

Morphing mit Beier-Neely

Digitale Bildverarbeitung WS2023/24

Michael Eggers, Johann Rittenschober, Kevin

5. Januar 2024



Erklärung

Hiermit erklären wir, dass die vorliegenden Arbeit selbstständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet wurden.

Michael Eggers, Johann Rittenschober, Kevin

München, 5. Januar 2024

Matrikelnummer: 00322614

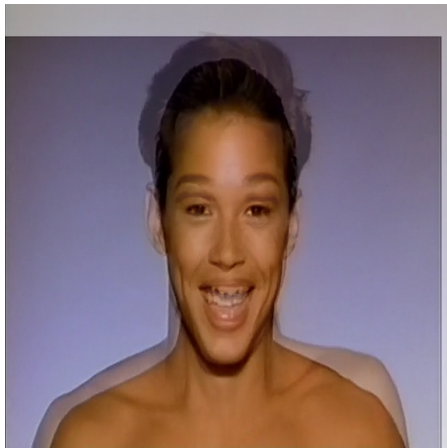
Studiengruppe: Master Informatik VZ/TZ



(a) Quellbild



(b) Zielbild



(c) 50% Kreuzblende



(d) 50% Beier-Neely Morph

Abbildung 1.: Gegenüberstellung: einfache Kreuzblende und Beier-Neely Morphing

Zusammenfassung

Der Übergang von einem Bild in ein Anderes kann durch verschiedene Effekte erreicht werden. Einer der bekanntesten ist die sogenannte Kreuzblende (engl. cross dissolve). Dabei wird jeder Pixel des Quellbildes sukzessive um $1 - \frac{i}{numIterations}$ abgeschwächt und dafür jeder Pixel des Zielbildes um $\frac{i}{numIterations}$ multipliziert (verstärkt). Das Resultat aus der Addition dieser beiden Operationen ergibt den Effekt der eben genannten Kreuzblende (1c). Der Übergang ist deutlich wahrnehmbar. Eine Verbesserung erreicht man durch die Verzerrung beider Bilder in die Form des jeweilig anderen (1a nach 1b und umgekehrt). Danach wird wie gehabt die Kreuzblende angewendet. Die Resultierende Animation kann den Eindruck erwecken als verwandle sich das Quell in das Zielbild. Beier und Neely [1] entwickelten dafür einen Feature-basierten Algorithmus um diesen Effekt zu erzielen. Er kam in dem Michael Jackson Musikvideo Black or White zum Einsatz [2].

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Festlegung der Features | 7 |
| 2. Warping der Bilder | 8 |
| A. Erstellen einer Visual Studio Solution des Vulkan Rahmenprogramms | 11 |
| A.1. Download und Installation des Vulkan SDKs | 11 |
| A.2. Download und Verwendung von CMake | 11 |
| A.2.1. Aktualisieren des Vulkan SDK | 11 |
| A.3. GeForce-Treiber für RTX Extensions | 11 |
| Literaturverzeichnis | 12 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1. | Gegenüberstellung: einfache Kreuzblende und Beier-Neely Morphing . . . | 3 |
| 1.1. | Setzen eines Linienpaares | 7 |
| 1.2. | Finale Menge an Linienpaaren | 7 |
| 2.1. | Lineare Interpolation zwischen Ziellinie \overline{PQ} und Quelllinie $\overline{PQ'}$ | 9 |

Tabellenverzeichnis

1. Festlegung der Features

Wie eingangs beschrieben handelt es sich um einen Feature basierten Algorithmus. Das heißt, dass die Merkmale eines Objekt im Bild, welches transformiert werden soll, zunächst erfasst werden müssen. Beier und Neely nutzen dazu eine Liste aus gerichteten Linienpaaren: Einer Linie im Quellbild wird genau eine Linie im Zielbild zugeordnet. Dabei werden die Linienpaare so platziert, sodass sie ein Merkmal in den Bildern beschreiben. Zum Beispiel werden die Haaransätze der beiden Personen in Quell- und Zielbild als Merkmale deklariert: Das Linienpaar wird dementsprechend gesetzt, siehe 1.1.

