

VISU- Zusammenfassung

July 9, 2018

Contents

1	Aufgaben der Visualisierung	4
2	Datenformate und Gittermodelle	5
2.1	Eigenschaften von Daten und Datensätzen - Was bilden wir ab? .	5
2.2	Interpolation generell - Alles im Zwischenraum visualisieren können	6
2.3	Gitter - den gesamten Raum visualisieren können	7
3	Skalare und Skalarfelder	8
3.1	Definifion Feld und Skalarfeld	8
3.2	Darstellungsformen von 2D-Definitionsmenge	8
3.3	Darstellungsformen von 3D-Definitionsmenge	8
3.4	Color-Maps	8
3.5	Isolinien und Flächen	9
3.6	Isolinien und Flächen im Raum: Marching Cubes	9
3.7	Asymptotic Decider	9
4	Volumenvisualisierung	10
4.1	Welche 3D-Volumen-Daten gibt es zu visualisieren?	10
4.2	Schnittflächen	10
4.3	Durchleuchtung	10
4.4	Levoys Rendering Pipeline	10
4.5	Beleuchtung von Oberflächen	11
4.6	Prä- vs. Post-Klassifikation vs. Preintegrated Volume-Rendering	11
4.7	Sampling-Methoden: Arten der Strahlenverfolgung	11
4.8	Non-photorealistic Rendering / abstraktes Rendering	12
4.9	Parallelität ausnutzbar	12
5	Skalarfeldtopologie	13
5.1	Definition Skalarfeldtopologie	13
5.2	Morsetheorie	13
5.3	Konturbaum	14
6	Vektorfelder	15
6.1	Definition	15
6.2	Informationen eines Vektors über Jacobi-Matrix gewinnen	15
6.3	Kurven im Vektorfeld	15
6.4	Fluss, Quellstärke, Divergenz,	16
7	Merkmalskurven	17
7.1	Die vier Merkmalskurven instationärer VF	17
7.2	Übung Pfadlinien/ Partikel-Trajektion	17
7.3	Terminierung	17
7.4	Anzeigen der Linien	17

8	Texturbasierte Techniken	19
8.1	Schlieren als Motivation	19
8.2	Spot Noise	19
8.3	DDC	19
8.4	LIC	19
9	Vektorfeld-Topologie	20
9.1	Das Ziel	20
9.2	Startmenge, Zielmenge, Becken, Topologie	20
9.3	Seperatritzen, kritische Punkte	20
9.4	Weiteres?	21
10	Merkmalsbestimmung und Wirbelextraktion	22
11	FRAGEN	23

1 Aufgaben der Visualisierung

Begriffsdefinition:

- Es geht darum, ein mentales Bild zu erzeugen.
- Es geht nicht um die Zahlen, es geht um die Erkenntnisse.
- Es geht darum Daten in eine Form zu bringen, die die Informationen der Daten korrekt und effizient repräsentiert.

Arbeitsfluss der Visualisierung

Echtwelt-Zeug – Daten – Visualisierung – Erkenntnis, neues Wissen, Verständnis
einfließen Neu Visualisieren usw. – Kommunikation

Aufgaben der Visualisierung

- Externe Kognition
- Kommunikation
- Darstellung abstrakter Sachverhalte
- Exploration durch beleuchten verschiedener Aspekte
- Relevante Infos schnell erfassen

2 Datenformate und Gittermodelle

2.1 Eigenschaften von Daten und Datensätzen - Was bilden wir ab?

Aufbau Datensatz

- Definitionsmenge
- Topologie
- Funktion $Definitionsmenge \rightarrow Bildmenge$ wobei Bildmenge = Attribute der Daten

5 Kriterien nach denen man Datensätze unterscheidet:

- Dimension des Beobachtungsraumes
- Struktur der Definitionsmenge (strukturiert, unstrukturiert?)
- Struktur der Nachbarschaftsrelation (leer? Scattered Data? strukturiert? unstrukturiert?)
- Dimension der Nachbarschaftsrelation (Dimension der Zellen)
- Wertebereiche der Funktionen (Skalare, Vektoren, Farben, ...)

