

OpenGL-Programmierpraktikum

- Image-Wrapping mit B-Splines -
(*B-Spline-Image-Wrapper-Effekt*)

Benutzerdokumentation

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick	3
2. Aufbau der Benutzeroberfläche	4
2.1 Das Toolfenster	4
2.3 Die Zeichenmodusgruppe	6
2.4 Die Animationsgruppe	7
2.5 Die Schaltflächen der Rahmenanwendung	7
2.6 Der OpenGL-View	8
3. Laden von Bildern oder Bildsequenzen	9
4. Selektieren von Kontrollgitterpunkten	10
4.1 Selektieren eines Punkts	10
4.2 Selektieren mehrerer Punkte	10
4.3 Markieren aller Punkte	10
4.4 Zurücksetzen der Markierung	10
5. Manipulation von Kontrollgitterpunkten	12
5.1 Ändern des Manipulationsmodus	12
5.2 Verschieben von Kontrollpunkten	12
5.3 Drehen von Kontrollpunkten	12
5.4 Skalieren von Kontrollpunkten	12
5.4 Sperren der Gitterrandpunkte	13
5.5 Zurücksetzen des Kontrollgitters	13
6. Ändern der Gitterauflösungen	14
6.1 Ändern der Bildgitterauflösung	14
6.2 Ändern der Kontrollgitterauflösung	14
7. Ändern des Deformationsalgorithmus	15
8. Ändern der B-Spline-Parameter	16
8.1 Ändern der Splineordnung	16

Inhaltsverzeichnis

8.2 Modifizieren der Knotenmatrizen	17
8.2.1 Einstellen der zu modifizierenden Matrix	17
8.2.2 Modifizieren der Matrizenwerte	17
8.2.2.1 Regeln für die Knotenmatrizenwerte	18
8.2.3 Zurücksetzen der Matrizenwerte	18
9. Ändern des Effektmodus	19
10. Arbeiten im Keyframe-Modus	20
10.1 Die Zeitskala	20
10.2 Einfügen von Keyframes	20
10.3 Selektieren von Keyframes	20
10.4 Verschieben von Keyframes	21
10.5 Löschen von Keyframes	21
10.6 Löschen aller Keyframes	21
10.7 Navigieren zwischen Keyframes	21
10.8 Manuelle Interpolation	21
11. Arbeiten im Morphing-Modus	23
11.1 Manipulieren des Kontrollgitters im Morphingmodus	23
11.2 Setzen des Quellgitters	23
11.2 Setzen des Zielgitters	23
11.3 Laden des Quellgitters	23
11.4 Laden des Zielgitters	24
11.5 Manuelle Interpolation	24
12. Animation	25
12.1 Abspielen, Anhalten und Pausieren einer Animation	25
12.2 Ändern der Abspielgeschwindigkeit	25
12.3 Ändern des Abspielmodus	25
12.4 Ändern der Bildsequenzwiederholung	26
13. Zurücksetzen des Effekts	27

1. Überblick

Das im Rahmen des OpenGL-Programmierpraktikums entstandene Effektmodul **"B-Spline-Image-Wrapper"** bietet folgende Funktionalität:

- Bilder können mittels Manipulation eines Kontrollgitters verzerrt werden.
- Es stehen ein linearer Deformationsalgorithmus und ein B-Spline-Deformationsalgorithmus zur Verfügung.
- Es können Animationssequenzen erstellt werden durch Definition von Kontrollgitter-keyframes.
- Es kann zwischen einer Quellbildsequenz und einer Zielbildsequenz gemorpht werden.

Der Effekt funktioniert nach dem folgenden Prinzip:

Eine Bildtextur wird über ein fein aufgelöstes regelmäßiges Punktegitter gespannt. Über dieses Punktegitter, im folgendem *Bildgitter* genannt, wird nun ein regelmäßiges grob aufgelöstes Kontrollgitter gelegt.

Durch nachträgliches verändern der Kontrollpunktpositionen wird nun das *Bildgitter* entlang des *Kontrollgitters* verzerrt, was zur Folge hat, daß das auf das Bildgitter gespannte Bild ebenfalls deformiert wird.

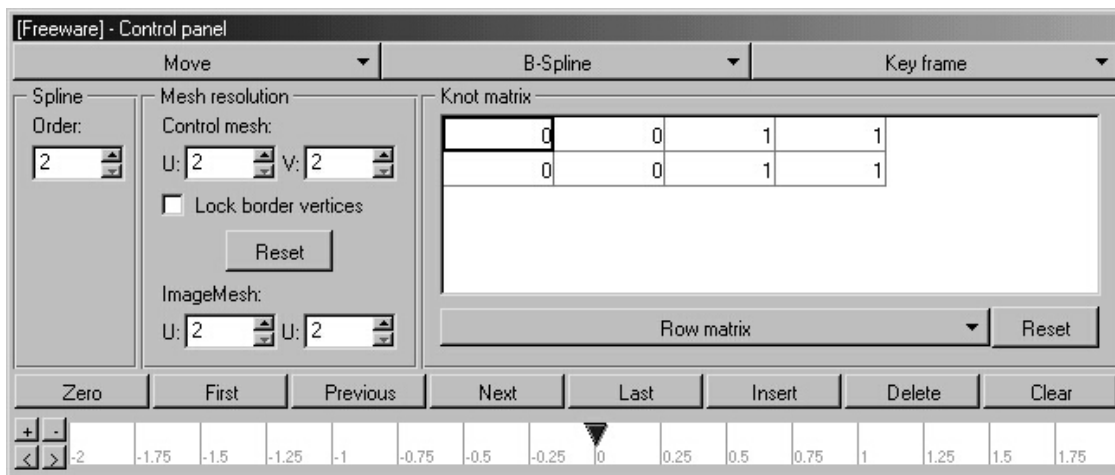
Wie nun die Verzerrung des Bildgitters berechnet wird, hängt vom gewählten Deformationsalgorithmus ab. Bei einem linearen Deformationsalgorithmus wird das Bildgitter direkt und geradlinig entlang des Kontrollgitters verzerrt. Im Falle des B-Spline-Deformationsalgorithmus schmiegt sich die Form des Bildgitters rund und organisch an die eckige Form des Kontrollgitters an.

