

Programm zum Projekt „Memory of space“:

Das Programm kann in folgende Bereiche unterteilt werden:

1. Aufnahme der Daten vom Trackingsystem oder aus einer Datei
2. Verarbeitung der aufgenommenen Daten
 - 2.1 zum einen Teil mit Hilfe von teilweise angepassten Methoden aus dem Bereich der Bildverarbeitung
 - 2.2 zum anderen Teil mit Hilfe einer SOM (aus dem Bereich neuronale Netze)
3. weitere Verarbeitung der aus der Bildverarbeitung gewonnenen Daten zur Erstellung eines Wegesystems
4. Darstellung der verarbeiteten Daten

Es folgt nun eine genauere Beschreibung der Bereiche 1 - 4:

Zu 1. Aufnahme der Trackingdaten

Hierbei werden die x- und y-Positionen der Personen und die Information, ob eine Person aus dem Bildbereich herausgetreten ist, in einem Array abgespeichert.

Zu 2.1 Verarbeitung der Daten mit Hilfe von Bildverarbeitungsmethoden

- In einem Bildarray wird an der Stelle der x,y-Position der gerade betrachteten Person eine Gaussglocke (max. Wert 1) addiert (das Bild bei Programmstart derart initialisiert, daß alle Werte am Anfang auf 0 stehen). Sollten die letzte Position der Person und die gerade aktuelle Position zu weit voneinander entfernt sein, werden zwischen beiden Positionen noch weitere Gaussglocken auf das Bild addiert.
- In einem weiteren Bildarray wird an der Stelle der x,y-Position der gerade betrachteten Person eine Gaussglocke addiert, deren Wert (max. Wert 1) mit $\exp(-\text{Geschwindigkeit der Person})$ multipliziert werden, wodurch ein Bild der langsam laufenden Personen entsteht.
- Das Bild mit den x,y-Positionen wird dann mit Hilfe eines Schwellwertes in ein binäres Bild umgewandelt. Hierdurch ergeben sich schon Regionen, in denen sich viele Personen aufgehalten haben.
- Aus dem binären Bild werden die Randpunkte extrahiert.
- Es wird ein Distanzbild erstellt, in dem die Distanzen jedes einzelnen Regionenspunktes mit dem nächsten Randpunkt abgespeichert werden.
- Dann wird ein Gradientenbild (Bild der Änderungen) des Distanzbildes erstellt.
- Es folgt eine Kombination aus non-minimum-suppression und einem Hystereseschwellwertverfahren. Die non-minimum-suppression findet mögliche Wegpunkte im Distanzbild (Punkte mit höchster Distanz zum Rand). Das Hystereseschwellwertverfahren verwirft dann wiederum uninteressante Punkte mit Hilfe eines Schwellwertes. Es entsteht sozusagen ein „Wegebild“.

Der letzte Punkt dient schon als Vorverarbeitung für die Findung von Wegen.

Zu 2.2 Verarbeitung der Daten mit Hilfe einer SOM

Es wird eine SOM (self-organizing-map), auch Kohonenkarte genannt, verwendet. Die SOM wird auf das Koordinatensystem des aufzunehmenden Bildes initialisiert. Eine durch das Bild laufende Person verzerrt dann die SOM genau an der x,y-Position der Person. Der Grad der Verzerrung wird wieder durch $\exp(-\text{Geschwindigkeit der Person})$ bestimmt, wodurch gerade langsam laufende oder stehende Personen die SOM stark verzerren.

Zu 3. Erstellung eines Wegesystems

Das Wegebild aus 2.1 wird zur Erstellung des Wegesystems verwendet. Zuerst wird aus dem Punktebild ein Array von möglichen Wegeteilstücken errechnet. Dadurch werden einfach Punkte aus dem Wegebild verbunden. Zu kurze Teilstücke werden am Ende verworfen. Ein Algorithmus zum Aufbrechen von Geraden approximiert dann Geradenstücke mit Hilfe der möglichen Wegeteilstücke. Dadurch entstehen die tatsächlichen Wegeteilstücke. Zusammengehörende Wegeteilstücke werden in jeweils einem Array zusammengefaßt. Da Wege unter Umständen nicht verbunden sind, obwohl sie dies eigentlich sein sollten, wird noch untersucht, ob Wege noch nachträglich verbunden werden müssen. In einem letzten Schritt werden diese dann verbunden.

