

IV. Animation

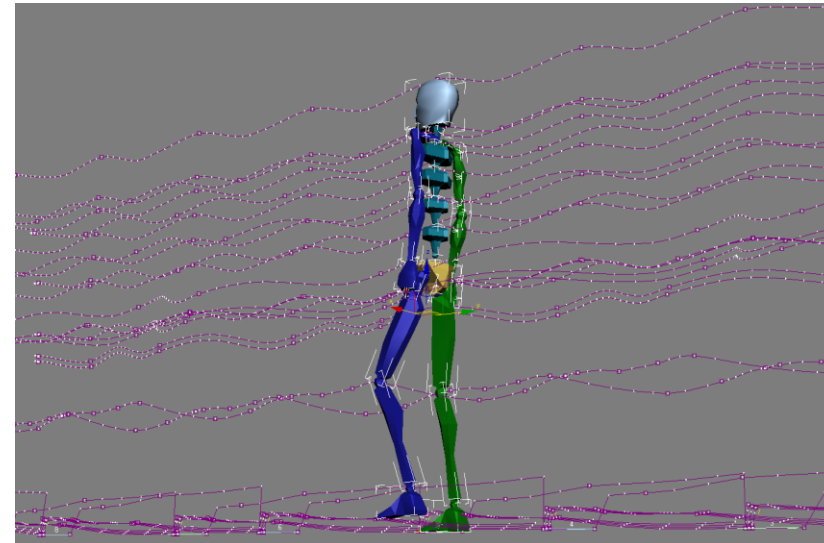
IV. Animation

■ Wie entstehen Animationen?

■ Keyframe-Animationen

Schlüsselbilder geben Bewegungen vor. Die **Interpolation** zwischen den Schlüsselbildern wird vom Computer berechnet. Eine Keyframe-Animation kann an jeder Stelle beeinflusst und verändert werden. Alle **Parameter** einer Animation können über **Controller** gesteuert werden.

- **Key-per-Frame** - Objekttransformation für jedes Bild einer Animation
 - Klassische Schlüsselbildanimation (wie bei Zeichentrickfilmen)
 - **Motion Capturing** - automatisierte, sensorische Bewegungserfassung von Objekten für jedes Frame
 - **Rotoscoping**
- **Keyframe Interpolation** - Interpolation von Zwischenbildern (Interframes) mithilfe des Computers (Parameter-Interpolation) linear oder mithilfe von Bezier-Kurven (Splines)
 - manuelles **Keyframing**
 - auch **Rotoscoping**



IV. Animation

- Keyframe Animationen
 - Interpolationstechniken von:
 - **Parametern (Positionen/Eulerwinkeln/Skalierung/Blendings...)**
 - Lineare Interpolation (Parameter proportional zur Zeit)
 - Exponentielle Interpolation (Parameter sinkt/steigt exponentiell zur Zeit)
 - Bezier Spline Interpolation
 - TCB (Tension, Continuity, Bias)
 - Kurvenparametrisierung (Geschwindigkeitskontrolle mithilfe einer Zeit-Distanz-Funktion)
 - **Rotationen**
 - Probleme....

IV. Animation

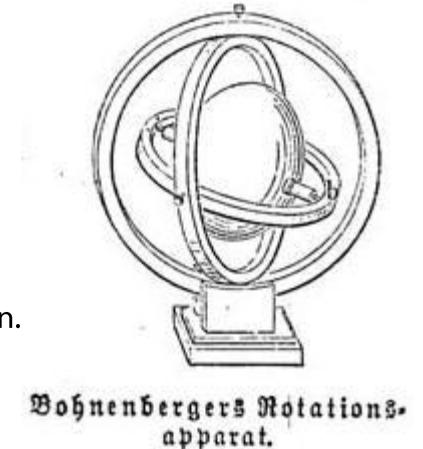
■ Keyframe Animationen

■ Problem bei Interpolationen von Eulerwinkeln:

- Eine Blockade („Gimbal Lock“) bei der Achsendrehung (der „Kardanischen Aufhängung“ engl. „Gimbal“) geschieht bei drei Drehungen gleichzeitig.
- „**Flipping**“ entsteht, wenn die erste und dritte Rotationsachse aufeinander fallen. Beim „Flipping“ dreht sich der Winkel entweder um + oder - 180°.

■ Mögliche Lösungen:

- Reihenfolge der Gimbal-Achsen ändern
 - XYZ, ZXY, YXZ, XZY, ZYX, YZX
- Lokale Rotation um eine Achse
 - Eine Rotation z.B. die Z-Rotation wird immer im lokalen Raum des Objekts durchgeführt
 - Probleme:
 - » Keine gleichmäßige Rotationen
 - » Keine Interpolation der Winkel auf dem kürzesten Weg entlang einer Kugeloberfläche
- Quaternionen