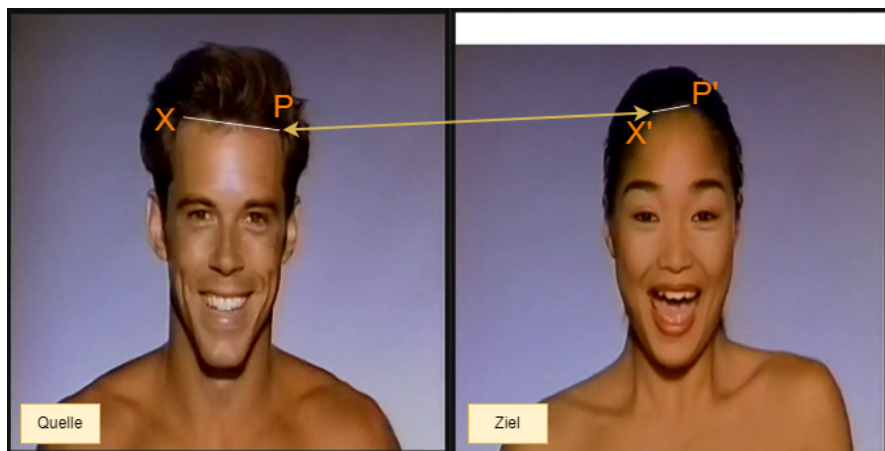


Abbildung 1.1.: Setzen eines Linienpaares

Es ist wichtig zu beachten, dass die Linienpaare gerichtet sind. Die Linien besitzen also sowohl Anfangs- als auch Endpunkt. Abbildung 1.2 zeigt die Linienpaare, welche für das Resultat in 1d verantwortlich waren.

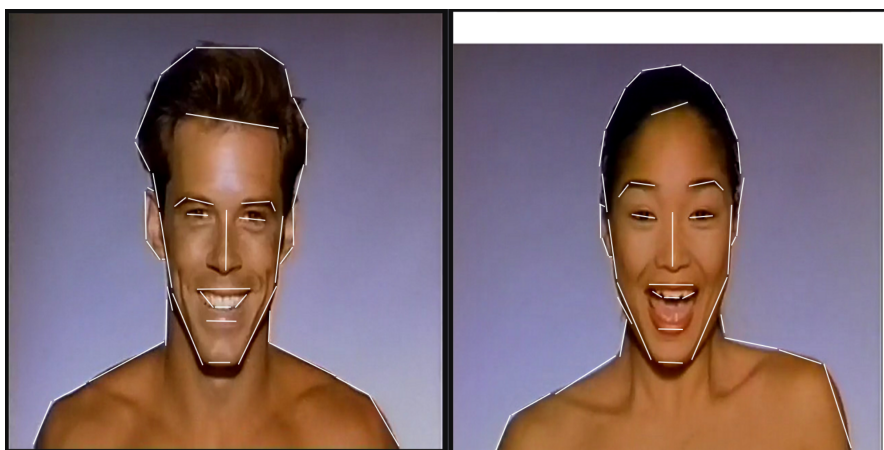


Abbildung 1.2.: Finale Menge an Linienpaaren

2. Warping der Bilder

Sobald die Linienpaare gesetzt wurden, kann der eigentliche Algorithmus gestartet werden. Die Pixel des Quellbildes werden in Richtung der Linienpositionen des Zielbildes verschoben. Und die Pixel des Zielbildes wiederum werden in Richtung der Linienpositionen des Quellbildes verschoben. Dies ist ein iterativer Prozess. Je mehr Iterationen gewählt werden, desto fließender ist die Verzerrung. Für jeden Pixel im Bild wird jede Linie in Betracht gezogen. Alle Linien haben also einen gewissen Einfluss auf das Warping eines Pixels. Die Laufzeitkomplexität des Beier-Neely Algorithmus errechnet sich aus $\mathcal{O}(\text{numPixels} \cdot \text{numLines})$. Der Einfluss einer Linie auf einen Pixel kann mit einem von Beier-Neely entwickelten Gewicht festgelegt werden [1]:

$$\text{weight} = \left(\frac{\text{length}^p}{a + \text{dist}} \right)^b \quad (2.1)$$

a, b, p sind Konstanten, die einmalig gesetzt werden.

- **length**: Länge der Linie
- **dist**: senkrechter Abstand des Pixels zur Linie
- **a**: Bestimmt den Einfluss der senkrechten Distanz auf das Gewicht. Wenn a nahe 0 ist, so werden Pixel, die auf der Linie liegen mit einem Gewicht von nahezu ∞ beeinflusst.
- **b**: Kontrolliert den Fall-Off der Linien. Ist b nahe 0, tragen alle Linien, gleich ihrer senkrechten Distanz zum Pixel, gleichmäÙig zur Verzerrung des jenes Pixels bei. Große Werte (es wird nicht erwähnt, was groß ist), führen zu einem höheren Gewicht, je näher der Pixel sich an der jeweiligen Linie befindet.
- **p**: Regelt, ob sich die Liniengänge auf das Gewicht auswirkt. Bei einem Wert von 0 wird length^p offensichtlich 0 und das Gewicht ist unabhängig zur Liniengänge.

Wie die Parameter festgelegt werden kommt auf die in den Bildern vorhandenen Features an und erfordert in der Regel ein wenig ausprobieren. Beispielsweise haben sich die Werte $a = 0$, $b = 3.1$ und $p = 0$ für das Bildersatz aus Abbildung 1.2 in unseren Tests bewährt.

Die Linien können linear interpoliert werden, wie Abbildung 2.1 zeigt.