Zu 4. Darstellung der verarbeiteten Daten

Es werden gleichzeitig das Gradientenbild aus 2.1, die SOM aus 2.2, das gefundene Wegesystem aus 3. und die gerade aktuellen Positionen der Personen dargestellt. Hierbei sei noch zu erwähnen, daß das Gradientenbild mit einem Schmierfilter geglättet wird und daß die aktuelle Position der Person mit den auf die SOM gemappten Koordinaten durch eine entsprechende Visualisierung in Verbindung gebracht wird.

Analyse der Gehspuren von Personen im Raum

Ausgangsvideo

Für die Verarbeitungen von Spuren von Menschen im Raum stellten wir unter Verwendung einer Trackingsoftware Datensammlungen von ca. 30 Minuten her. Innerhalb dieser Zeit wurden die Positionen von jeweils 8 Personen (Performance-Grenze der Trackingsoftware), die sich im Videobild (rechts) aufhielten, in ein 200x200 Pixel großes Bild geschrieben. Ergebnis ist ein Bild unterschiedlicher Dichte (Bild 1). Um Aussagen über die individuellen Wege der Personen machen zu können, wurden die erhaltenen, aufeinander folgenden Koordinaten jeweils miteinander verbunden, so daß für eine Person ihre Spur ins Bild geschrieben wird (Bild 2).



Bild 1



Bild 2



Visualisierung der Bewegungseigenschaften

1. Gehrichtungen

Vor allen weiteren Interpretationen (Algorithmen zur Datenexploration) fertigten wir weitere Analysen an des Ausgangsmaterials, um zu sehen, welche Parameter Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen anbieten.

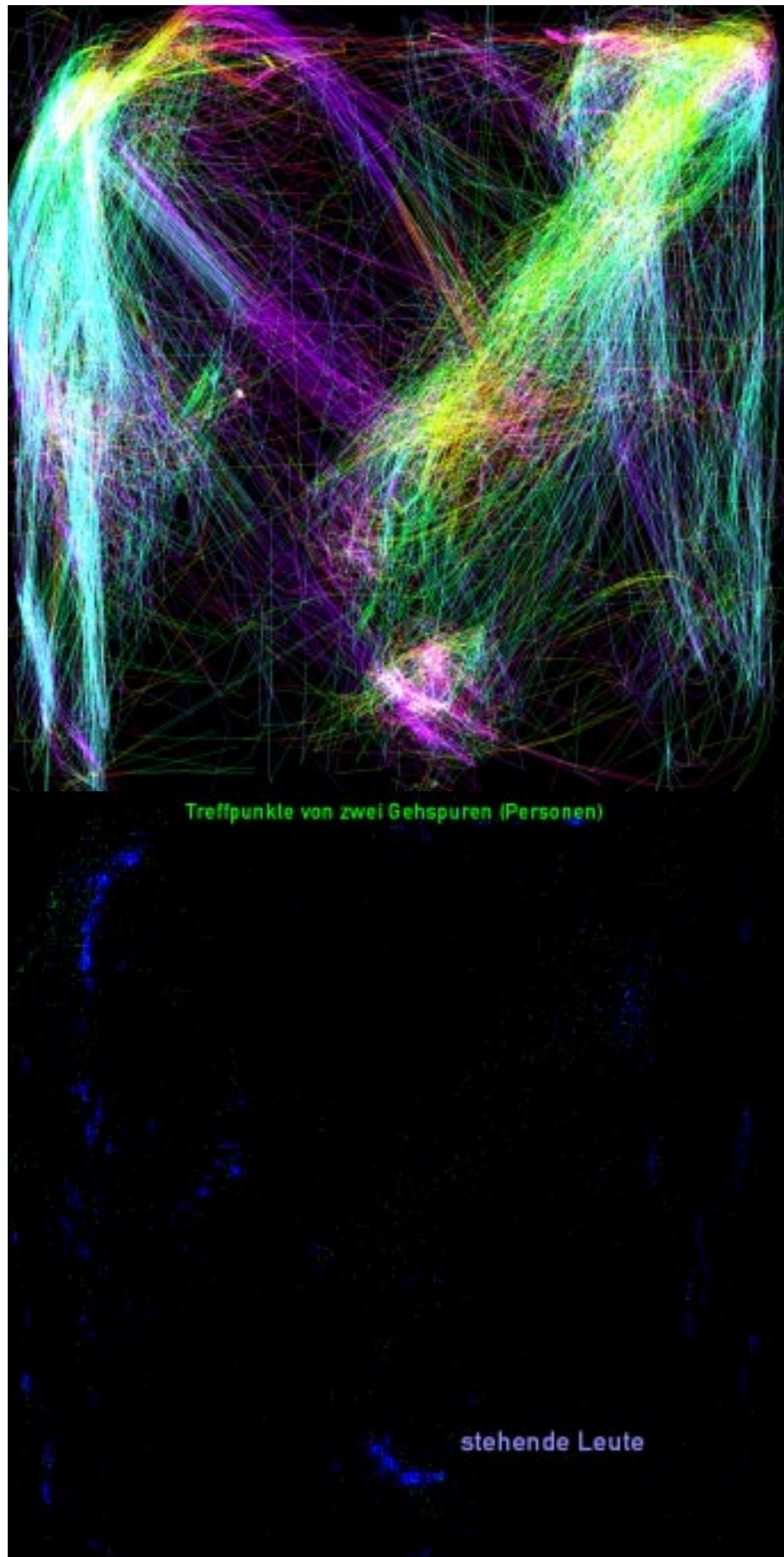
Die Dimensionen des Materials bestehen in der isolierten, verfolgten Person, Zeit, dem Raum und den Richtungen. Aus ihnen werden abgeleitet Gehgeschwindigkeit, Gehrichtung, Treffpunkte (Kreuzungspunkte von Gehrichtungen), Standbereiche, Durchgangsbereiche etc.

