

## Bewegungsstile

“Style Machines” von Matthew Brand and Aaron Hertzmann

### Visual Analysis of Human Motion (VO)

SS 2008

M. Gelautz



## Motivation



### Wozu dienen Style Machines?

- **Analyse von Bewegungen**
  - **Kategorisierung von Motion Capture Daten**
    - Wie bewegt sich eine Person fort?  
Gehen, Laufen, Marschieren, ...
    - Welches Sportart wird ausgeführt?  
Hochsprung, Weitsprung, ...
  - **Verbesserung von Bewegungsabläufen bei Anfängern**
    - Optimierung bei Leistungssport (zB: Absprung bei Hochsprung)
    - Mehr Eleganz/Ausdruck bei Tanzchoreographien

## Wozu dienen Style Machines?

- **Erzeugung von neuen Bewegungen**
  - **Erzeugung von neuen Choreographien (Styles)**
    - Variation von bestehenden Tanzchoreographien
    - Übertragung eines Stils (Ausdruck, Eleganz, Schnelligkeit, ...) einer Choreographie auf einen anderen Bewegungsablauf
  - **Automatische Generierung von Bewegungen von Charakteren in der Unterhaltungsindustrie**
    - Zufällige Gehbewegungen für animierte Massenszenen im Kinofilm
    - Generierung von unterschiedlichen Bewegungsmustern von Charakteren in Computerspielen

## Wie können die Bewegungsdaten aussehen?

- **Für diskrete Zeitpunkte (wie bei Frames in einem Video)**
- **3D Positionen für jedes Gelenk**



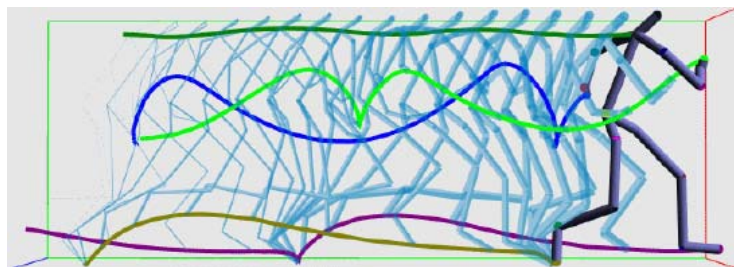
Quelle: [1]

### Wie können die Bewegungsdaten codiert werden?

- **Vektoren für jeden Zeitschritt**
  - $\mathbf{t}_0: (x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, \dots)$
  - $\mathbf{t}_1: (x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, \dots)$
  - ...
  - wobei  $x_i, y_i, z_i$  die 3D Koordinaten von Gelenk  $i$  beschreiben.

### Wie können die Bewegungsdaten visualisiert werden?

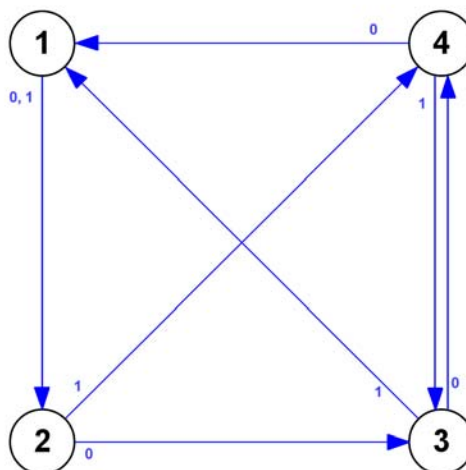
- **Stickfigures, welche die 3D Positionen der Gelenke verbinden.**
- **Stickfigures können für jeden Zeitschritt gezeichnet werden.**
- **Zwischen signifikanten Gelenken können über die Zeit hinweg Verbindungen gezeichnet werden.**



Quelle: [1]

- Eine Style Machine dient zur Analyse und zur Erstellung von Bewegungsdaten.
- Dafür ist ein spezieller technischer Aufbau notwendig.
- Eine Style Machine bezeichnet eine Familie von Hidden Markov Models (HMM).
- Ein HMM ist wie eine
  - Finite State Machine mit
  - Übergangswahrscheinlichkeiten und
  - Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jeden Status.
- Stil-Parameter definieren, welches HMM verwendet werden soll.