Typen von Daten:

- Kategorisch (Dateiformate, Farben, Geschlecht)
- geordnet
 - ordinal vs. quantitativ
 - sequentiell vs. divergierend

Typen von Skalar-Werten:

- Nominale Werte
- Ordinale/Diskrete Werte
- Kontinuierliche Werte

Anforderungen ans Visualisierungssystem

- effiziente Daten-Speicherung
- effizienter Datenzugriff
- Abbildbarkeit (?)
- Einfachheit (?)

Begriffsdefinitionen

- Stetigkeit (Kurz in Umgangssprache aufschreiben)
Funktion stetig, wenn Epsilon-Delta Kriterium an jeder Stelle des Definitionsbereiches erfüllt ist
Funktion k-Stetig, wenn Funktion und alle ihre Ableitungen bis k-ter Ordnung stetig
- Geometrische Dimension (=3D Position auf Kugel im Raum)
- Topologische Dimension (=2D-Position auf Kugel-Fläche)

- Kodimension (=Differenz zwischen Topologischer und Geometrischer Dimension)

Speicherung strukturiert vs. unstrukturierte Daten

- Strukturiert
 - inhärente Relation der Daten zueinander
 - Einfach Berechnung von Punktposition
 - Schnelles suchen von Punkten
- Unstrukturiert
 - Keine einfache Möglichkeit die Lage der Punkte zueinander zu berechnen
 - Lage der Punkte ist also explizit gegeben.

Das Problem, dass alles was gemessen wird, diskrete Werte sind

Infos auf Folie?

Wie man zwischen Werten interpoliert.

Shepard Interpolation

→ Inverse Distanzgewichtung.

Modifizierte Shepard Interpolation

→ Mit Radius

Ein Wort zu VTK

2.2 Interpolation generell - Alles im Zwischenraum visualisieren können

Zwischen welchen Werten man interpoliert.

Auf der Linie

Im linearen Dreieck

Dreieck mit Baryzentrischen Koordinaten

Im linearen Tetraeder

- mit Baryzentrischen Koordinaten
- mit linearem Ansatz

Im bilinearen Rechteck

- Entlang der Kanten linear
- Innerhalb des Rechtecks Bi-Linear

Im linearen Quader

Im linearen Prisma

Neares Neighbour in Voroni-Diagrammen für Scattered Data

→ Entspricht Shepard Interpolation mit Gewichtungsfaktor für Distanz p gegen Unendlich.

2.3 Gitter - den gesamten Raum visualisieren können

Was ist ein Gitter?

- Bisher Set an Interpolations-Möglichkeiten
- Jetzt ganzen Raum mit Gitter auskleiden - befähigt uns jeden Punkt im Raum abzubilden.

Welche Gitter gibt es?

- Strukturiert:
 - Regelmäßig (Alle Zellen gleich)
 - rechtwinklig (hier stehen die Koordinatenachsen senkrecht aufeinander, jedoch sind die Punktabstände entlang der Koordinatenachsen unterschiedlich.)
- Unstrukturiert

Wie speichert man die Dinger?

Feste X und Y Delta

Suchstrukturen nennen können:

- Für 2D: Quad-Trees
Ich lege ein gitter drüber, teile das Bild in 4 Teile. So lange bis ich das auf Pixel-Größe habe: LO, RO, LU RU
- Für 3D: Oct-Trees
- BSP = binary space partitioning Tree
In 2 Teile partitionieren, immer da wo Mitte ist. Hier nicht zwingen Wechsel zwischen entlang x-und y-Achse teilen.
- kD-Baum
Gleich BSP, hier aber zwingen Wechsel zwischen entlang x-und y-Achse teilen.
- State of the art: Cell Trees
Speichert die Zellen ab, Für Intervallsuche in Zellen.

3 Skalare und Skalarfelder

3.1 Definition Feld und Skalarfeld

Feld in Physik = räumliche Verteilung einer physikalische Größe

Skalarfeld = Eine Funktion, die einen D-dimensionalen Definitionsbereich hernimmt und jedem Punkt des Definitionsbereiches einen skalaren Wert zuordnet.