Zunächst untersuchten wir die unterschiedlichen Gehrichtungen. Die einzelnen Spuren wurden eingefärbt entsprechend ihrer Richtung, wobei $d360^\circ$ auf den Farbkreis abgebildet werden. Da Komplementärfarben sich aufheben, wird eine Spur weiß, wenn ein Weg in beide Richtungen gegangen wurde oder eine gleichverteilung der Gehwinkel an einer Fläche vorliegt. Ein typischer Treffpunkt ist also aller Wahrscheinlichkeit nach weiß.

In dem ersten, ausgewerteten Bild sind die Stehbereiche und die Treffpunkte farblich voneinander abgehoben.

Es ergab sich eindeutig, daß die Stehbereiche vorzugsweise am Rande des Raumes lagen und die Mitte stets gemieden wurde. Die

Treffpunkte sind eindeutig häufiger in der Mitte des Raumes zu finden, aber ebenso dort, wo die gesamte Aufenthaltswahrscheinlichkeit am größten ist.



2. Treffpunkte

Nun galt es, die Bereiche des Sicht-Treffens, die Bereiche der Wegkreuzungen, des vorwiegenden Aufenthalts und des vorrangigen Durchgangs herauszufiltern. Deswegen zogen wir ein anderes Ausgangsvideo heran, bei welchem ein größerer platz beobachtete wurde, der besonders an einer Stelle immer wieder Personenkonzentrationen aufzeigte /Hier weiß bzw. grün markiert).