- **Finite State Machine**
  - Festgelegte Zustände
  - Fest vorgeschriebene Übergänge gemäß Input-Werten
  - Beispiel: 4 Zustände, Inputwerte: 0 und 1



• **Finite State Machine**

- Festgelegte Zustände
- Fest vorgeschriebene Übergänge gemäß Input-Werten
- Beispiel: 4 Zustände, Inputwerte: 0 und 1



Input = 0

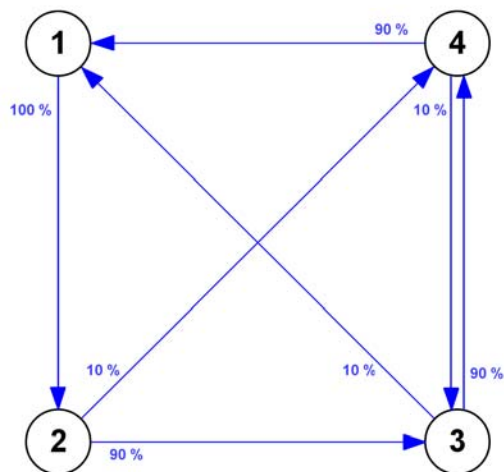


(Animation)



• **Finite State Machine mit Übergangswahrscheinlichkeiten**

- Feste Zustände
- Übergänge sind nach Wahrscheinlichkeiten geregelt.
- Beispiel: 4 Zustände, Übergangswahrscheinlichkeiten



• **Finite State Machine mit Übergangswahrscheinlichkeiten**

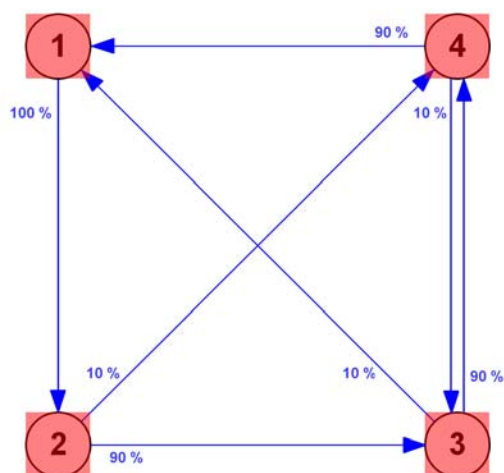
(Animation)

- Feste Zustände
- Übergänge sind nach Wahrscheinlichkeiten geregelt.
- Beispiel: 4 Zustände, Übergangswahrscheinlichkeiten



• **HMM**

- Fixe Zustände, die eine Wahrscheinlichkeitsverteilung aufweisen.
- Übergänge, die nach Wahrscheinlichkeiten geregelt sind.
- Beispiel: 4 Zustände mit 2D Gleichverteilung um den Zuständen, Übergangswahrscheinlichkeiten



• **HMM**

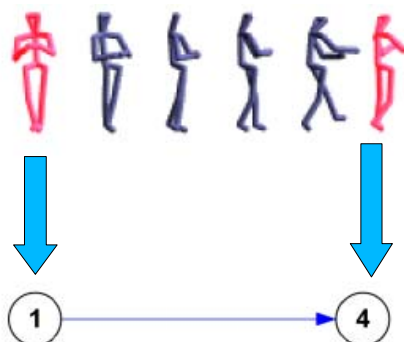
(Animation)

- Fixe Zustände, die eine Wahrscheinlichkeitsverteilung aufweisen.
- Übergänge, die nach Wahrscheinlichkeiten geregelt sind.
- Beispiel: 4 Zustände mit 2D Gleichverteilung um den Zuständen, Übergangswahrscheinlichkeiten