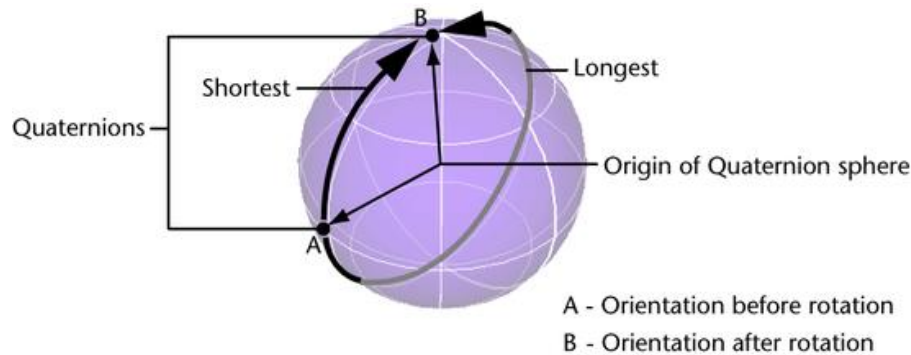
Here as he walked by
 on the 16th of October 1843
 Sir William Rowan Hamilton
 in a flash of genius discovered
 the fundamental formula for
 quaternions multiplication
 $i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$
 & cut it on a stone of this bridge

IV. Animation

■ Keyframe Animationen

■ Animierte Drehungen mit Quaternionen

- Quaternionen ermöglichen eine performante und elegante Lösung des „Gimbal Lock“ – Problems. Sie erweitern das reelle Zahlensystem (ähnlich den komplexen Zahlen) zu einem vierdimensionalen Zahlensystem (mit einem eindimensionalen Realteil und einem dreidimensionalen Imaginärteil, der auch Vektoranteil genannt wird).
- Grundlage ist die Hamilton-Regel ($i^2 = j^2 = k^2 = i j k = -1$)



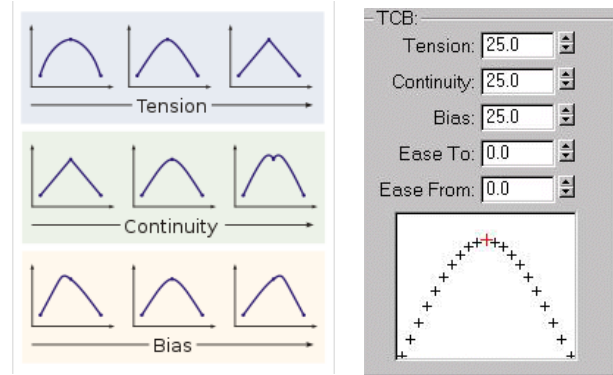
Quaternion rotation interpolation

IV. Animation

- Keyframe Animationen
 - **Vor- und Nachteile von Eulerwinkeln und Quaternionen** (Hamilton)

	Eulerwinkel	Quaternionen
Vorteile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einfache Winkelrotation 2. Rotationen > 360° 3. Parameteranimation mit Tangenten 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Glatte, natürliche Drehung (Interpolation) zwischen zwei Keyframes 2. Kein Gimbal Lock („Flipping“)
Nachteile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Flipping beim aufeinanderfallen von 2 Achsen 2. Rotation schwer vorherzusagen, da jede Achsen separat animiert werden 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Schwierige Glättung zwischen drei Keyframes 2. Keine Parameteranimation mit Tangenten 3. Achsen nicht unabhängig animierbar

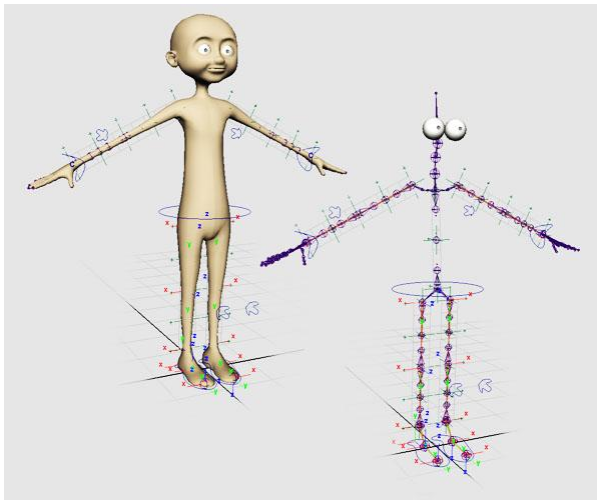
- Problem der Glättungen von aufeinanderfolgenden Quaternionen:
 - **TCB-Controller** (De-Casteljau)
- Neigungen auf einer Kurve?
 - Banking (Frenet-Formeln)