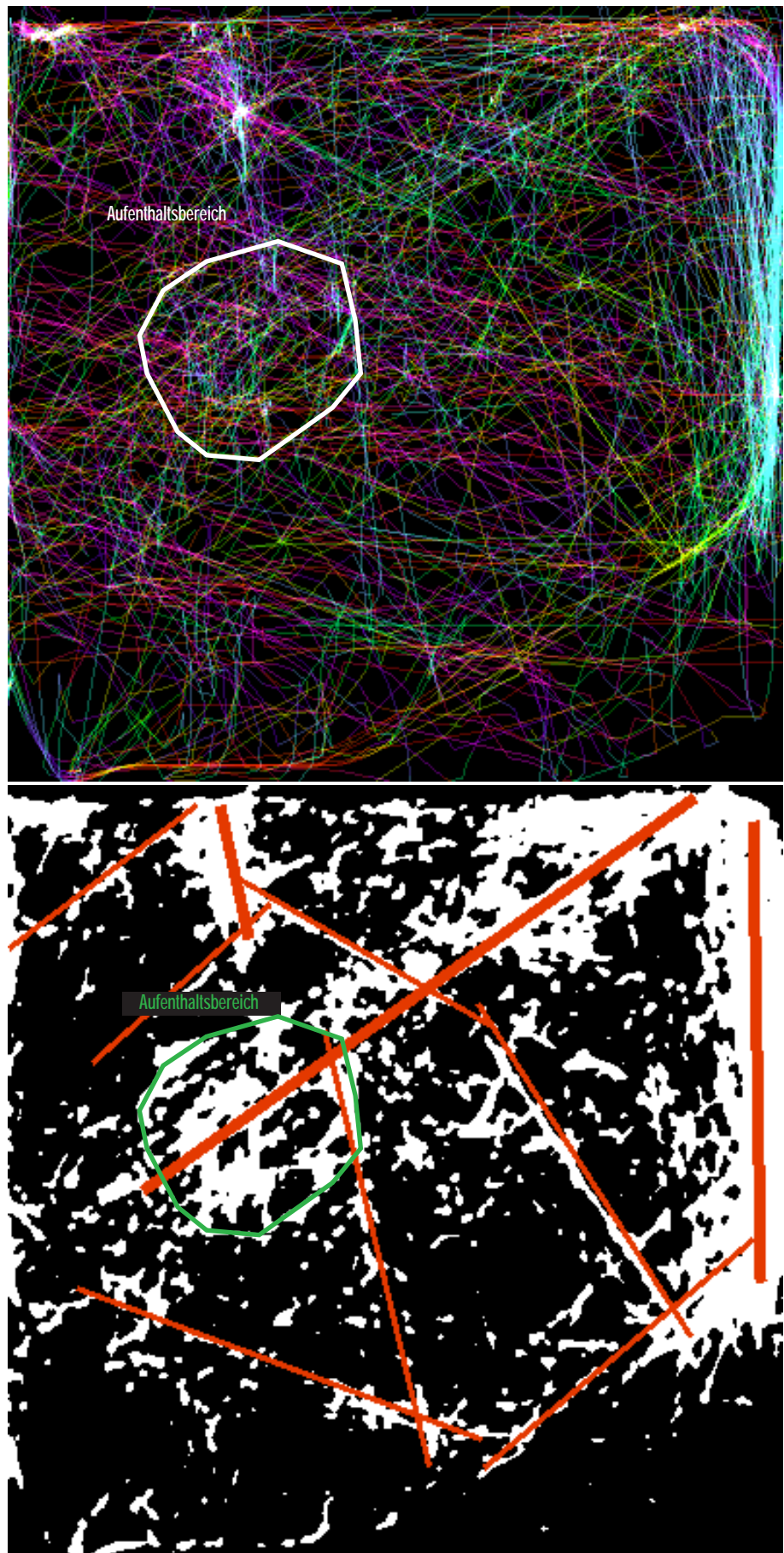
Nun schien es ratsam, die Gehspuren in Vektoren zu bündeln,

Hierfür machte ich in Bild 2 eine Zielvorgabe, was als Weg (Vektor) aus dem Bild herauszufiltern sei.

Dort, wo solche Wege enden oder sich schneiden, sei zu überprüfen, ob es eine Wegkreuzung gibt.

Es entstand die Idee, die Vektoren nicht nur als an eine Person gebundene Spur zu betrachten, sondern als ortsspezifische „Gehrichtungsbilanz“, im folgenden Glyphen genannt.

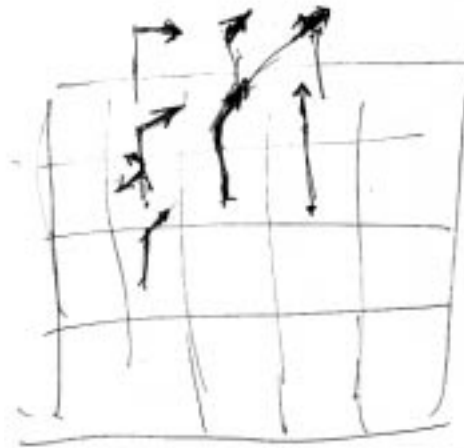
Aus den vielzähligen Einzelspuren sollen also durch miteinander verrechnen Hauptrichtungen gefunden werden.