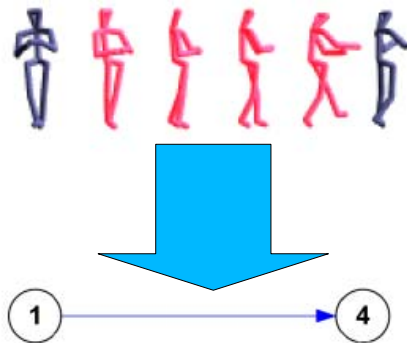


• **Umwandlung von Bewegungsdaten in HMMs**

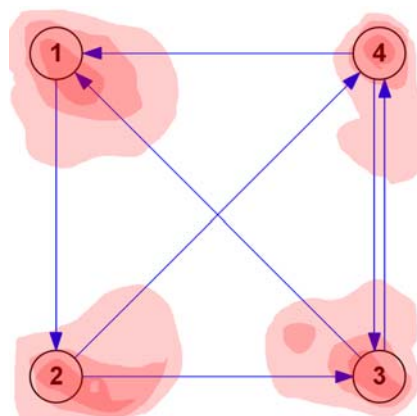
- **Abbildung von signifikanten Haltungen/Posen (= signifikante Zeitpunkte) in der Choreographie auf die Zustände der HMM.**



- **Umwandlung von Bewegungsdaten in HMMs**
  - Festlegung der Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen



- **Umwandlung von Bewegungsdaten in HMMs**
  - Festlegung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen pro Zustand
  - Diese kann verschiedenste Formen haben



- **Umwandlung von Choreographien in HMMs**

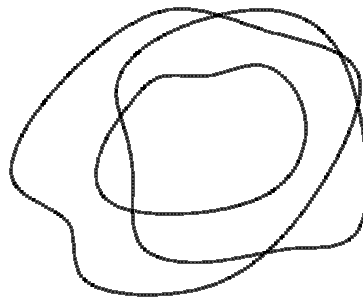
- **Unsupervised Learning**
- **Trennung von Stil und Struktur**
  - Gehen, Laufen, Schlendern, Marschieren, Hinken, ... weisen selbe Struktur auf: Fortbewegung auf 2 Beinen
  - Der Stil ist aber zwischen allen diesen Fortbewegungen signifikant anders.
- **Probleme:**
  - Overfitting: Das gelernte HMM ist zu sehr an die gelernten Daten angepasst und kann keine neuen Stile erstellen.
  - HMM zu simpel: Das gelernte HMM ist zu einfach, um den komplexen Bewegungsablauf genau genug zu erfassen.

- **Training einer Style Machine**

- **Motion Capture Daten einer Bewegungsfamilie werden verwendet um ein generisches Modell zu lernen.**
- **Beispiele für Bewegungsfamilien:**
  - Verschiedene Stile sich auf 2 Beinen fortzubewegen (laufen, spazieren, hinken, ...)
  - Bewegungsablauf beim Hochsprung gemessen von verschiedenen Personen

- **Training einer Style Machine**

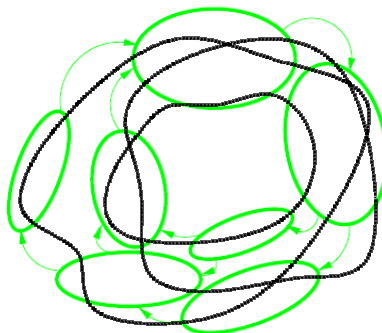
- Bewegungsablauf von 3 verschiedenen Datensätzen vom n-dimensionalen Raum auf 2D abgebildet.
- Jeder Punkt entspricht den Werten in einem Zeitschritt



Quelle: [1]

- **Training einer Style Machine**

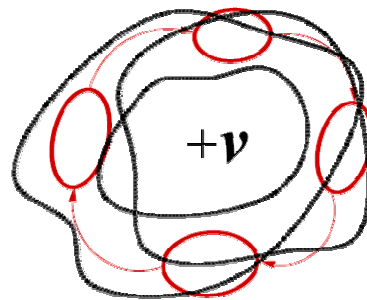
- Ermittelte Zustände durch Training -> Overfitting
- Das ermittelte HMM ist zu kompliziert.