2. Aufbau der Benutzeroberfläche

Das Effektmodul bietet ein eigenes Toolfenster zur Konfiguration an, ferner bietet es noch zusätzliche Funktionalität in der rechten Leiste der Rahmenanwendung an.

2.1 Das Toolfenster

Die wichtigsten Effektoptionen lassen sich innerhalb des vom Effekt zur Verfügung gestellten Top-Level-Fensters einstellen.



Die obere Leiste enthält drei Buttons. Über den linken Button, läßt sich der Bearbeitungsmodus für die Kontrollgitterpunkte einstellen. Der mittlere Button dient zur Festlegung des Deformationsalgorithmus. Mit Hilfe des rechten Buttons kann der Effektmodus eingestellt werden.

Die Gruppe **"Spline"** enthält eine Spinbox zur Einstellung der Kurvenordnung.

Die Gruppe **"Mesh resolution"** enthält zwei Spinboxen zur Einstellung der Kontrollgitterauflösung und zwei Spinboxen zur Einstellung der Bildgitterauflösung. Ferner enthält sie eine Checkbox zum Sperren der Beweglichkeit der Randkontrollgitterpunkte. Mit Hilfe des **"Reset"**-Buttons kann das Kontrollgitter zurückgesetzt werden.

Die Gruppe **"Knot matrix"** enthält eine Tabellengrid über welches es möglich ist, die den B-Spline-Deformationsalgorithmus kontrollierenden Knotenmatrizen zu verändern. Welche Matrix (Spalten-, oder Zeilenmatrix) modifiziert wird, läßt sich durch den direkt darunterliegenden Button einstellen. Der **"Reset"**-Button setzt beide Kontrollmatrizen auf Standardwerte zurück.

Direkt unter den drei genannten Gruppen befindet sich eine weitere Buttonleiste, die je nach Effektmodus unterschiedliche Buttons bereitstellt:

- **Key-Frame-Modus:**



Im Key-Frame-Modus dienen die zur Verfügung stehenden Schaltflächen der Navigation zwischen den einzelnen Keyframes:

- **"Zero"**: Setzt den Framecursor auf den Zeitindex 0.0 zurück.
- **"First"**: Setzt den Framecursor auf die Position des ersten Keyframes.
- **"Previous"**: Lässt den Framecursor zum vorherigen Keyframe springen.
- **"Next"**: Lässt den Framecursor zum nächsten Keyframe springen.
- **"Last"**: Setzt den Framecursor auf die Position des letzten Keyframes.
- **"Insert"**: Fügt ein neues Keyframe mit dem aktuellen Kontrollgitterzustand ein.
- **"Delete"**: Löscht das gerade markierte Keyframe.
- **"Clear"**: Löscht alle Keyframes.

- **Morphing-Modus:**



Im Morphing-Modus dienen die zur Verfügung stehenden Schaltflächen dem Konfigurieren des Quell- und Zielgitters:

- **"To Source"**: Speichert das aktuelle Kontrollgitter als Quellgitter.
- **"From Source"**: Lädt Quellgitter in das aktuelle Kontrollgitter.
- **"To Destination"**: Speichert das aktuelle Kontrollgitter als Zielgitter.
- **"From Destination"**: Lädt Quellgitter in das aktuelle Kontrollgitter.

Unterhalb der Navigationsleiste befindet sich eine Zeitskala, welche die gesetzten Keyframes als farbige Striche anzeigt. Die Keyframes können dort selektiert und wahlweise mit der Maus innerhalb der Zeitskala verschoben werden.

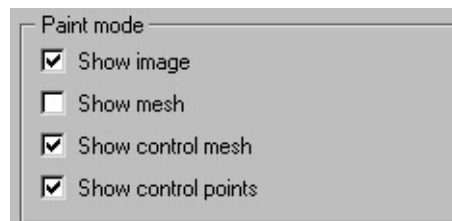
In der linken unteren Ecke des Toolfensters befindet sich ein kleines Feld mit vier Buttons.



Mit den Buttons "+" und "-" ist es möglich, die Zeitskala zu zoomen. Über die Buttons "<" und ">" kann innerhalb der Zeitskala gescrollt werden.

2.3 Die Zeichenmodusgruppe

Der Effekt installiert in der rechten Leiste der Rahmenanwendung eine Gruppe von Check-boxen zur Steuerung des Zeichenmodus.



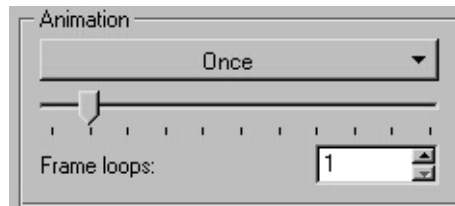
Die Checkboxes haben die folgende Funktionen:

- **"Show image"**: Aktiviert oder deaktiviert das Zeichnen des zu deformierenden Bildes.
- **"Show mesh"**: Aktiviert oder deaktiviert das Zeichnen des Bildgitters. Das Bildgitter wird transparent in grüner Farbe über das eigentliche Bild gelegt.
- **"Show control mesh"**: Aktiviert oder deaktiviert das Zeichnen des Kontrollgitters. Das Kontrollgitter wird in roter Farbe über das eigentliche Bild gelegt.
- **"Show control points"**: Aktiviert oder deaktiviert das Zeichnen der Kontrollgitterpunkte. Die Kontrollgitterpunkte werden über das Kontrollgitter gelegt.

Diese Optionen lassen sich auch mit den Tasten "1" bis "4" umschalten, falls der GL-View den Eingabefokus besitzt.

2.4 Die Animationsgruppe

Zusätzlich zur Zeichenmodusgruppe installiert der Effekt in der rechten Leiste der Rahmenanwendung eine Gruppe von Elementen zur Steuerung der Animationsoptionen.



Über den sich am oberen Rand befindlichen Menubutton, lassen sich verschiedene Abspielmodi anwählen. Der sich darunter befindende Schieberegler legt die Abspielgeschwindigkeit fest. Über den Spin-Button in der rechten unteren Ecke kann eingestellt werden, wie oft die geladene(n) Bildsequenz(en) wiederholt werden sollen.

2.5 Die Schaltflächen der Rahmenanwendung

Die Rahmenanwendung stellt in ihrer rechten Leiste einige wichtige Schaltflächen zur Verfügung, die wahlweise von dem jeweiligen Effekt unterstützt werden können. Das Effektmodul **"B-Spline-Image-Wrapper"** unterstützt all diese Schaltflächen.