3.2 Darstellungsformen von 2D-Definitionsmenge

- Einfärbung
- Höhenfelder
- Isolinien

3.3 Darstellungsformen von 3D-Definitionsmenge

- Schnittflächen mit Einfärbung: Volumen mit einer Ebene schneiden, dann Punkten Farbwert zuordnen.
- Jedem Skalar im Volumen optische Eigenschaft zuweisen und auf Projektionsfläche abbilden (Absorptions-, Emissions-Modell, ect.)
- Isoflächen (Zeige alle Punkte mit Isowert a an)

3.4 Color-Maps

Abbildung Skalar als Farbe. Also Abbildungsfunktion $Skalar \rightarrow Einheitsintervall$ und $Einheitsintervall \rightarrow Farbskala$ notwendig.

Farbabbildung oft diskretisiert angegeben. zB. als Tabelle mit 256 Einträgen

Bei Auswahl der Farben zu beachten:

- Konventionen: Bsp. Wetterkarte: Kalte und Warme Farben trennen (Blau/Rot)
- Reihenfolge der Farben muss für den Menschen Sinn ergeben
- Rot/Grün-Schwäche: 7% der Männer, 2% der Frauen
- Kulturelle Aspekte: Weiß in anderen Kulturen Farbe der Trauer, schlecht geeignet für "denen geht's gut"
- diskrete Übergänge kann man auch Nutzen um Grenzüberschreitungen deutlicher zu machen: Übergänge explizit hervorheben: okay, hier wird es kälter
- Regenbogen-Skala: Wer hat mal eben die Farbreihenfolge des Regenbogens im Kopf?
- Balken-Effekt: Nehmen bspw. in einer Regenbogenskala den gelben balken kleiner wahr als den grünen. Das kann man re-skalisieren, man kann sich dabei aber auch schön verspielen.
- Farbton zur Darstellung von Größen ungeeignet
- Luminanz (bei schnell variierenden Daten) und Sättigung (für Ausdehnung) dafür gut geeignet

3.5 Isolinien und Flächen

- Was sind das?
- Interpolation von Isowert in Dreiecks-Flächen (Wo schneidet ein Dreieck die 0-Höhenlinie?)
- Interpolation von Isowert in Vierecks-Flächen
- Interpolation von Isowert in Polygone -> In Drei-oder Vierecke zerlegen, dann weiter

3.6 Isolinien und Flächen im Raum: Marching Cubes

- Prinzip
- Bug im Verfahren (Bei Verbindung über mehrere Zellen)
- Korrekte Triangulierung
- Konsistente Triangulierung - Über Festlegung: Bei Sattelpunkt: Liegt immer nach Links - ist Konsistenz sichergestellt.

3.7 Asymptotic Decider

- Wie bei MC bilineare Interpolation (an den Flächen der Würfel entlang)
- Fallunterscheidung: Wert von Interpoliertem Kanten-Schnittpunkt vergleichen mit Sattelpunkt-Wert.
- Über rechnerisches Ermitteln von Position Sattelpunkt herstellen von Konsistenz - Probleme: Korrektheit der Triangulierung -> Analog zu Marching Cubes, allerdings ist schon Konsistenz sichergestellt - Korrektheit bleibt offen.

4 Volumenvisualisierung

Aus Kap 2:

- Schnittflächen mit Einfärbung: Volumen mit einer Ebene schneiden, dann Punkten Farbwert zuordnen.
- Jedem Skalar im Volumen optische Eigenschaft zuweisen und auf Projektionsfläche abbilden (Absorptions-, Emissions-Modell, ect.)
- Isoflächen (Zeige alle Punkte mit Isowert a an)

4.1 Welche 3D-Volumen-Daten gibt es zu visualisieren?

- CT: Schichten durchleuchten und rückrechnen
- 3D-Ultraschall
- MRT: Bild besteht aus mehreren Schichten

4.2 Schnittflächen

- Ebene = Position und Normalenvektor
- MC-Verfahren

Alternativ: - Schnitt entlang einer gekrümmten Ebene (z.B. Vene verfolgen) = Curved Planar Reformation, CPR

Dabei Generell:

- Thresholding einsetzbar
- Regionenwachstum mit Saatpunkt

4.3 Durchleuchtung

Absorptionsmodell:

Gleicht künstlicher Berechnung von Röntgenbild aus CT-Daten

- Dabei maßgebend Hounsfield-Skala = Dichte bezüglich Röntgenstrahlung

Emissionsmodell

- MRT?

