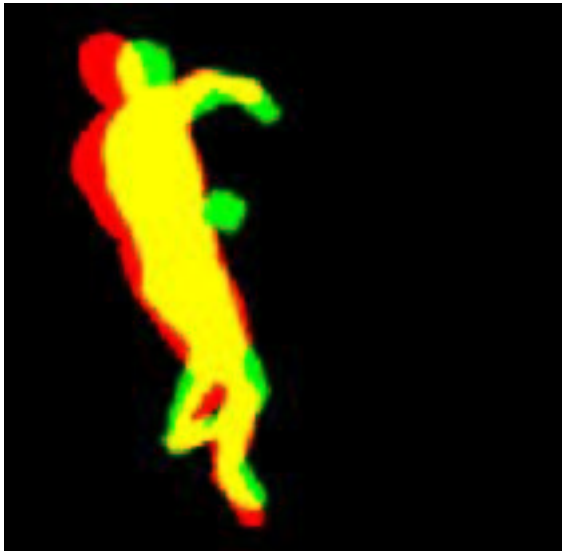


Abbildung 19: 3D-Modellanpassung

5. Semantische Analyse

5.1. Analyse von Spielerposition und Tennisplatzrekonstruktion

Um die erwünschte Unterscheidung der Spielereignisse zu erhalten, verwendet man nun die Ergebnisse aus der Analyse und geometrische Rekonstruktion des Tennisplatzes und der 3D-Rekonstruktion der Athletenbewegungen. Man vergleicht nun die Spielerposition mit den Linien des rekonstruierten Tennisplatzes und ordnet dem Spieler eine Position zu, beispielsweise Grundlinie-Mitte. Betrachtet man eine Sequenz von Bildern und gibt den Spielern eine Anfangsposition und eine Endposition, so kann man wie in Tabelle 1 zu sehen, diese Sequenz einem Spielereignis zuordnen. Zum Beispiel ordnet man bei Anfangsposition Spieler 1 Grundlinie-Mitte, Endposition Spieler 1 Aufschlaglinie-Mitte und Anfangsposition Spieler 2 Grundlinie, Endposition Spieler 2 Grundlinie das Spielereignis einem Serve and Volley Spiel zu. Man kann hierbei, je nachdem wie viele Unterscheidungsmöglichkeiten man einführt (z..B. rechts und links neu einführen), den in Tabelle 1 gezeigten Spielereignissen weitere Hinzufügen.

No.	Top Player (TP)		Bottom Player (BP)		High-level Annotation
	Initial Location	Final Location	Initial Location	Final Location	
1	BL	BL	BL	BL	Baseline-rallies
2	BL	NN	BL	BL	Passing-shot
3	BL	BL	BL	NN	Passing-shot
4	BL	BL	BLC	SLC	Serve-and-Volley
5	BLC	SLC	BL	BL	Serve-and-Volley
6	SL	NN	SL	NN	Net-game

Tabelle 1: Spielereignistabelle

5.2. Verbesserung mit Zusatzinformationen

Die Fehler, die bei der eben vorgestellten Analyse der gewonnenen Daten und der Zuordnung eines passenden Spielereignisses gemacht werden, lassen sich durch die Einbeziehung weiterer Informationen verbessern. Es können auch weitere Spielereignisse oder eine noch genauere Analyse der vorhandenen Spielaktionen durch Zusatzinformationen hinzugefügt werden. Fügt man beispielsweise die Silhouette in die Analyse mit ein, so kann man neben der Reduzierung einiger Fehler (z.B. durch die Erkennung von Aufschlägen) neue Aktionen, wie beispielsweise den in Bild 17 gezeigten Überkopfschlag, erkennen. Man könnte auch, wie in Bild 18 gezeigt, die Ballbewegung rekonstruieren und als Zusatzinformation mit einbeziehen. Was zur Fehlerbehebung sinnvoll wäre und sehr viele neue Unterscheidungen ermöglichen würde. Wegen der Größe und Geschwindigkeit des Balles ist jedoch die Rekonstruktion der Flugbahn nicht ganz so einfach.



Abbildung 20: Überkopfschlag als Silhouette

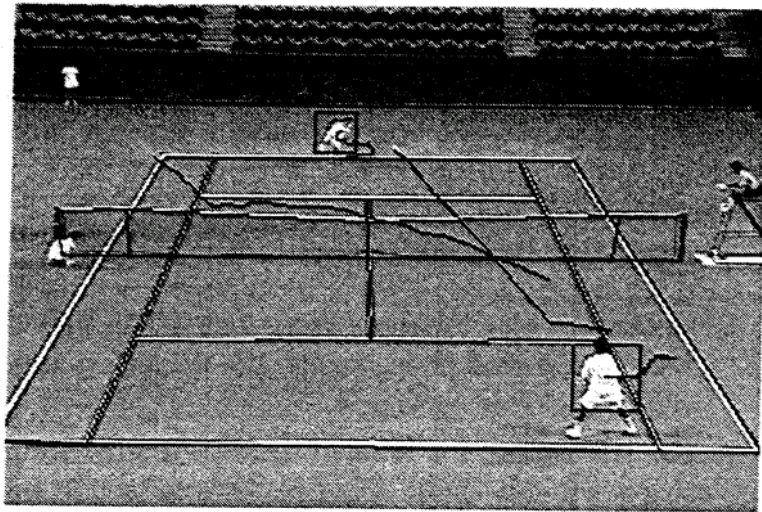


Abbildung 21: Tennisbild mit Ballbewegung

6. Zusammenfassung

In dieser Seminararbeit über die geometrische Tennisplatzrekonstruktion und die 3D Rekonstruktion von Athletenbewegungen wurde, nach einer kurzen Auseinandersetzung mit dem Themengebiet, die Auswahl von Tennisplatzszenen erläutert und ein möglicher dazu passender Algorithmus aufgezeigt. Dann wurden erst die Grundlagen für die Analyse und geometrische Rekonstruktion des Tennisplatzes, die Kamerageometrie und das Tennisplatzmodell erläutert. Schließlich folgte die Erläuterung von Erkennungsmöglichkeiten für die Tennisplatzlinien und die Rekonstruktion des Tennisplatzes. Daraufhin erfolgten die Feststellung der Spielerposition und die Erzeugung der Spielersilhouetten. Abschließend wurden die erhaltenen Daten gemeinsam analysiert und daraus auf Spielinhalte geschlossen. Die erzielten Erkenntnisse enthalten nun die Grundlagen für ein weiteres Arbeiten mit Tennisvideos.

Literaturverzeichnis

- [1] G.Sudhir, John C. M. Lee, Anil K. Jain;
“Automatic Classification of Tennis Video for High-level
Content-based Retrieval”; Technical Report; August 7,1997

- [2] C. Calvo, E. Sangineto, A. Micarelli;
“Automatic Annotation of Tennis Video Sequences”;
DAGM Pattern Recognition 2002

- [3] Hisashi Miyamori, Shun-ichi Iisaku;
“Video Annotation for Content-based Retrieval using Human Behavior
Analysis and Domain Knowledge”; Fourth IEEE International Conference
on Automatic Face and Gesture Recognition 2000