3. Richtungs-Glyphen

Um Pfade aus der Vielzahl der Wege ableiten zukönnen, sollten zunächst die Gehrichtungen ortsbezogen differenziert und gespeichert werden über einen längeren Zeitraum. Die Verteilung der Richtungen soll Grundlage sein für die sogenannten „Glyphen“.

Die beobachtete Fläche wird unterteilt in 20 x 20 Felder. In diesen werden jeweils die Richtungen als Winkel im absoluten Koordinatenfeld gespeichert. Um eine Mittelachse herum werden nun als Pfeile die Richtungen angezeigt. Zunächst hatten wir 12 Segmente von 30°, welchen die auftretenden Gehrichtungen zugeordnet wurden. In einer Aufsicht (unten) sind pro Ort (Glyph) mehrere Richtungsschwerpunkte erkennbar.

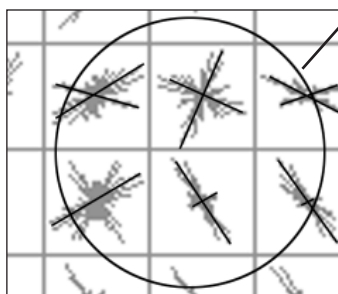


1. Wenn Pfade in Richtung von Hauptrichtung dann Erzeugung von Linie

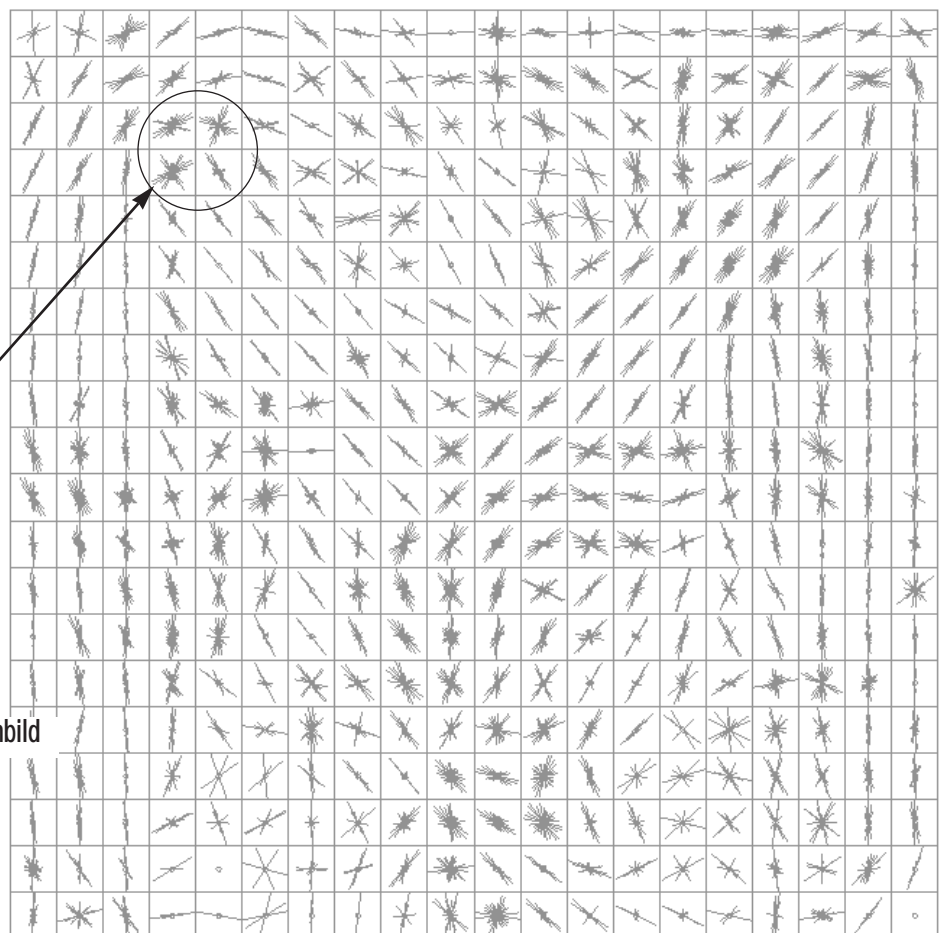
Höhe = abnehmende Häufigkeit
Tiefe = zunehmende Häufigkeit