Die Schaltflächen haben folgende Funktion:

- **"Load image(s)"**: Aktiviert die Filedialogboxen zum Laden von Bildern oder Bildsequenzen.
- **"Reset"**: Setzt den Effekt in seinen Initialzustand zurück.
- **"Quit"**: Verläßt die Hauptanwendung.
- **"Play"**: Spielt die über die Keyframes definierte Animation ab, oder im Morphingmodus die festgelegte Morphingsequenz. Das Toolfenster wird dabei ausgeblendet.
- **"Stop"**: Hält das Abspielen der Animation gänzlich an. Das Toolfenster wird wieder eingeblendet.
- **"Pause"**: Pausiert das Abspielen der Animation. Das Toolfenster bleibt ausgeblendet.

2.6 Der OpenGL-View

Der linke Teil der Rahmenanwendung dient der Darstellung des Effekts. Innerhalb des **"B-Spline-Image-Wrapper"**-Effektmoduls können hier Manipulationen an den Kontrollgitterpunkten mittels Maus durchgeführt werden.

3. Laden von Bildern oder Bildsequenzen

Nachdem der Effekt **"B-Spline-Image-Wrapper"** aus der Effektliste der Rahmenanwendung gewählt, oder die **"Load image(s)"**-Schaltfläche betätigt wurde, erscheint ein Dateiauswahldialog.

In diesem Auswahldialog können eine oder mehrere Bilddateien gewählt werden, die von der Rahmenanwendung geladen werden. Diese Bildsequenz (eine Sequenz kann auch aus nur einem Bild bestehen) dient dem Effekt im Key-Frame-Modus als Bearbeitungsquelle, im Morphing-Modus als Morphingquelle.

Es ist möglich die Dateiauswahl abubrechen, was die Rahmenanwendung dazu veranlaßt, ein leeres Dummybild zu erzeugen.

Anschließend erscheint ein zweiter Dateiauswahldialog. Hier können ebenfalls ein oder mehrere Bilddateien gewählt werden. Die so gewählte Bildsequenz dient dem Effekt im Morphingmodus als Zielsequenz, in die hineingemorpht wird, im Key-Frame-Modus findet sie keinerlei Verwendung.

Auch hier ist es möglich die Bildauswahl abubrechen.

Hinweis: Um den Morphing-Modus des Effekts nutzen zu können, ist es erforderlich sowohl für die Quell- als auch für die Zielsequenz mindestens ein Bild festzulegen!

4. Selektieren von Kontrollgitterpunkten

Falls die Kontrollgitterpunktdarstellung über die Zeichenmodusgruppe aktiviert wurde, dann können diese innerhalb des OpenGL-Views mit der Maus angewählt werden. Angewählte Punkte werden durch eine gelbe Farbe hervorgehoben.

4.1 Selektieren eines Punkts

Um einen Punkt zu markieren, reicht es diesen mit der *linken* Maustaste anzuklicken. Er wird dann farblich hervorgehoben. Eine evtl. vorher bestehende Markierung wird dadurch zurückgesetzt.

4.2 Selektieren mehrerer Punkte

Um mehrere Punkte zu selektieren gibt es drei Möglichkeiten:

1. Beim Selektieren eines Punktes mit der Maus, wird die *Shift*-Taste festgehalten. Der angewählte Punkt wird zur Markierung hinzugefügt.
2. Durch das Drücken und anschließende Halten der *rechten* Maustaste kann ein Selektionsrahmen um die gewünschten Kontrollpunkte gezogen werden. Die Punkte innerhalb des Rahmens werden dadurch selektiert, eine vorherige Selektierung wird dadurch zurückgesetzt.

Hinweis: Der Selektionsrahmen wird auf der Gitterebene gezogen. Ändert man die Kameraperspektive, so wird der Rahmen dadurch perspektivisch verzerrt.

3. Es ist möglich beide Methoden zu kombinieren, d.h. man hält die *Shift*-Taste gedrückt, während man den Selektionsrahmen zieht. Dadurch werden die sich in dem Selektionsrahmen befindlichen Punkte zur aktuellen Markierung hinzugefügt.

4.3 Markieren aller Punkte

Es besteht zum einem natürlich die Möglichkeit alle Punkte mittels des Selektionsrahmens zu markieren, zum anderen kann man dies über die Schnelltaste "**A**" erreichen. Die Schnelltaste funktioniert nur dann, wenn das OpenGL-View den Eingabefokus besitzt.

4.4 Zurücksetzen der Markierung

Eine bestehende Markierung kann auf drei Weisen zurückgesetzt werden:

1. Man klickt in den OpenGL-View mit der linken Maustaste auf eine Stelle, unter der sich kein Kontrollpunkt befindet. Man darf dabei natürlich **nicht** die *Shift*-Taste gedrückt halten.
2. Man markiert mit dem Selektionsrahmen einen Bereich, der keine Kontrollpunkte enthält. Dabei darf man auch hier **nicht** die *Shift*-Taste nicht gedrückt halten.

3. Man betätigt die Schnelltaste "**U**". Die Schnelltaste funktioniert nur dann, wenn das OpenGL-View den Eingabefokus hat.

5. Manipulation von Kontrollgitterpunkten

Der "**B-Spline-Image-Wrapper**"-Effekt bietet vielfältige Möglichkeiten die Punkte des Kontrollgitters zu manipulieren.

5.1 Ändern des Manipulationsmodus

Der Manipulationsmodus für die Kontrollgitterpunkte kann über die *linke* Schaltfläche der oberen Schaltflächenleiste des Effekttoolfensters verändert werden. Das Klicken auf die Schaltfläche läßt ein Menü mit den möglichen Manipulationsmodi erscheinen. Folgende stehen zur Verfügung:

- "**Move**": Erlaubt das Verschieben eines oder mehrer Kontrollpunkte.
- "**Rotate**": Erlaubt das Rotieren eines oder mehrer Kontrollpunkte.
- "**Scale**": Erlaubt das Skalieren eines oder mehrer Kontrollpunkte.

Welcher Manipulationsmodus gerade aktiv ist, läßt sich anhand der Beschriftung der Schaltfläche ablesen.

Die Manipulationsmodi können auch über Schnell Tasten gewählt werden, falls der GL-View den Eingabefokus hat. Die Schnelltaste "**M**" aktiviert den **Move**-Modus, die Schnelltaste "**R**" den **Rotate**-Modus und die Schnelltaste "**S**" den **Scale**-Modus.