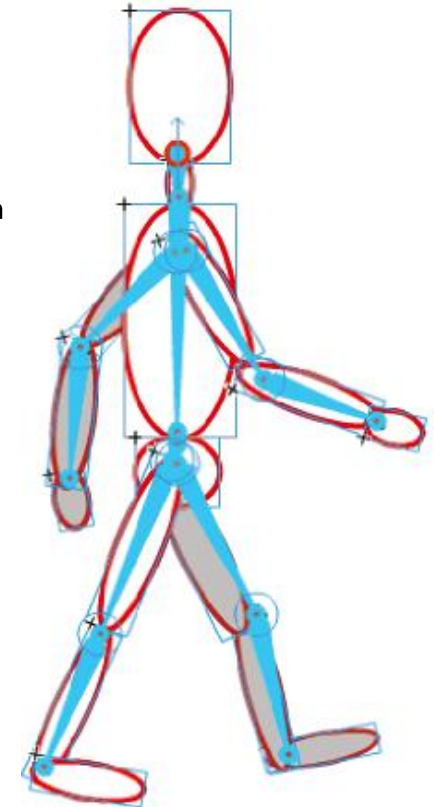
IV. Animation

■ Skelett-/Skeleton Animationen

- Virtuelle Knochen (Bones) werden in einer Hierarchie zusammengefasst (Rig)
- Gelenke (Joints) werden bei einer Animation meist nur rotiert und können in ihrer Orientierungsfreiheit eingeschränkt sein.
- Die Animierung eines Körpers (z.B. eines Charakters) erfolgt bei der Skelett-Animation nur indirekt über die Bones.

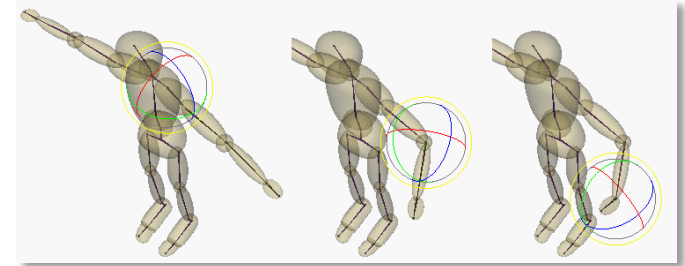


Note: Animations are identical. They look slightly different because of the perspective.

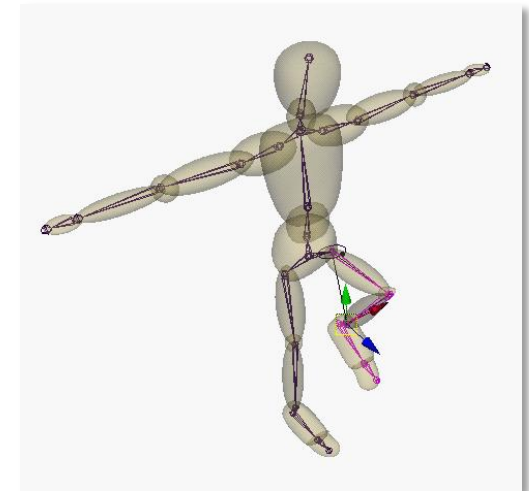


IV. Animation

- Direkte Kinematik (Forward Kinematic – FK)
 - Manuelle und einzelne Drehung aller animierenden Joints.
 - Problem: Schwierige Positionierung von Gelenken z.B. beim Gehen oder Greifen



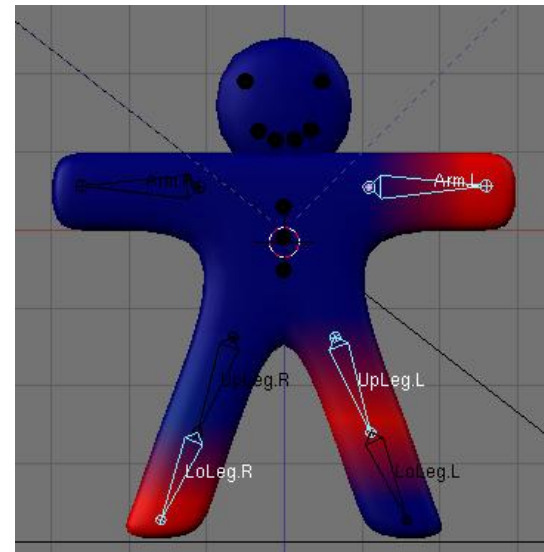
- Inverse Kinematik (IK)
 - Bestimmung der Gelenkwinkeln anhand von Position und Orientierung des sog. **Endeffektors** (TCP)
 - Der Endeffektor (IK-Solver) wird positioniert. Alle übrigen Glieder der Bone-Kette müssen sich selbstständig in die korrekte Lage bringen.
 - Eingrenzung durch der Freiheitsgrade (Limits) der Joints
 - Schwierigkeiten:
 - Mehrere Posen für dieselbe Lage des Endeffektors
 - Nicht erfüllbare Posen
 - Eigendrehung des Effektors