Kombination beider Modelle

4.4 Levoy's Rendering Pipeline

- Datensatz (z.B. CT Daten) werden aufbereitet (Korrektur Bewegung Patient, Kontrast)
- Ermittlung des Gradienten ("Normale/Vektor des Voxels in Richtung der gr. Änderung ??") Dient zu Ermittlung Farbtintensität /Beleuchtungsverhalten (Flächenausrichtung), Zeigt Übergänge auf

- Klassifizierung
 - Farbintensität aus Gradient \rightarrow festlegen Transferfunktion (bestimmt Farbe von bestimmten Skalarwerten)
 - Lichtundurchlässigkeit (implizit in den Skalarwerten des Datensatzes)
- RayCasting \rightarrow Strahl von Bild in Datensatz werfen \rightarrow Abtastpunkte nehmen \rightarrow Interpolieren \rightarrow Samples als geordnetes Array mit Farb bzw Lichtdurchlässigkeitswert (Opacity und Farbe unabhängig voneinander)
- ALTERNATIV: PreIntegrated Volume Rendering \rightarrow Integrale werden mgl. exakt berechnet
- Compositing \rightarrow Addiert Samplewerte auf (Approximation der Integrale) \rightarrow Farbwert Pixel

Darstellung des resultierenden Skalarfeldes

4.5 Beleuchtung von Oberflächen

Notwendig, um 3D sichtbar zu machen.

Mensch schlechte Tiefenwahrnehmung, auf Wahrnehmen von Oberflächen trainiert
 \rightarrow deswegen Einsatz von Beleuchtungsmodell in Transferfunktion

4.6 Prä- vs. Post-Klassifikation vs. Preintegrated Volume-Rendering

PräKlassifizierung: Erst Eckpunkten Farbe zuweise, dann zwischen Farbwerten interpolieren. (Hier Gefahr des Color bleedings)

Postklassifizierung: Erst zwischen Eckpunkten interpolieren, dann in Farbwert übersetzen.

Preintegrated Coloring = Sich der vollständigen Berechnung des Integrals zwischen zwei Abtastpunkten annähern durch Vorberechnung von interpolierten Werten in 256x256-Tabelle zum Beispiel. Also nahezu Berücksichtigung aller (interpolierten) Zwischenwerte (kein Color bleeding)

4.7 Sampling-Methoden: Arten der Strahlenverfolgung

- Bei Strahlenverfolgung entlang der Achsen: Levoy: Farbwert von Voxel am Ende des Voxels = Farbwert zu Beginn des Voxels + Farbe des Voxels + Opazität des Voxels
- Nicht Entlang der Achsen: Interpolation notwendig
- Generell paar Parameter:
 - Abtastrate (Größe des Gitters)
 - Richtlinie
 - Theorem aus Signalverarbeitung
- Sampling entlang Objekt (Transformation der Strahlen) oder Sampling einfach grade durch

- Bessere Daten durch Vorverarbeitung
- Abtastung mit Zufallswerten - Verschieben der regulären Abtastpunkte zufällig.

4.8 Non-photorealistic Rendering / abstraktes Rendering

= Methoden nach dem Motto "Wir machen was anderes als die Physik"

Entspricht nicht Levoy-Ansatz. Begriff = Stilisierte künstlerisch abstraktes rendering. Für Darstellung des wesentlichen mit zeichnerischer Technik.

Silhouette Rendering

Kanten des Objektes besonders hervor bei Knicken oder Materialgrenzen.

Tone Shading

Schattierung mit einer Farbe: Von nem runden Objekt werden die Vorder- und Rückseite damit klar. Damit kann man 3D geut wahrnehmen. Durch Wahrnehmungstheorie: Warmer ton vorne, kalter Farbton im Schatten.