5.2 Verschieben von Kontrollpunkten

Zunächst muß der Manipulationsmodus "**Move**" aktiviert sein. Um nun einen Punkt zu verschieben, reicht es diesen mit der *linken* Maustaste anzuklicken und bei gehaltener Maustaste in die gewünschte Richtung zu ziehen.

Um mehrere Punkte zu verschieben, müssen diese als Erstes selektiert werden (*siehe Abschnitt 4.*). Bei gedrückter *Shifttaste* und gedrückter *linker* Maustaste können diese nun in die gewünschte Richtung verschoben werden. Dabei ist es egal, an welcher Stelle man mit dem Verschieben beginnt.

5.3 Drehen von Kontrollpunkten

Der Manipulationsmodus "**Rotate**" muß hierzu zunächst aktiviert sein. Um einen oder mehrere Punkte zu rotieren, müssen diese zuerst selektiert werden (*siehe Abschnitt 4.*). Bei gedrückter *Shifttaste* und gedrückter *linker* Maustaste können diese nun gedreht werden. Dabei wird die horizontale Position der Maus in den Drehwinkel umgesetzt. Der Punkt an dem man die Drehoperation begonnen hat, dient gleichzeitig als Rotationsmittelpunkt.

5.4 Skalieren von Kontrollpunkten

Als erstes muß der Manipulationsmodus "**Scale**" aktiviert sein. Um einen oder mehrere Punkte zu skalieren, müssen diese zuerst selektiert werden (*siehe Abschnitt 4.*). Bei gedrückter *Shifttaste* und gedrückter *linker* Maustaste können diese nun skaliert werden.

Dabei wird die horizontale Position der Maus in einen horizontalen Skalierungsfaktor umgesetzt, die vertikale Position in einen vertikalen. Der Punkt an dem die Skalierungsoperation begonnen wurde, dient gleichzeitig als Skalierungsmittelpunkt.

Vorsicht: Egal welchen Modus man gerade verwendet, das Klicken mit der linken Maustaste bei losgelassener Shift-Taste auf eine Stelle ohne Kontrollpunkt hat zur Folge, daß die Markierung zurückgesetzt wird (siehe Abschnitt 4.).

5.4 Sperren der Gitterrandpunkte

Es ist möglich, die Beweglichkeit der Randpunkte auf die rechteckigen Kanten des Kontrollgitters zu beschränken. Hierzu muß man die Option "**Lock border vertices**" über die Checkbox in der "**Mesh resolution**"-Gruppe des Effekttoolfensters aktivieren.

Unabhängig davon, welche Manipulationsart man verwendet, bleiben die Randpunkte immer an ihren zugehörigen Kontrollgitterkanten haften. Die Eckpunkte werden durch diese Option gänzlich unbeweglich.

5.5 Zurücksetzen des Kontrollgitters

Durch das Klicken auf die "**Reset**"-Schaltfläche innerhalb der "**Mesh resolution**"-Gruppe des Effekttoolfensters wird das Kontrollgitter zurückgesetzt in den Initialzustand, d.h. das Gitter ist danach wieder regelmäßig und quadratisch.

6. Ändern der Gitterauflösungen

Die Auflösung des Bild- und des Kontrollgitters kann mit einigen Einschränkungen beliebig und zu jedem Zeitpunkt geändert werden. Die Auflösung bezieht sich nicht auf die Anzahl der Gitterzellen, sondern auf die Anzahl der Vertices aus denen das Gitter besteht.

6.1 Ändern der Bildgitterauflösung

Die Bildgitterauflösung kann immer verändert werden und gilt global für den gesamten Effekt. Hierzu können die beiden zugehörigen Spinboxen in der "**Mesh resolution**"-Gruppe des Effekttoolfensters verwendet werden. Die Auflösung läßt sich wahlweise über die Pfeilbuttons, oder durch direkte Eingabe des Wertes in die jeweilige Box ändern. Bei einer Eingabe über die Tastatur wird die Einstellung erst dann wirksam, wenn die Box den Eingabefokus verliert. Die Auflösung des Bildgitters ist nach unten hin durch die Maße 2 x 2 beschränkt.

Hinweis: Je höher die Bildgitterauflösung, desto besser das Deformationsergebnis, desto langsamer die Berechnung!

6.2 Ändern der Kontrollgitterauflösung

Die Kontrollgitterauflösung kann analog zur oberen Beschreibung mit den zugehörigen Spinboxen geändert werden. Das Ändern der Kontrollgitterauflösung ist einigen Einschränkungen unterworfen:

- Wird der B-Spline-Deformationsalgorithmus verwendet, so muß die Auflösung des Kontrollgitters mindestens **Order** x **Order** betragen, wobei **Order** für die Kurvenordnung steht, die mittels der **Order**-Spinbox in der "**Spline**"-Gruppe des Effekttoolfensters eingestellt wird. Der Effekt sorgt automatisch dafür, daß die Kontrollgitterauflösung entsprechend an die Kurvenordnung angepaßt wird, und ebenfalls die Einstellungsmöglichkeiten nach unten hin beschränkt werden, wenn nötig.
- Befindet sich der Effekt im Key-Frame-Modus und wurde bereits mindestens ein Keyframe eingefügt, so läßt sich die Kontrollgitterauflösung nicht mehr ändern, da es dem Effekt nicht möglich ist zwischen Kontrollgittern verschiedener Auflösung zu interpolieren. Hierzu werden die entsprechenden Steuerelemente gesperrt. Das Entfernen aller Keyframes hat zur Folge, daß die Sperre wieder aufgehoben wird.
- Wird der Effekt in den Morphing-Modus umgeschaltet, so läßt sich die Kontrollgitterauflösung aus den gleichen Gründen, wie zuvor, nicht mehr ändern. Deshalb muß die Auflösung des Kontrollgitters eingestellt werden, bevor man in den Morphing-Modus schaltet.