Verbindung von Glyphen zu Wegen



erstes berechnetes Glyphenbild

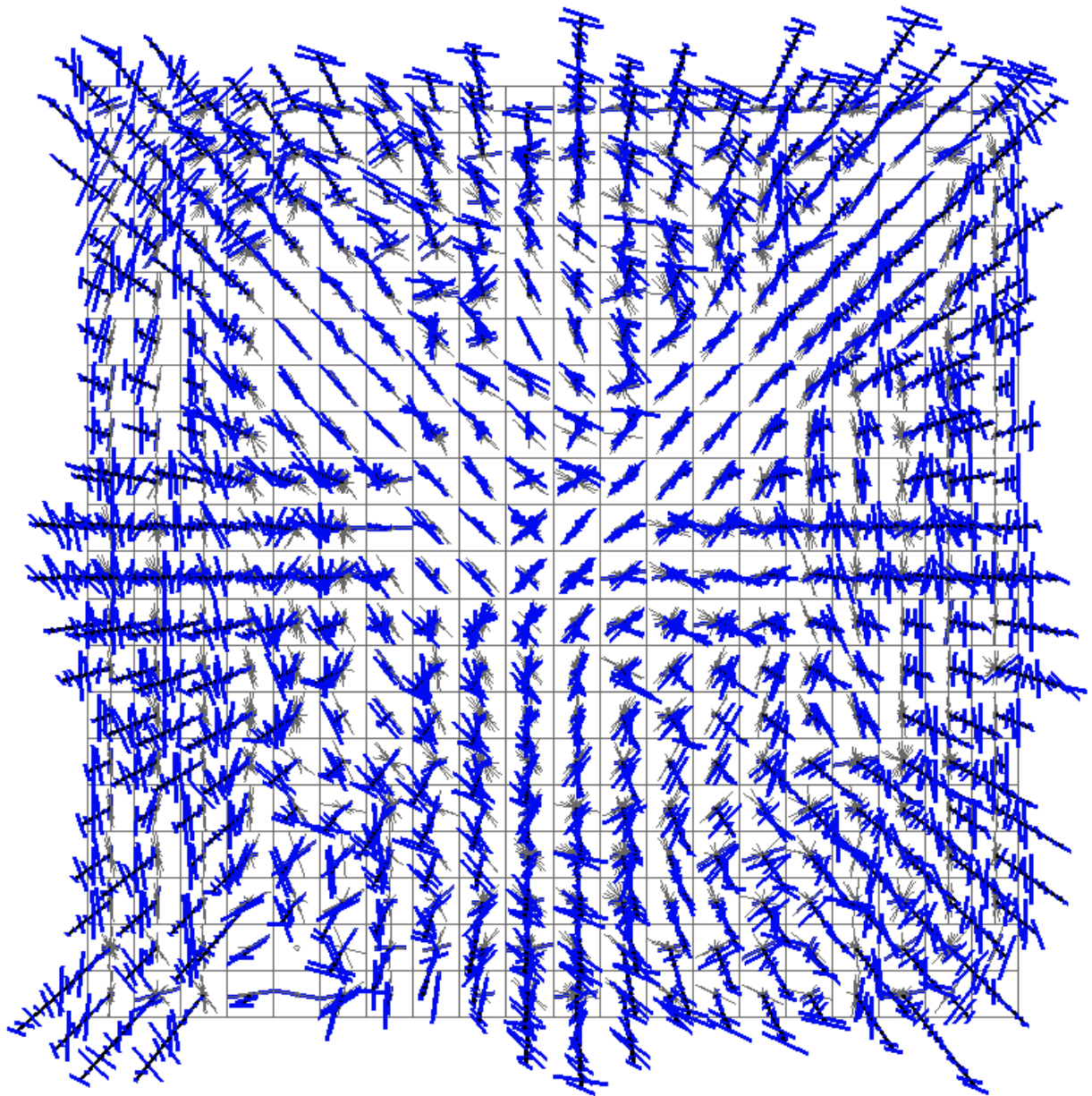
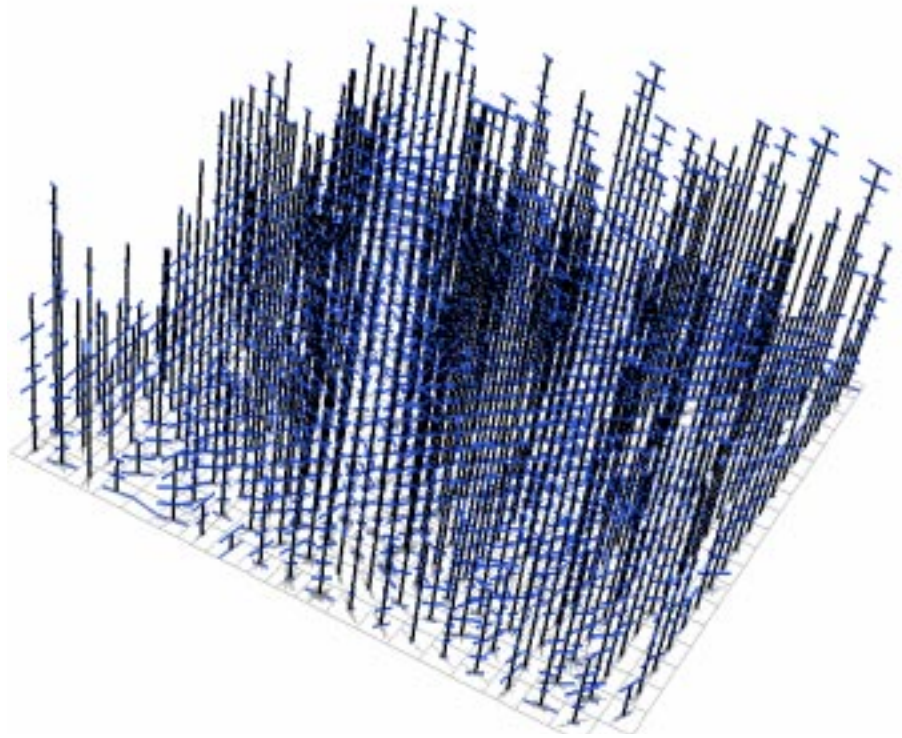