Cartoon Shading

Farbverläufe in Bereiche gleicher Farben unterteilen - Diskretisieren.

4.9 Parallelität ausnutzbar

Parallelität ausnutzbar weil SIMD.

Aufteilung der Daten via kd-Baum (k-Dimensionaler Baum) - halbieren, halbieren ... Baumstruktur. Werte an Rändern dann dublizieren (damit in beiden Teilbäumen mit den Daten gerechnet werden kann) und beim zusammenführen nur 1x werten.

5 Skalarfeldtopologie

5.1 Definition Skalarfeldtopologie

- Topologie = betrachtet Eigenschaften mathematischer Strukturen, die sich unter stetiger Verformung nicht ändern.
- Skalarfeldtopologie = betrachtet Eigenschaften der Skalare (Beziehungen zueinander) die sich unter stetiger Verformung des Topologischen Raumes (Punkte der Definitionsmenge) nicht ändern.
- = Rubber-Band Geometry
- Stetige bijektive Verformung = Homöomorphismus

- Simplex = Einfache wie Punkt, Linie, Dreieck
- Simplicialkomplex = Komplexe Struktur aufgebaut aus Simplexen
- Triangulierung von einem topologischen Raum X ist ein Simplicialkomplex k zusammen mit einem Homöomorphismus k nach x (wir müssen sagen: Wo gehören die Dreiecke hin? Homöomorphismus lässt uns die triangulierten Werte in den zugrundeliegenden echten Raum transformieren.) Gibt es eine Kombination aus Simplicialkomplex und Homöomorphismus, womit man x abbilden kann, heißt x triangulierbar.

5.2 Morsetheorie

- Wir haben keine Mannigfaltigkeit (Bspw. Erd-Kugel) darauf haben wir keine differenzierbare Funktion (die Bspw. Höhenfeld darstellt.).
- Mithilfe der Morse-Theorie können wir diese Funktion analytisch untersuchen.

Kritische Punkte und kritische Werte:

- Wenn totale Ableitung gleich 0
- Partielle Ableitung entsprechend auch
- Kugel rollt nicht weg
- Hoch
- Tief
- Sattel

In Hesse-Matrix stehen alle Kombinationen aller partiellen Ableitungen bis 2. Grades drin. Für alle kritischen Punkte Hesse-Matrix aufstellen. Darüber Erkenntnis gewinnen, wie es um die Punkte drum rum aussieht (Wo geht's wie stark hoch und runter?) Daraus können wir die Umgebung aufbauen.

Anwendung auf realistische BSP: Glatte Fläche würde überall kritische Punkte liefern, deswegen Dreieck leicht ankippen (kleines Epsilon an Ecken addieren.)

5.3 Konturbaum

- Lokales MIN
- Lokales MAX
- Verbindungs und Trennpunkt
- Äquivalente Isokonturen = Zwei Linien untereinander (auf verschiedener Höhe) zwischen denen kein MIN, MAX, Trenn/VerbindPunkt liegen.
- Konturbaum Superecke und Superkante.
- Aus Split und Join-Tree
- Höhengraph (mit Werten)
- Teilgrph

6 Vektorfelder

6.1 Definition

Jedem Vektor des Definitionsbereiches/der Domain ist ein Vektor zugeordnet.

- Zeitunabhängig = Stationär
- Zeitabhängig

6.2 Informationen eines Vektors über Jacobi-Matrix gewinnen

Leitet man ein Vektorfeld ab (totales Differential) erhält man die Jacobi-Matrix. Diese beschreibt also die Änderung des Vektors in alle Richtungen.

6.3 Kurven im Vektorfeld

Kurve = Position, die sich über die Zeit ändert.

Im Diagramm hätte man beispielsweise ne Kurve in einem 2D-Koordinatensystem. Die Kurve hat nen Start- und nen Zielpunkt. Die Kurve verbindet auf c1-stetige weise diese Punkte. Das ist die Theorie.