7. Ändern des Deformationsalgorithmus

Der vom Effekt verwendete Deformationsalgorithmus läßt sich jederzeit und in jedem Effektmodus umstellen. Er gilt dann global für den gesamten Effekt. Der Deformations Algorithmus kann über die *mittlere* Schaltfäche der oberen Schaltfächenleiste des Effekttoolfensters verändert werden. Das Klicken auf die Schaltfläche läßt ein Menü mit den zur Verfügung stehenden Algorithmen erscheinen:

- **"Linear"**: Das Bild wird durch das Kontrollgitter mittels linearer Interpolation verzerrt. Es folgt direkt der Kontrollgitterform und erscheint eher eckig und kantig.
- **"B-Spline"**: Das Bild wird durch das Kontrollgitter mittels B-Spline-Interpolation verzerrt. Das verformte Bild wirkt organisch und rund. Im B-Spline-Modus werden noch zusätzliche Steuerelemente im Effekttoolfenster freigegeben, mit deren Hilfe sich der B-Spline-De-formationsalgorithmus parametrisieren läßt. Die damit gemachten Einstellungen wirken ebenfalls global für den gesamten Effekt.

Welcher Deformationsalgorithmus gerade aktiv ist, läßt sich anhand der Beschriftung der zugehörigen Schaltfläche ablesen.

Die Deformationsalgorithmen können auch über Schnell Tasten gewählt werden, falls der GL-View den Eingabefokus hat. Die Schnell taste **"L"** aktiviert den **Linear**-Modus, die Schnell taste **"B"** den **B-Spline**-Modus.

8. Ändern der B-Spline-Parameter

Wurde der B-Spline-Deformationsalgorithmus aktiviert, so stehen noch weitere Einstellungsmöglichkeiten zur Verfügung. Im linearen Deformationsmodus bleiben alle hier genannten Steuerelemente gesperrt und üben keinen Einfluß auf den Effekt aus.

8.1 Ändern der Splineordnung

In der Gruppe "**Spline**" innerhalb des Effektoolfensters befindet sich eine Spinbox. Mit dieser Spinbox ist es möglich die Ordnung, der B-Splines einzustellen. Hierzu kann man sich der Pfeilschaltflächen bedienen, oder den Wert direkt über die Tastatur in die Box eingeben. Bei einer Eingabe über die Tastatur, wird die Einstellung erst dann wirksam, wenn die Box den Eingabefokus verliert. Es können Werte zwischen 2 und 5 eingegeben werden.

Der Ordnungsparameter steuert die Krümmungsstärke. Je höher die Ordnung, desto runder und weicher wird die Form des verzerrten Bildes, und desto weniger Einfluß üben die Punkte des Kontrollgitters auf das Bildgitter aus, was zur Folge hat, daß die Form des Bildes nicht so stark verzerrt wird.

Ein Wert von 2 entspricht der linearen Deformation. Üblich ist ein Wert von 3.

Hinweis: Je höher die Splineordnung, desto langsamer die Berechnung!

Ferner gibt die Splineordnung auch die Mindestmaße für das Kontrollgitter vor, d.h. das Kontrollgitter muß mindestens aus **Splineordnung** x **Splineordnung** Punkten bestehen.

Die Anwendung erhöht automatisch die Kontrollgittermaße, wenn nötig. Im Keyframe- oder Morphing-Modus, wird der maximal einstellbare Wert für die Splineordnung durch die Kontrollgittermaße beschränkt, d.h. es lassen sich keine Werte einstellen die über das Minimum der Kontrollgitterbreite und Kontrollgitterhöhe hinaus gehen. Dies ist notwendig, da ansonsten die Maße des Kontrollgitters vergrößert werden müssten, womit dieses nicht mehr zu evtl. bereits bestehenden Keyframes korrespondieren würde, oder zu dem Quell- und Zielgitter im Morphingmodus.

8.2 Modifizieren der Knotenmatrizen

Ein weiterer Parameter, der in die Berechnung des B-Spline-Deformationsalgorithmus einfließt, sind die Knotenmatrizen. Vereinfacht gesagt, läßt sich durch das Verändern der darin enthaltenen Werte im Groben bestimmen, wie Stark ein einzelner Kontrollpunkte seinen Einfluß auf das Bildgitter ausübt.

8.2.1 Einstellen der zu modifizierenden Matrix

Es können zwei Matrizen modifiziert werden, die Spaltenmatrix und die Zeilenmatrix. Welche gerade modifiziert wird, läßt sich anhand der Beschriftung der Menüschaftfläche in der Gruppe "**Knot matrix**" des Effekttoolfensters ablesen. Durch das Klicken auf den Button kann die zu modifizierende Matrix gewählt werden. Es stehende folgende Einträge zur Verfügung:

- "**Row matrix**": In dem Tabellengrid wird die Zeilenmatrix angezeigt und kann dort bearbeitet werden. Jede Zeile in der Zeilenmatrix steht für eine Zeile in der Kontrollgittermatrix. Durch Ändern der Werte läßt sich Steuern, wie stark die Punkte einer einzelnen Kontrollgitterzeile in der horizontalen ihren Einfluß üben.
- "**Col matrix**": In dem Tabellengrid wird die Spaltenmatrix angezeigt und kann dort bearbeitet werden. Sie besteht aus einer Zeile. Durch Ändern der Werte läßt sich Steuern, wie stark die einzelnen Kontrollgitterzeilen ihren Einfluß in der vertikalen ausüben.

8.2.2 Modifizieren der Matrizenwerte

Den größten Platz in der "**Knot matrix**"-Gruppe des Effekttoolfensters nimmt die Matrizentabelle ein. Durch ein Doppelklick auf eine Tabellenzelle kann der zugehörige Wert bearbeitet werden. Mit *Enter* wird die Eingabe bestätigt. Mit *Escape* kann die Eingabe abgebrochen werden. Die an den Matrizen vorgenommenen Einstellungen gelten global für den gesamten Effekt, haben jedoch nur auf den B-Spline-Deformationsalgorithmus einen Einfluß. Wird versucht einen nicht numerischen Wert einzugeben, so wird man durch eine Meldung darauf aufmerksam gemacht, die Eingabe wird ignoriert. Es dürfen nur Werte zwischen 0.0 und 1.0 eingegeben werden. Versucht man einen Wert außerhalb dieses Bereichs einzugeben, so wird man ebenfalls durch eine Meldung darauf aufmerksam gemacht, die Eingabe wird wiederum ignoriert.