In einer 3-D Ansicht sollen die unterschiedlichen Richtung entsprechend der Häufigkeit, mit der sie gewählt werden, auf der z-Achse verteilt werden.

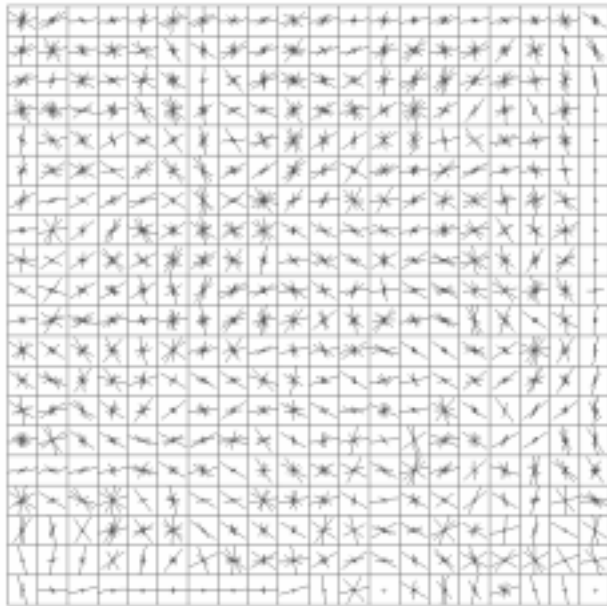
Je häufiger eine Richtung auftritt, umso näher ist sie dem Boden.