In der Praxis fährt zB. ein Auto auf einer 2D-Landschaft. Dann besteht die Kurve aus diskreten, zeitabhängigen Positionspunkten. Dort wo man schneller gefahren ist gibt es weniger Abtastpunkte (liegen die Punkte weiter auseinander).

→ Kurvenintegral 1. Art

Dabei ist F ein Skalarfeld. Setzt man das auf 1 liefert das Kurvenintegral 1. Art die Weglänge. Dabei liefert die Ableitung der Kurve nach der Zeit die Richtung der Änderung in einem Punkt, wobei die Länge des Vektors der Geschwindigkeit entspricht.

→ Kurvenintegral 2. Art

Wir haben hier ein Vektorfeld v . Das Vektorfeld kann man sich als Krafteinwirkung vorstellen, die auf das Teilchen, das die Kurve malt, Kraft auswirkt (An dem Teil Arbeit verrichtet). Kurvenintegral 2. Art summiert jetzt die verrichtete Arbeit.

Bildet man das Ringintegral (Integral für geschlossene Kurve, dann nennt man den Wert Zirkulation) in einem Vektorfeld, in zB. dem alle Vektoren parallel zur X-achse liegen und nach Rechts zeigen, ist der Wert des Integrals 0.

Mit dem Fahrrad im Kreis fahren wenn Wind stets von Osten kommt, dann ist in die eine Richtung zu treten, in die andere nicht. Wenn der Wind orthogonal zum Fahrrad steht hat das keine Vektorfeld keine Einwirkung.

Tornado vs. Windkanal.

Wenn wir bei nem Ringintegral nicht den Wert 0 erhalten (Die Zirkulation ungleich 0 ist), dann liegt ein Wirbel vor.

Wir können von nem Ringintegral Teilbereiche Berechnen (Abkürzungen beim im Kreis fahren nehmen). In Summe ergibt das wieder den vollen Kreis.

Wenn wir nen Ring nehmen und darüber die Zirkulation berechnen, dann den Ring immer kleiner machen, dann erhalten wir die Berechnung des Rotationswertes für einen Punkt. Rotation also Zirkulation auf einem Punkt zusammengeballt. Kann man über die Ableitung des Feldes bestimmen.

Für ein Objekt im 2D-Raum können wir über unendlich vielen Vierecken das Objekt abbilden. Darüber erhalten wir dann das Ringintegral und damit die Zirkulation von dem Objekt.

Über den Satz von Stokes erhalten wir damit auch die Rotation (im Inneren) des Objektes. (Über das Verhalten am Rand, bekommen wir die Info über das Verhalten im Inneren des Objektes).

6.4 Fluss, Quellstärke, Divergenz, ...

Fluss eines Vektorfeldes gibt die Stärke des Durchflusses durch eine in das Vektorfeld hineingelegte Hyperebene an.

Quellstärke für ein definiertes Volumen in einem Vektorfeld: Ist also die Anzahl an Teilen, die mehr rausgehen als reingehen.

Divergenz = Quellstärke eines infinitesimalen Quaders.

Durch Satz von Gauß kann man Volumenintegrale durch Flächenintegrale ersetzen.

Divergenzfrei (Divergenz = für infinitesimale Einheiten) = Quellenfrei (Begriff für Volumen)

Rotationsfrei (Für Punkte) = Wirbelfrei (Für Felder)

7 Merkmalskurven

7.1 Die vier Merkmalskurven instationärer VF

In Instationären Vektorfeldern gibt es vier Arten von Merkmalskurven:

- **Stromlinien** - Momentaufnahme meines instationären Vektorfeldes.
- **Pfadlinien** - Trajektorie eines masselosen Partikels: Ich lasse ein Teil irgendwo im Raum los und überlasse es dem Vektorfeld, der Weg der vom Teilchen genommen wird ist die Pfadlinie.
Berechnung über
 - Eulerverfahren - Einschrittverfahren
 - Modifiziertes Eulerverfahren (1/2 schritt in die Richtung, dann Vektorfeld an der Position abtasten und daraus nächste Richtung bestimmen)
 - Runge-Kutta Verfahren der vierten Ordnung
- **Streichlinien** -
wir verfolgen eine Position und werfen dort über die Zeit mehrere Partikel rein.
Hat sich das Feld geändert, nehmen die Teilchen verschiedene Pfade. (Das ist nicht die Pfadlinie.)
Bsp: Schornstein. Rauch-Wolken-Teil ganz oben ist mit Sicherheit nicht die Linie gegangen, die die gebogene Rauchsäule unten drunter bildet.
- **Zeitlinien** - Verfolgung einer zusammenhängenden Linie an Tracern über die Zeit.