8.2.2.1 Regeln für die Knotenmatrizenwerte

Es gibt einige Regeln, die man bei der Eingabe der Werte beachten sollte:

- Die ersten **Splineorder** Werte einer Matrixzeile sollten den Wert 0.0 aufweisen.
- Die letzten **Splineorder** Werte einer Matrixzeile sollten den Wert 1.0 aufweisen.
- Zwischen den letzten und den ersten **Splineorder** Werten einer Zeile ist grundsätzlich jede Zahl zwischen 0.0 und 1.0 erlaubt.
- Die Werte einer Zeile sollten in aufsteigender Reihenfolge sortiert sein.

Hinweis: Das Nicht-Beachten dieser Regeln führt zwar zu keinerlei Abstürzen, kann jedoch unerwünschte visuelle Effekte zur Folge haben!

8.2.3 Zurücksetzen der Matrizenwerte

Über den "**Reset**"-Button in der Gruppe "**Knot matrix**" des Effekttoolfensters lassen sich beide Knotenmatrizen zurücksetzen in ihren ursprünglichen Zustand.

9. Ändern des Effektmodus

Der **"B-Spline-Image-Wrapper"**-Effekt bietet zwei grundlegende Arbeitsmodi an. Diese können über die rechte Schaltfläche der oberen Schaltflächenleiste des Effekttoolfensters eingestellt werden. Das Klicken auf den Button öffnet ein Menu mit den zur Verfügung stehenden Arbeitsmodi:

- **"Key-Frame"**: Im Key-Frame-Modus lässt sich zum einem das geladene Bild durch das Manipulieren der Punkte des Kontrollgitters beliebig verzerren, zum anderen können von den aktuellen Kontrollgitterzuständen Schnappschüsse (Keyframes) angefertigt werden, aus denen der Effekt eine Animation errechnen und abspielen kann.
- **"Morphing"**: Im Morphingmodus kann man einen fließenden Übergang zwischen der Quellbildsequenz und der Zielbildsequenz erzeugen lassen, indem man durch die Form des Kontrollgitters die Formen auf dem Quellbild und dem Zielbild annähert. Das Schalten in den Morphingmodus hat zur Folge, daß statt der Keyframe-Navigationsleiste nun die Morphing-Navigationsleiste erscheint. Ferner werden zwei Keyframes eingefügt, eins für das Quellgitter, eins für das Zielgitter an den Stellen 0.0 und 1.0 innerhalb der Zeitskala. Diese Keyframes lassen sich **nicht** verschieben. Ebenfalls werden die Steuerelemente zur Änderung der Kontrollgitterauflösung gesperrt. Deshalb muß die gewünschte Kontrollgitterauflösung für den Morphingmodus eingestellt werden, bevor dieser aktiviert wird.

Hinweis: Um den Morphing-Modus des Effekts nutzen zu können, ist es erforderlich, daß zuvor sowohl für die Quell- als auch für die Zielsequenz mindestens ein Bild geladen wurde (siehe Abschnitt 3.)!

Vorsicht: Das Umschalten zwischen den beiden Arbeitsmodi zerstört die bisherigen Ergebnisse des zuvor aktiven Modus!

10. Arbeiten im Keyframe-Modus

Im Keyframe-Modus des "**B-Spline-Image-Wrapper**"-Effekts können Schnappschüsse der Kontrollgitterzustände gespeichert werden. Jeder Schnappschuss hat einen Zeitstempel. Um eine Animation zu erzeugen, interpoliert der Effekt linear die Kontrollgitterzustände entlang der Zeitachse.

Zum Bearbeiten der Keyframes steht im unteren Bereich des Effekttoolfenster eine Schaltflächennavigationsleiste und eine Zeitskala zur Verfügung.

10.1 Die Zeitskala

Die weiße Zeitskala am unteren Rand des Effekttoolfensters, dient der Darstellung der Keyframepositionen innerhalb des Zeitstrahls. Die gesetzten Keyframes werden durch farbige senkrechte Striche dargestellt.

Das blaue Dreieck stellt den Framecursor dar. An der Framecursorposition werden neue Keyframes eingefügt, ferner wird beim Betätigen der "**Play**"-Taste der Rahmenanwendung der Abspielvorgang von dieser Stelle aus gestartet.

Der Framecursor kann durch klicken und Ziehen mit der **linken** Maustaste verschoben werden. Er kann ebenfalls mit den *horizontalen* Pfeiltasten auf der Tastatur verschoben werden, falls er zuvor selektiert wurde. Der Cursor wird in diesem Fall farblich hervorgehoben.

Besitzt die Zeitskala den Eingabefokus, so kann mit den horizontalen Pfeiltasten auf der Tastatur innerhalb dieser gescrollt werden. Voraussetzung hierzu ist, daß der Framecursor nicht selektiert ist. Mit den Tasten "+" und "-" läßt sich innerhalb der Zeitskala zoomen. Diese Funktionen können auch mit dem sich links von der Zeitskala befindenden Schalterfeld ausgelöst werden.

10.2 Einfügen von Keyframes

Das Einfügen von Keyframes gestaltet sich sehr einfach. Zunächst ist es erforderlich das Kontrollgitter wie gewünscht zu verändern. Dies kann mit den dafür zu Verfügung stehenden Mitteln erfolgen (*siehe Abschnitt 5.*). Danach muß man den Framecursor auf der Zeitskala an die Position verschieben, an der das neue Keyframe eingefügt werden soll. Zum Einfügen betätigt man nun den "**Insert**"-Button in der Keyframe-Navigationsleiste des Toolfensters. Das Keyframe wird nun eingefügt, der Framecursor wandert um 0.25 Zeiteinheiten nach rechts. Die Zeitskala wird auf den Framecursor zentriert. Das Einfügen läßt sich auch mit der "**Space**"-Taste auslösen, falls der GL-View gerade den Eingabefokus besitzt.

10.3 Selektieren von Keyframes

Um ein Keyframe zu selektieren, reicht es dieses auf der Zeitskala mit der *linken* Maustaste anzuklicken. Es wird daraufhin farblich hervorgehoben. Es läßt sich immer nur ein Keyframe gleichzeitig selektieren.

10.4 Verschieben von Keyframes

Um ein Keyframe zu verschieben genügt es, dieses mit der *linken* Maustaste anzuklicken und in die gewünschte Richtung zu ziehen.

10.5 Löschen von Keyframes

Zunächst muß das zu löschende Keyframe selektiert werden. Danach genügt es den "*Delete*"-Button in der Keyframe-Navigationsleiste des Effekttoolfensters zu betätigen. Das Keyframe wird dann entfernt.