Quelle: [1]

- **Training einer Style Machine**

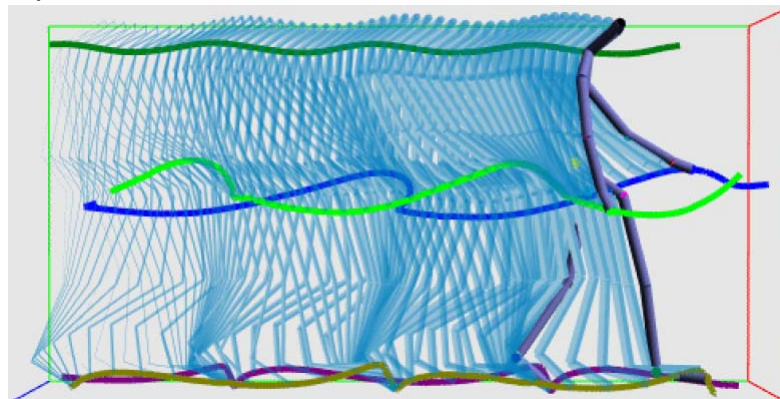
- Optimale Struktur für ein HMM für Fortbewegung auf 2 Beinen
- Durch Festlegung des Parametervektors  $v$  wird das spezifische HMM und somit der Gehstil festgelegt.



Quelle: [1]

- **Style Machine Resultate**

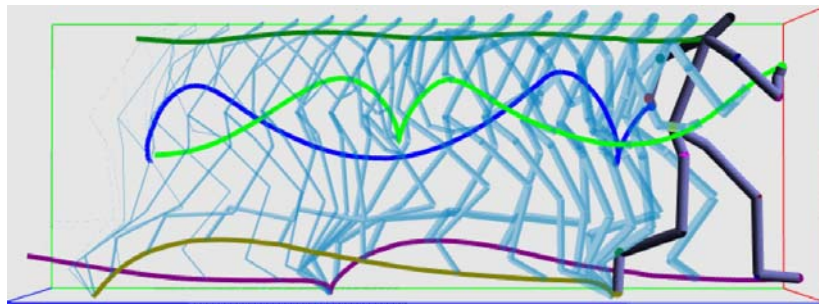
- Parametervektor  $v$  wurde festgelegt
- Beispiel: Gehen



Quelle: [1]

- **Style Machine Resultate**

- Parametervektor  $v$  wurde festgelegt
- Beispiel: Laufen
- Parametervektor  $v$  verändert dabei die Wahrscheinlichkeitsverteilungen des HMMs.



Quelle: [1]

- **Literaturquelle**

- [1] M. Brand and A. Hertzmann: **Style machines**. In *The Proc. of ACM SIGGRAPH 2000*, pages 183--192, 2000.
- **Die Verwendung der Materialien aus [1] erfolgte unter Anerkennung folgender Bedingungen**
  - “This work may not be copied or reproduced in whole or in part for any commercial purpose. Permission to copy in whole or in part without payment of fee is granted for nonprofit educational and research purposes provided that all such whole or partial copies include the following: a notice that such copying is by permission of Mitsubishi Electric Information Technology Center America; an acknowledgment of the authors and individual contributions to the work; and all applicable portions of the copyright notice. Copying, reproduction, or republishing for any other purpose shall require a license with payment of fee to Mitsubishi Electric Information Technology Center America.”

- **Danksagung**

- **Vielen Dank an Jürgen Platzer für die Gestaltung der Folien!**