7.2 Übung Pfadlinien/ Partikel-Trajektion

- Euler, mod Euler, RK4 üben.

7.3 Terminierung

Wann hören wir auf, Linien zu zeichnen?

7.4 Anzeigen der Linien

Streamtubes

- Röhrendicke und Farbe verwenden, um Attribute abzubilden.
- Druck
- Geschwindigkeit (hätten wir bei einzelnen Linien nicht) (dünner wenn schneller)
→ darf aber nicht zu dünn werden, wenn es dann nicht mehr da ist die Linie)
- Zeit

Streamribbons

- Drehung des Partikels um sich selbst lässt sich durch Drehung eines solchen Bandes darstellen
- mehrere Bänder können auch einen gemeinsamen Wirbel ergeben
- Größen und Farbkodierung analog zu Röhren

Stromlinien-Platzierung

- Man braucht ein paar Stromlinien, um den Datensatz zu verstehen. Aber: keine Überschneidungen, keine Häufungen

Es gibt Bereiche, in denen Stromlinien zusammenlaufen. Da will man nicht alle Stromlinien zeichnen.

Erste Möglichkeit das anzugehen: Das ist heftig: Räumliche Suchstruktur bauen, um zu checken, ob sich Linien zu nahe kommen um ggf. Zeichnen von Linien abubrechen.

Noch ein Ansatz: Starten auf schwarzer Fläche. Stromlinie einzeichnen. Dann verwischen. Bspw. mit Gauß Glockenkurve. Dann nächste Linie zeichnen, dort wo es noch ziemlich dunkel ist. Dann immer weiter, bis ein ziemlich graues Bild entsteht.

- Bild mit Schwarzen/weißen Flächen nicht so gut.
- Wie gut ne Linie war würde sich zeigen, ob sich die Varianz des gesamten Bildes verbessert hat. Meiste Verfahren sind Brute-Force-Verfahren: haufenweise Linien berechnen und prüfen, ob es besser wird.

8 Texturbasierte Techniken

8.1 Schlieren als Motivation

Idee: Strömung sichtbar machen.

Messtechnik für 2D oder 3D-Strömungen = Schlierenbilder.

Oberfläche des Objektes mit Ölfilm benetzen, dann bilden sich nach Strömung Streifen auf dem Ölfilm.

Oder Dichte von Teilchen im Windkanal betrachten.

Aufbau Spiegelvorrichtung für Messen von Schlieren = Strioscopic TODO

8.2 Spot Noise

Methode Strömungsdaten darzustellen.

Spot = Farbklecks.

Man wählt zufällig Positionen in der Textur und zeichnet einen Spot an dieser Stelle, der so geformt ist, dass er die Richtung des Vektorfeldes wiedergibt. In Kombination mit Farabbildungen z.B. des Drucks ergeben sich dann Bilder, die Linienmuster entlang von Stromlinien bilden.

In 3D auch möglich, da allerdings Verdeckungsproblem, daher Verteilung von Spots von anderen Parametern abhängig gemacht.

8.3 DDC

Discrete Differential Analyzer-Faltungsverfahren:

Hier wird eine Linie in Richtung des Vektorfeldes gerastert und über diese gemittelt.

Problem: bei starker Krümmung einer Linie verwischte Darstellung.

8.4 LIC

Zum Überwinden des Problems in DDC LIC verwenden.

= Line Integral Convolution oder LinienIntegral-Faltung.

= Auto in Windkanal stellen, Ölfilm drauf, Windkanal an, Windkanal aus, Ölfilm auf Oberfläche anschauen. Wenn du das als Algorithmus umsetzt, hast du.