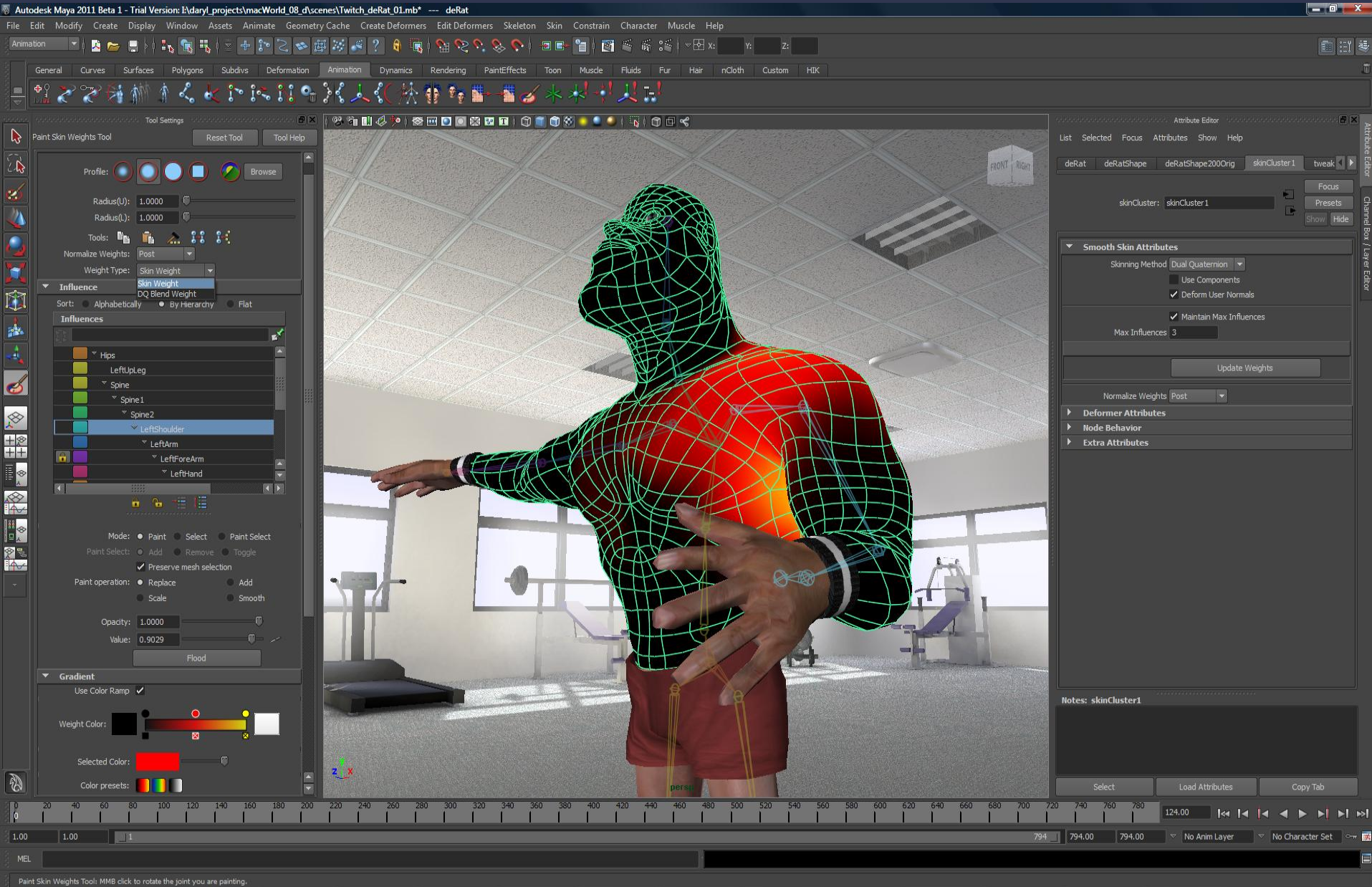


IV. Animation

■ Skinning

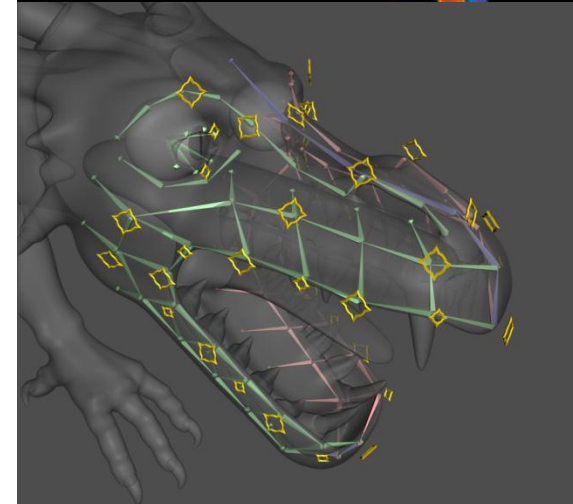
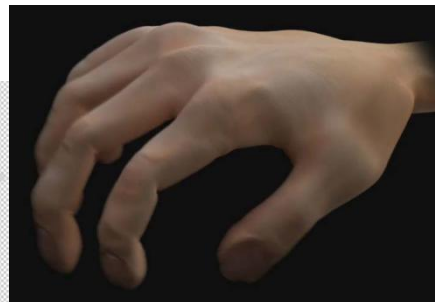
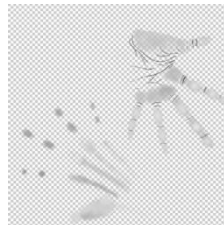
- Kopplung aller Scheitelpunkte eines 3D-Objekts an das Knochensystem
- Gewichtungen („Weights“) zur Bestimmung des Einflussbereichs
 - Manuelle Gewichtung
 - Weighttable
 - Automatische Gewichtung
 - Mithilfe von Hüllen („Envelopes“)
 - Mithilfe von Projektionen („Deformer“)





IV. Animation

- Fortgeschrittene Skelett-/Skeleton-Animationen
 - **Bones als Muskeln**
 - Oberflächendeformationen **dehnbaren** Bones
 - **Bones für Gesichtsausdrücke** (Facial Expressions)
 - Oberflächendeformationen mit festen und dehnbaren Bones
 - **Deformation-Controller**
 - „Skin Morphs“ – Blending von Morph Targets zu bestimmten Winkelstellungen der Bones
 - Texture Blending – Das (automatisierte) Überblenden von Texturen bzw. Displacements ermöglicht es während der Animation Deformationen, Quetschungen oder Stauchungen von Oberflächen (z.B. der Haut) darzustellen. Dabei werden Texturen oder Displacements meist mithilfe der Winkelstellungen von Bones gesteuert.