10.6 Löschen aller Keyframes

Möchte man alle Keyframes löschen, so steht hierzu der "*Clear*"-Button in der Keyframe-Navigationsleiste des Effekttoolfensters zur Verfügung.

10.7 Navigieren zwischen Keyframes

Um zwischen den einzelnen Keyframes hin- und herzuspringen stellt die Keyframe-Navigationsleiste des Effekttoolfensters einige zusätzliche Schaltflächen bereit:

- **"Zero"**: Setzt den Framecursor auf den Zeitindex 0.0 zurück. Die Zeitskala wird auf den Cursor zentriert. Ein evtl. selektiertes Keyframe bleibt im selektierten Zustand.
- **"First"**: Setzt den Framecursor auf die Position des ersten Keyframes. Das erste Keyframe wird selektiert und das darin gespeicherte Kontrollgitter in das aktuelle Kontrollgitter geladen.
- **"Previous"**: Falls ein Keyframe selektiert ist, so springt der Framecursor zu seinem Vorgänger. Der Vorgänger wird selektiert und das darin gespeicherte Kontrollgitter in das aktuelle Kontrollgitter geladen.
- **"Next"**: Falls ein Keyframe selektiert ist, so springt der Framecursor zu seinem Nachfolger. Der Nachfolger wird selektiert und das darin gespeicherte Kontrollgitter in das aktuelle Kontrollgitter geladen.
- **"Last"**: Setzt den Framecursor auf die Position des letzten Keyframes. Das letzte Keyframe wird selektiert und das darin gespeicherte Kontrollgitter in das aktuelle Kontrollgitter geladen.

10.8 Manuelle Interpolation

Abgesehen von der Möglichkeit zwischen den Keyframes zu Navigieren, kann man manuell eine beliebige Zwischenstufe vom Effekt berechnen und in das aktuelle Kontrollgitter kopieren lassen. Hierzu reicht es den Framecursor zu verschieben, jedoch geschieht dies **nicht** mit der **linken** Maustaste, sondern mit der *rechten*. Der Effekt berechnet dann den Zustand des Kontrollgitters zum angewählten Zeitpunkt.

Liegt der Framecursor vor dem ersten Keyframe, so wird immer da erste Keyframe in das

aktuelle Kontrollgitter geladen. Liegt der Framecursor hinter dem letzten Keyframe, so wird immer das letzte Keyframe in das aktuelle Kontrollgitter geladen.

11. Arbeiten im Morphing-Modus

Im Morphing-Modus ist es möglich zwischen zwei Bildern oder zwei Bildsequenzen einen fließenden Übergang vom Effekt berechnen zu lassen.

Hier ist jedoch zunächst ein wenig Vorarbeit zu leisten. Für das erste Bild der Quellsequenz muß ein Kontrollgitter definiert werden, welches die Formen auf dem Bild möglichst gut annähert. Für das letzte Bild der Zielsequenz muß ebenfalls ein solches Gitter definiert werden. Soll eine bestimmte Form aus dem Quellbild in eine bestimmte Form im Zielbild gemorphet werden, so ist es erforderlich, daß dieselbe Punktgruppe die im Quellkontrollgitter die Quellform annähert im Zielkontrollgitter ebenfalls die Zielform annähert.

Um den Morphing-Modus nutzen zu können, müssen zuvor mindestens ein Bild sowohl in die Quellbildsequenz, als auch in die Zielbildsequenz geladen worden sein (*siehe Abschnitt 3.*).

Im Morphing-Modus steht nun anstatt der Keyframe-Navigationsleiste. Es werden automatisch zwei Keyframe eingefügt, welche weder gelöscht, noch verschoben werden können. Die manuelle Interpolation steht jedoch weiterhin zur Verfügung.

Ferner ist das Ändern der Kontrollgitterauflösung gesperrt (*siehe Abschnitt 6.*). Alle anderen Effektoptionen können wie gehabt genutzt werden. **11.1 Manipulieren des Kontrollgitters im Morphingmodus**

Im Morphingmodus stehen alle Mittel zur Manipulation der Kontrollgitterpunkte weiterhin zur Verfügung. Die Option **"Lock border vertices"** ist in diesem Modus standardmäßig aktiviert und kann auch nicht deaktiviert werden. Das Ändern der Kontrollgitterpunkte hat im Morphingmodus keinerlei Einfluß auf die Form des Bildes. Dies ist beabsichtigt, da das primäre Ziel hier ist, die Formen des Bildes durch das Kontrollgitter möglichst optimal anzunähern. Schaltet man jedoch das Zeichnen des Bildgitters ein, so stellt man fest daß dieses dennoch verformt wird.

11.2 Setzen des Quellgitters

Möchte man das aktuell bearbeitete Kontrollgitter als Quellgitter definieren, so reicht es die Schaltfläche **"To Source"** in der Morphing-Navigationsleiste des Effektfensters zu betätigen. Das aktuelle Kontrollgitter wird dann als Quellgitter gespeichert.

11.2 Setzen des Zielgitters

Möchte man das aktuell bearbeitete Kontrollgitter als Zielgitter definieren, so reicht es die Schaltfläche **"To Destination"** in der Morphing-Navigationsleiste des Effektfensters zu betätigen. Das aktuelle Kontrollgitter wird dann als Zielgitter gespeichert.

11.3 Laden des Quellgitters

Um das Quellgitter in das aktuelle Kontrollgitter zu laden, betätigt man den Schalter **"From Source"** in der Morphing-Navigationsleiste des Effektfensters. Dies hat zur Folge, daß das

Quellgitter in das aktuelle Kontrollgitter kopiert wird. Ferner wird der Framecursor an der Stelle 0.0 positioniert. Im OpenGL-View wird nun das erste Bild der Quellsequenz dargestellt.

11.4 Laden des Zielgitters

Um das Zielgitter in das aktuelle Kontrollgitter zu laden, betätigt man den Schalter "**From Destination**" in der Morphing-Navigationsleiste des Effektfensters. Dies hat zur Folge, daß das Zielgitter in das aktuelle Kontrollgitter kopiert wird. Ferner wird der Framecursor an der Stelle 1.0 positioniert. Im OpenGL-View wird nun das letzte Bild der Zielsequenz dargestellt.