LIC

Fast LIC

LIC auf Volumen

9 Vektorfeld-Topologie

9.1 Das Ziel

Untersucht die Frage nach Gesamtbild des Flusses. Also Anfang und Ende von Stromlinien ansehen. Dadurch Bereiche ähnlichen Stromlinienverhaltens identifizieren. Das ist das Ziel.

9.2 Startmenge, Zielmenge, Becken, Topologie

Startmenge

Für jeden Punkt des Beobachtungsraumes Stromlinie zurückverfolgen. Die Punkte, deren Stromlinienposition am nächsten an minus unendlich dran sind, bilden die Startmenge.

Warum so kompliziert? - Wegen Kreis-Problem.

Zielmenge

= Startmenge Rückwärts.

Becken

Becken eines Punktes = Alle Punkte des Definitionsbereiches, die auf den Linien liegen, die vom gegebenen Punkt ausgehen.

Man kann auch ein Becken für mehrere Punkte definieren.

Vektorfeldtopologie

Topologie wird definiert als Zerlegung von Beobachtungsraum B in Komponenten. Diese Komponenten ergeben sich aus den Schnitten von Alpha- und Omega-Becken.

Eine Komponente besteht aus den Stromlinien, die die gleich Start- und Zielmenge haben.

9.3 Separatritzen, kritische Punkte

Kritische Punkte

Kritische Punkte = Nullstellen des Vektorfeldes. Start- und Zielmenge besteht aus dem Punkt selbst. Das ist eine sog. Singularität.

Kritische Punkte kann man durch Nachbarschafts-Betrachtung klassifizieren.

Separatritzen

- Was einen interessiert sind die Teile, die bestimmte Bereiche abtrennen.

- Das sind immer Linien die ein Besonderes Verhalten haben. Nämlich die kritische Punkte verbinden. Solche Linien sind die sog. Separatritzen.

Quellen, Senken, Sattelpunkte

Vergleich zu Skalarfeldern

9.4 Weiteres?

10 Merkmalsbestimmung und Wirbelextraktion

Merkmale (engl. Features) = Teilmenge des Beobachtungsraumes, in der alle Punkte eine Bedingung erfüllen.

Anhand von maximaler Dimension der betrachteten Mannigfaltigkeit unterscheidet man Punkt-, Kurven-, Flächen-, und Regionenmerkmale.

Was ist ein Wirbel?

Spiralförmige Bewegung der Teilchen um ein Zentrum

Kann Trichterförmige Struktur haben, in der Teilchen nach unten weggehen

Bei Badewanne verlassen die Teilchen am unteren Ende der Achse des Trichters den Raum

Man muss hierbei beachten: Sinus-Welle:

Markieren von Punkt an einem Rad an nem Fahrrad -> Punkt geht im Prinzip über die Strecke gesehen nur hoch

und Runter (Sinus-Welle) Aber wenn man Achse des Rades betrachtet geht das Ding im Kreis

Kann man wieder auf der Oberfläche betrachten und dann im Volumen

- Wenn sich was auf der Oberfläche dreht liegt es nahe, dass auch Wirbel im Volumen bestehen
- Kann aber auch einfach nur im Raum liegen ohne Oberfläche
- Element im Zentrum kann sich drehen, muss aber nicht

Hängen bleiben sollte:

- Versch. mathematische Modelle zum Beschreiben der Wirbel
- Ideen hinter den Algorithmen zum finden
- Was ist ein Merkmal, was ist interessant, verfolgen über Zeit
- Verschiedene Ideen dazu das anzuzeigen

11 FRAGEN

- Bug im Verfahren zu MC (Bei Verbindung über mehrere Zellen) – was ist der Fehler, wie kann man ihn beheben?
- Korrekte Triangulierung = Fehlerbehebung unabh. von Echtwelt?
- Konsistente Triangulierung = Echtwelt?
- Regionenwachstum mit Saatpunkt in Schnittvisualisierung - BSP?
- Was versteht man unter Resampling?
- Texturbasiertes Rendering?
- Bsp. für Kurvenintegral 2. Art
- Skalarpotential?