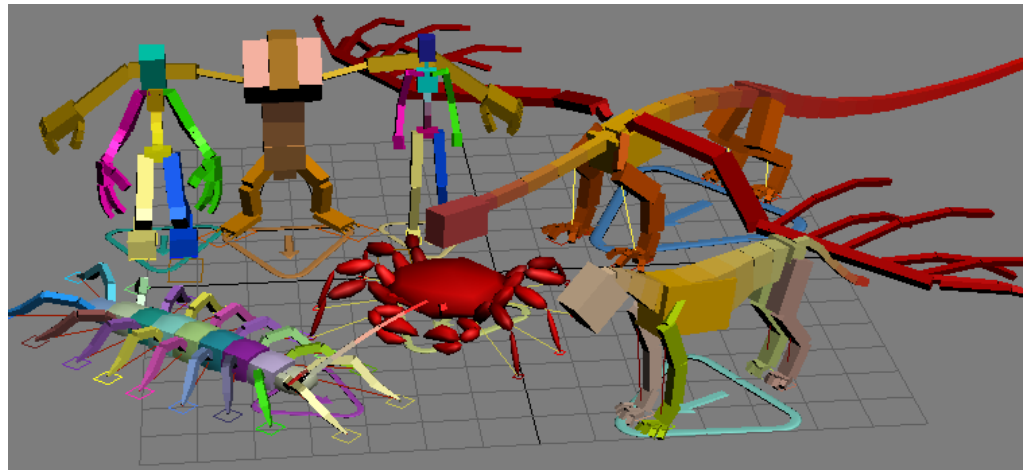


Dragon Creature – face rig | surface = bones + control shapes |

Enrico Gullotti – www.aliquiforma.com

IV. Animation

- Fortgeschrittene Skelett-/Skeleton-Animationen
 - Dynamische Umschaltung von Inverser Kinematik (IK) zu Direkter Kinematik (FK)
 - Nicht-lineares Rigging
 - Änderung der Proportionen eines Charakters
 - Änderung von Muskeln und Knochen
 - Nicht-lineare Constraints
 - Änderung der Struktur
 - Änderung der Hierarchie eines Skeletts
 - Zusätzliche IK-Ketten
 - z.B. Schwanz