11.5 Manuelle Interpolation

Die Manuelle Interpolation steht auch im Keyframemodus zur Verfügung. Zieht man den Framecursor mit gedrückter *rechter* Maustaste, so kann man sich ein Bild über die Güte des Morphings verschaffen. Dabei wird das Quellbild in das Zielbild übergeblendet und gleichzeitig beide Bilder anhand der festgelegten Kontrollgitter verformt.

Läßt man die Maustaste los, so wird das zuletzt bearbeitete Gitter angezeigt, d.h. entweder das Quellgitter mit dem ersten Bild der Quellsequenz, oder das Zielgitter mit dem letzten Bild der Zielsequenz.

Vorsicht: Man sollte nicht vergessen das Kontrollgitter zuvor entsprechend zu speichern, da nach Beendigung der manuellen Interpolation, der Zustand des Gitters geladen wird, der zuletzt gespeichert wurde.

12. Animation

Hat man im Keyframe-Modus Keyframes gesetzt oder arbeitet man gerade im Morphing-Modus, so kann man sich sein Ergebnis natürlich auch Anzeigen lassen. Hierzu stehen vielfältige Optionen zur Verfügung.

12.1 Abspielen, Anhalten und Pausieren einer Animation

Um die selbstdefinierte Animation oder die Morphingsequenz abzuspielen genügt es auf den **"Play"**-Button innerhalb der rechten Leiste der Rahmenanwendung zu betätigen. Der Abspielvorgang beginnt an der aktuellen Position des Framecursor. Möchte man also die Animation von vorne abspielen, so muß man den Cursor auf das erste Keyframe setzen. Im Keyframe-Modus geschieht dies mittels der Schaltfläche **"First"**, im Morphing Modus über den **"From source"**-Button. Während des Abspielens wird das Effekttoolfenster ausgeblendet.

Um die Animation anzuhalten, genügt es den **"Stop"**-Button innerhalb der rechten Leiste der Rahmenanwendung zu betätigen. Die Animation wird danach angehalten, das Effekttoolfenster wird wieder sichtbar.

Zum Pausieren der Animation klickt man auf den **"Pause"**-Schalter innerhalb der rechten Leiste der Rahmenanwendung. Im Gegensatz zu **"Stop"** erscheint das Effekttoolfenster nicht.

Hinweis: Wurden keinerlei Keyframes gesetzt, so haben die drei Schaltflächen keinerlei Auswirkung.

12.2 Ändern der Abspielgeschwindigkeit

Zur Änderung der Abspielgeschwindigkeit steht innerhalb der **"Animation"**-Gruppe in der rechten Leiste der Rahmenanwendung ein Schieberegler zur Verfügung. Seine Position kann auch während des Abspielvorgangs verändert werden. Je weiter rechts sich der Regler befindet, desto schneller wird die Animation abgespielt. Je weiter links, desto langsamer.

12.3 Ändern des Abspielmodus

Über den sich oberhalb des Geschwindigkeitsreglers befindlichen Schalter, kann der Abspielmodus eingestellt werden. Welcher Modus aktiviert ist, läßt sich anhand der Beschriftung des Buttons ermitteln.

Nach dem Anklicken der Schaltfläche erscheint ein Menu mit den zur Verfügung stehenden Modi:

- **"Once"**: Die Animation wird ein einziges mal abgespielt. Hat der Cursor das letzte Keyframe passiert oder im Morphingmodus das Zielbild erreicht, so wird die Animation automatisch angehalten, das Effektoolfenster erscheint wieder.
- **"Loop"**: Die Animation wird endlos wiederholt. Dabei wird der Cursor beim Erreichen des Animationsendes wieder an den Animationsanfang zurückgesetzt.
- **"Ping-Pong"**: Die Animation wird endlos wiederholt, der Cursor bewegt sich jedoch hierbei hin- und zurück.

Hinweis: In allen drei Modi wird der Cursor nicht automatisch zurückgespult. Im Morphing-Modus springt der Cursor zu dem zuvor bearbeiteten Gitter.

12.4 Ändern der Bildsequenzwiederholung

Hat man in der Rahmenanwendung eine oder zwei Bildsequenzen mit mehr als einem Bild geladen, so verhält sich der Effekt beim Abspielen wie folgt:

- **Im Keyframe-Modus:** Die Bilder werden gleichmäßig auf den gesamten Animationszeitraum, d.h. der Zeitspanne die sich aus dem ersten und dem letzten Keyframe ergibt, verteilt.
- **Im Morphing-Modus:** Die Bilder beider Sequenzen werden gleichmäßig auf den Morphingvorgang verteilt. Die Zeitspanne beträgt hier 1.0 Zeiteinheiten.

Möchte man nun eine mehrfache Wiederholung der Bildsequenzen innerhalb des Animationszeitraums erreichen, so kann man dies über die Spinbox **"Frame loops"** erreichen, welche sich in der **"Animation"**-Gruppe in der rechten Leiste der Rahmenanwendung befindet. Ein Wert von 1 bedeutet, daß die Sequenzen nur einmal während des Animationsvorganges abgespielt werden. Ein Wert von >1 gibt an, wie oft die Sequenzen wiederholt werden.

Die Anzahl der Wiederholungen kann auch während des Abspielvorganges geändert werden.

13. Zurücksetzen des Effekts

Der Effekt kann jeder Zeit in seinen ursprünglichen Zustand zurückgesetzt werden. Hierzu reicht es, den "**Reset**"-Schalter in der rechten Leiste der Rahmenanwendung zu betätigen. Der Effekt wird in den folgenden Initialzustand zurückversetzt:

- Der Manipulationsmodus wird in den Zustand "**Move**" zurückversetzt.
- Der Deformationsmodus wird in den Zustand "**Linear**" zurückversetzt.
- Der Effektmodus wird in den Zustand "**Key frame**" zurückversetzt.
- Alle Keyframes werden gelöscht.
- Die Gitterauflösungen werden auf den Standardwert 2×2 gesetzt.
- Das Kontrollgitter wird wieder regulär gemacht.
- Die Splineordnung wird auf den Wert 2 zurückgesetzt.
- Der Animationsmodus wird in den Zustand "**Once**" zurückversetzt.
- Die Anzahl der Bildsequenzwiederholungen wird wieder auf den Wert 1 zurückgesetzt.

Diese Einstellungen weist der Effekt auch nach seinem Anwählen auf.