Durch diese Art der Interpolation entsteht jedoch bei Rotationen ein Fehler, wie man in 2.1 sehen kann: Die linear interpolierten Linien nehmen fälschlicherweise an Länge ab. In unseren praktischen Tests hat sich dieses Problem als nicht gravierend herausgestellt.

Für unsere Implementierung nutzen wir den von Beier und Neely mitgelieferten Pseudocode. Unsere Implementierung:

```
1 for (uint32_t y = 0; y < destImage.m_Height; y++) {
2     for (uint32_t x = 0; x < destImage.m_Width; x++) {
3         glm::vec2 X = glm::vec2(x, y);
4         glm::vec2 DSUM = glm::vec2(0.0, 0.0);
5         float weightsum = 0;
6         for (uint32_t i = 0; i < destLines.size(); i++) {
7
```

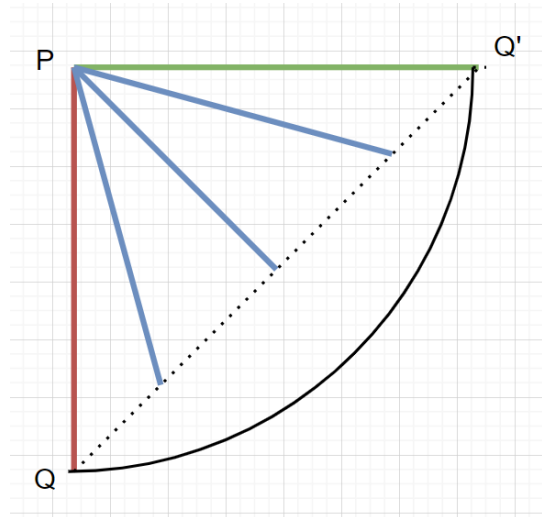



Abbildung 2.1.: Lineare Interpolation zwischen Ziellinie \overline{PQ} und Quelllinie $\overline{PQ'}$

```

8     if (*stop) {
9         break; // received stop event.
10    }
11
12    Line& destLine = destLines[i];
13    Line& srcLine = sourceLines[i];
14    Line interpolatedLine = InterpolateLinesLinear(destLine, srcLine, pct);
15
16    glm::vec2 P = destLine.a.pos;
17    glm::vec2 Q = destLine.b.pos;
18    glm::vec2 srcP = interpolatedLine.a.pos;
19    glm::vec2 srcQ = interpolatedLine.b.pos;
20    glm::vec2 PX = X - P;
21    glm::vec2 PQ = Q - P;
22    float PQlength = glm::length(PQ);
23    float u = glm::dot(PX, PQ) / (PQlength * PQlength);
24    float v = glm::dot(PX, Perpendicular(PQ)) / PQlength;
25    glm::vec2 srcPQ = srcQ - srcP;
26    glm::vec2 srcX = srcP + u * srcPQ + (v * Perpendicular(srcPQ) / glm::
        length(srcPQ));
27    glm::vec2 D = srcX - X;
28    float dist = Distance(u,v, P, Q, X);
29    float weight = glm::pow(glm::pow(PQlength, p) / (a + dist), b);
30    DSUM += D * weight;
31    weightsum += weight;
32    }
33    glm::vec2 srcX = X + DSUM / weightsum;
34    if ((uint32_t)srcX.x > destImage.m_Width - 1) srcX.x = float(destImage.
        m_Width - 1);
35    if ((uint32_t)srcX.y > destImage.m_Height - 1) srcX.y = float(destImage.
        m_Height - 1);
36    if ((uint32_t)srcX.x < 0) srcX.x = 0.0f;
37    if ((uint32_t)srcX.y < 0) srcX.y = 0.0f;
38
39    glm::ivec3 sourcePixel = sourceImage((uint32_t)srcX.x, (uint32_t)srcX.y);
40
41    unsigned char* newPixel = image.m_Data + (image.m_Channels * (y * image.
        m_Width + x));

```

```
42     newPixel[0] = sourcePixel.r;
43     newPixel[1] = sourcePixel.g;
44     newPixel[2] = sourcePixel.b;
45
46 } // ! pixel row
47 } // ! pixel col
```

Listing 2.1: Beier-Neely in C++

...

A. Erstellen einer Visual Studio Solution des Vulkan Rahmenprogramms

A.1. Download und Installation des Vulkan SDKs

A.2. Download und Verwendung von CMake

A.2.1. Aktualisieren des Vulkan SDK

A.3. GeForce-Treiber für RTX Extensions

Literaturverzeichnis

- [1] Thaddeus Beier and Shawn Neely. Feature-based image metamorphosis. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 26(2), 1992.
- [2] Ian Failes. Cartoon brew. <https://www.cartoonbrew.com/vfx/oral-history-morphing-michael-jacksons-black-white-144015.html>. Accessed: 11 02, 2023.