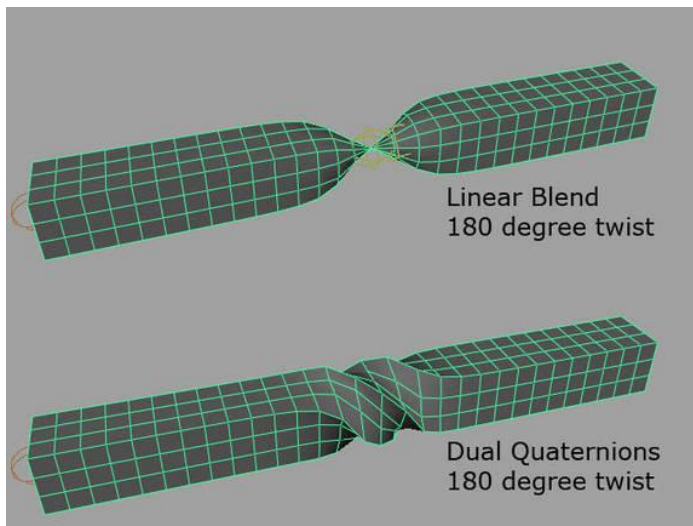


IV. Animation

▪ Fortgeschrittene Skelett-/Skeleton-Animationen

▪ Dual Quaternionen

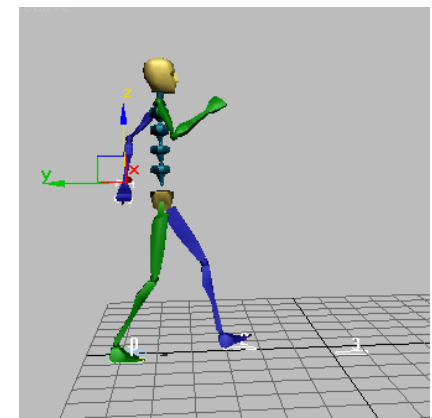
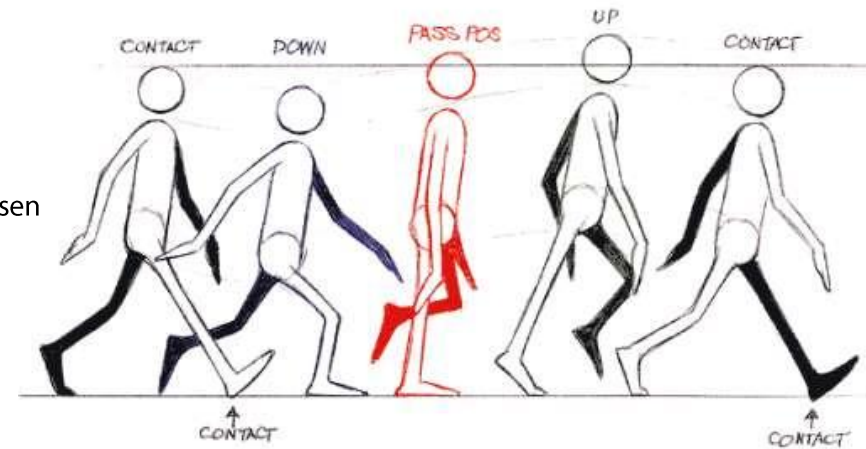
- Rotationen sollen sich nicht nur auf einzelne Drehpunkte ausüben, sondern auch das Volumen eines Körpers beibehalten.
 - Lösung: Dual Quaternionen (i, j und k werden zu Dualen Zahlen)
 - » Position und Bewegungsverschiebung: Abstand zum Drehmittelpunkt wird beibehalten (Spherical Bones)



IV. Animation

■ Skelett-/Skeleton Bewegungen

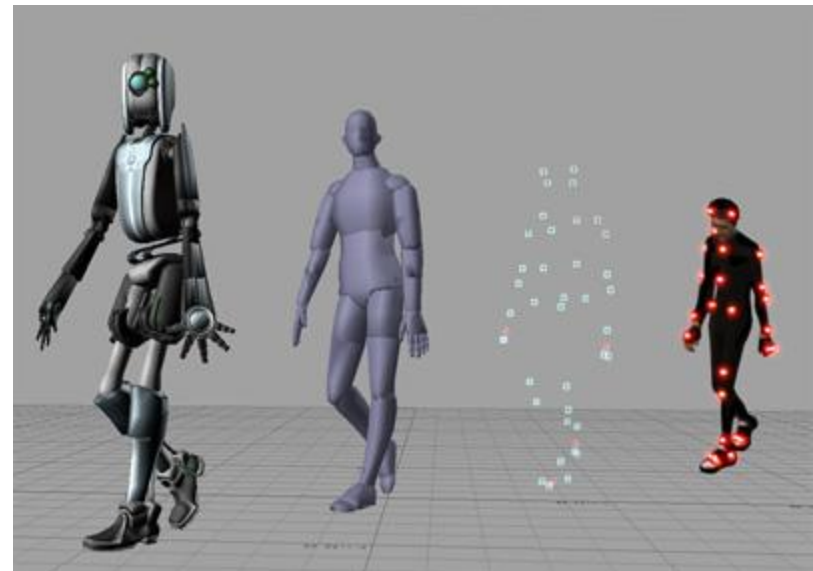
- Manuelle Animierung
- Automatisierte, prozedurale Bewegungen
 - z.B. Gehen, Laufen, Rennen
 - Komplex, da FüÙe auf dem Boden bleiben müssen
→ Einfluss auf Hüfte, Rückgrat, Schulter, Arme und Kopf
 - Markierungen am Boden als „Festhalter“ (Footsteps)
 - Gezieltes Greifen
- Wiederholte Bewegungen („Cycles“)
 - Dieselbe Sequenz wiederholt sich immer wieder
 - Problem der monotonen Bewegung
 - Teilbewegungen wiederholen (z.B. Gehen oder Atmen)
- Rotoscoping
- Motion Capturing



IV. Animation

▪ Motion Capturing

- Erfassung von Bewegungen mithilfe von Sensoren
 - **Optische Erfassung** – Bewegungsaufzeichnung von Markern mithilfe von Kameras
 - **Nicht optische Erfassung** – Mithilfe von Detektoren an Ganzkörperanzügen
 - Performance Capture – Aufzeichnung von Gesichtsausdrücken
 - Siehe Emily-Project der Firma Image Metrics
- Aufzeichnung und Korrektur der Bewegungsdaten
 - Vermeidung von kantigen Bewegungen
 - Mittelung durch Wiederholung gleicher oder ähnlicher Bewegungen
- Umwandlung und Analyse
 - Anpassung an ein Gelenkmodell (IK-System)
 - Umwandlung der Positionsdaten **zu Winkeldaten** eines Gelenksystems



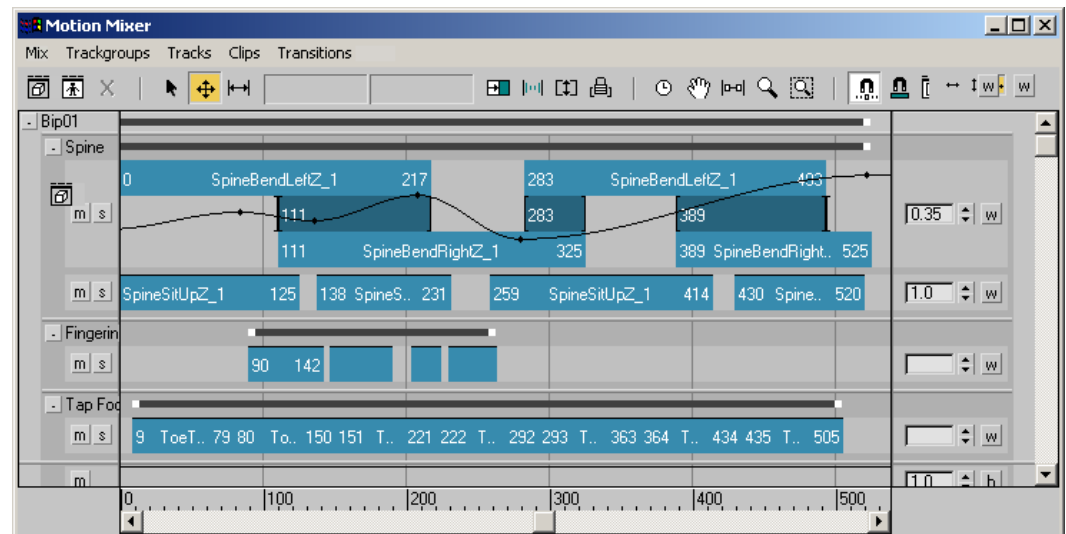
IV. Animation

- Animationen
 - **Vor- und Nachteile von manuellem Keyframing und Motion Capturing**

	Manuelles Keyframing	Motion Capturing
Vorteile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Animator hat Kontrolle über alle animierbarer Parameter und Kurven 2. Schnelle Animierung weniger Objekte und einfacher Bewegungen 3. Änderungen am 3D-Modell möglich (in Verbindung mit Envelopes bzw. Deformer 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realistische Aufnahmen natürlicher und komplexer Bewegungen 2. Speicherung als Keyframe-Animationen
Nachteile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufwendig bei vielen Objekten mit schnellen Bewegungen 2. Problematisch bei natürlich-aussehenden Bewegungen 	<ol style="list-style-type: none"> 1. begrenzte Möglichkeiten (z.B. in Bereichen mit verdeckten Markern) 2. keine Aufzeichnung von Bewegungen im Subframe-Bereich 3. Viel Aufwand durch manuelle Korrekturen und Glättung von Spitzen und Rauschen der MoCap-Aufnahme

IV. Animation

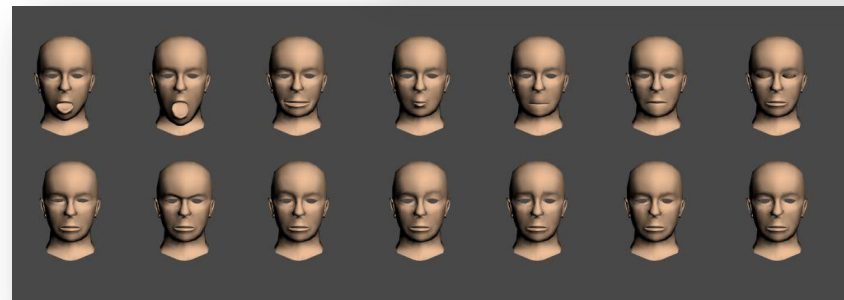
- Motion Mixing
 - Kombination aus:
 - Key-Frame
 - Motion-Capturing-Animationen
 - Prozedurale Animationen
 - Überblendung mithilfe von Transitions
 - Gewichtung mit Splines



IV. Animation

▪ Vertex-Animationen

- Modellierung unterschiedlicher Vertex Stellungen („Morph Targets“)
- Interpolation (Verschiebung) der Vertex-Positionen zwischen den Objekten
- Parameter Animierung durch ein oder mehrere „Morph Targets“
- Progressives/Gewichtete Animierung der Positionen mithilfe von „Morph Target Lists“
- Unterstützung non-linearer Animationen („Blendings“)

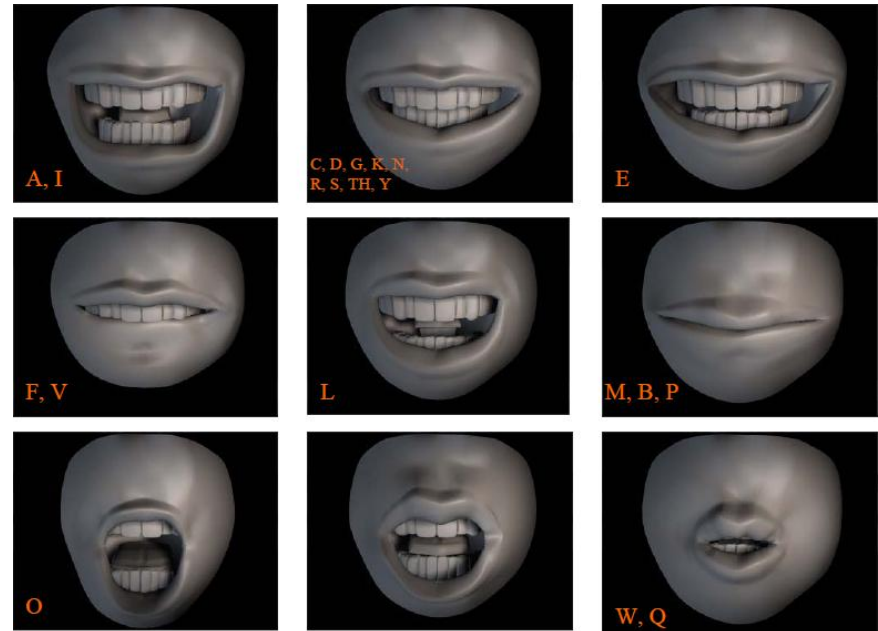


IV. Animation

▪ Vertex-Animationen

▪ Lip Sync

- Lippensynchronisation mithilfe aufgenommener Dialoge
- Manuelle Modellierung und Animierung der „9 Phoneme“
- Animierung mit Morphs
 - Modellieren verschiedener Posen von Phonemen und Gesichtsausdrücke
- Animierung mit Bones
 - Animierung der Bones im Gesicht → Archiv aus Bone-Positionen für alle Phoneme
 - Bones entlang der Oberfläche des Gesichts bewegen




IV. Animation

Vertex-Animationen

Lip Sync

- Analysierung eines AudioTracks → Identifizierung der Zeitpunkte, an denen einzelne Phoneme gebildet werden
- Exposure Sheet (X-Sheet): Tabelle
- Software mit digitalem X-Sheet erlaubt Bitmaps von Phonemen in Echtzeit abzuspielen
- Dialog zuerst aufnehmen, weil Phoneme und Ausdrücke zu erstellen sind als später zu synchronisieren

Frame	Waveform	Timecode	Key	Mouth name	Comments
0		00.00.00.00	X	Closed	
1		00.00.00.01		Closed	
2		00.00.00.02	X	Y	You
3		00.00.00.03		Y	
4		00.00.00.04	X	OO	
5		00.00.00.05		OO	
6		00.00.00.06		OO	Will
7		00.00.00.07	X	L	
8		00.00.00.08		L	
9		00.00.00.09	X	P	Pay
10		00.00.00.10	X	P	
11		00.00.00.11		P	
12		00.00.00.12	X	A	
13		00.00.00.13		A	
14		00.00.00.14		A	
15		00.00.00.15	X	E	
16		00.00.00.16		E	
17		00.00.00.17	X	F	For
18		00.00.00.18	X	F	
19		00.00.00.19		F	
20		00.00.00.20	X	I	
21		00.00.00.21		I	
22		00.00.00.22		I	
23		00.00.00.23		I	Your
24		00.00.00.24	X	OO	
25		00.00.00.25		OO	
26		00.00.00.26	X	R	Treason
27		00.00.00.27		R	
28		00.00.00.28	X	S	
29		00.00.00.29		S	
30		00.00.01.00		S	
31		00.00.01.01	X	I	(pucker here a bit)
32		00.00.01.02	X	I	
33		00.00.01.03		I	
34		00.00.01.04		I	
35		00.00.01.05	X	R	
36		00.00.01.06		R	
37		00.00.01.07	X	E	
38		00.00.01.08		E	
39		00.00.01.09		E	
40		00.00.01.10	X	C	
41		00.00.01.11		C	
42		00.00.01.12	X	I	
43		00.00.01.13		I	
44		00.00.01.14		I	
45		00.00.01.15	X	N	
46		00.00.01.16		N	
47		00.00.01.17		N	
48		00.00.01.18	X	P	Pilot
49		00.00.01.19		P	
50		00.00.01.20		P	
51		00.00.01.21		P	
52		00.00.01.22	X	O	
53		00.00.01.23		O	
54		00.00.01.24	X	T	
55		00.00.01.25		T	
56		00.00.01.26	X	A	
57		00.00.01.27		A	
58		00.00.01.28		A	
59		00.00.01.29	X	L	
60		00.00.02.00		L	
61		00.00.02.01	X	T	
62		00.00.02.02		T	
63		00.00.02.03		T	
64		00.00.02.04	X	Closed	
65		00.00.02.05		Closed	
66		00.00.02.06		Closed	
67		00.00.02.07		Closed	



IV. Animation

- Vertex Animationen
 - Vorteile
 - Kontrolle über die Animation **aller** Scheitelpunkte
 - Nachteile
 - „Morph Targets“ müssen die gleiche Scheitelpunktzahl und Nummerierung der Scheitelpunkte besitzen
 - Aufwendige Modellierung der Targets (z.B. Gesichtsausdrücke)
 - Hoher Speicheraufwand, da für die Dauer einer Sequenz alle Vertex-Positionen im Speicher liegen müssen
 - Keine Animierung von Kurven
 - viel zu hoher Aufwand bei Details wie Blinzeln

IV. Animation

- Rigging/Skinning-fähige 3D-Grafiksoftware
 - Softimage XSI
 - Motion Builder
 - Maya
 - 3D Studio Max
 - Cinema 4D
 - Blender
 - Lightwave 3D

- Motion Capturing Software
 - Vicon mit Vicon IQ
 - Brekel mit Microsoft Kinect