Es wurden zwei Probleme offensichtlich:

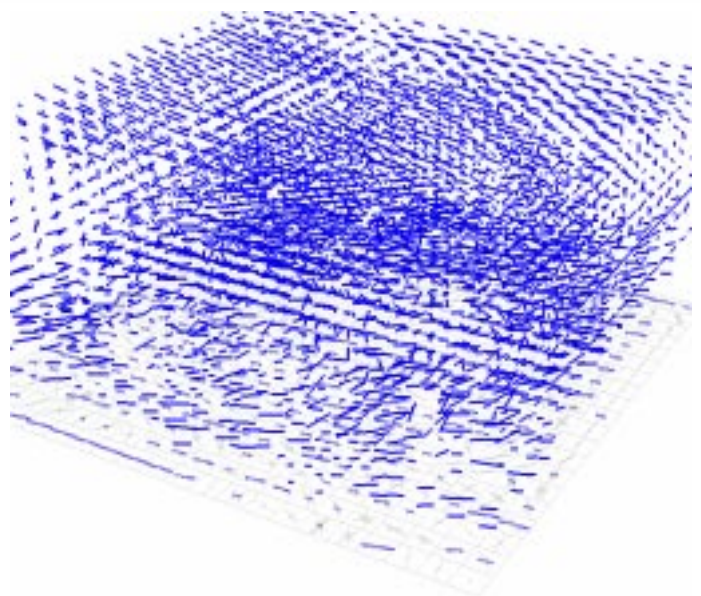
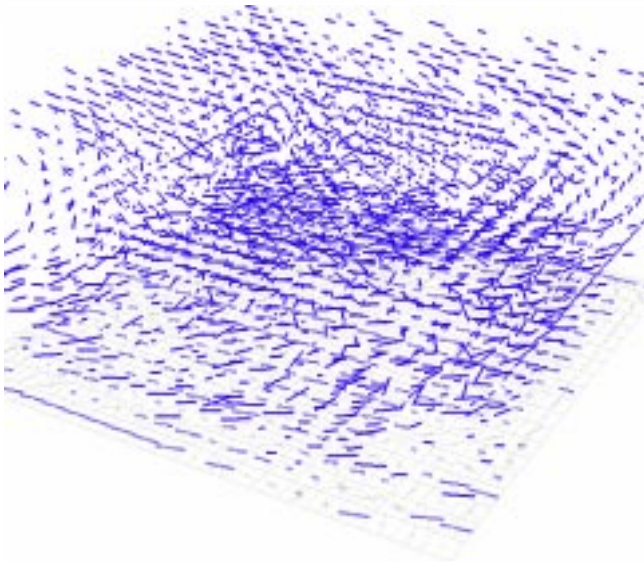
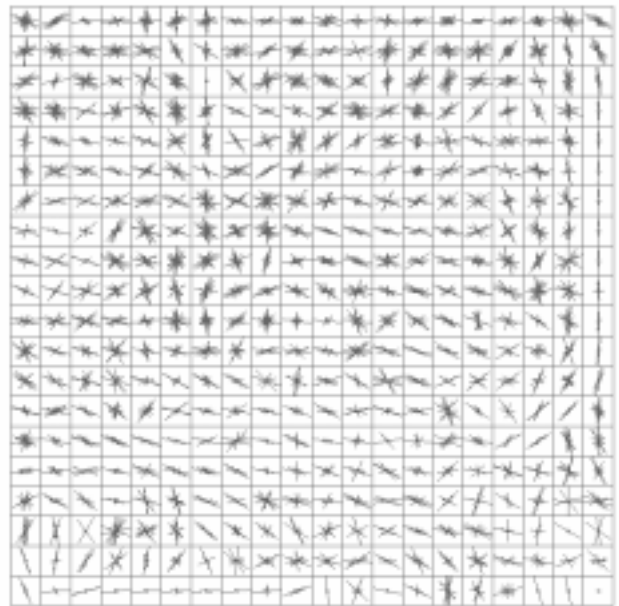
Die entstehenden Felder wurden sehr regelmäßig (linkes Bild oben), da der originale Ort der Vektoren verloren ging. Es wurden weitere Verrechnungen notwendig, um zu deutlicheren Bündelungen von Vektoren zu gelangen (rechtes Bild)



Glyphen nicht zusammengefaßt



mit benachbarten Glyphen zusammengefaßt



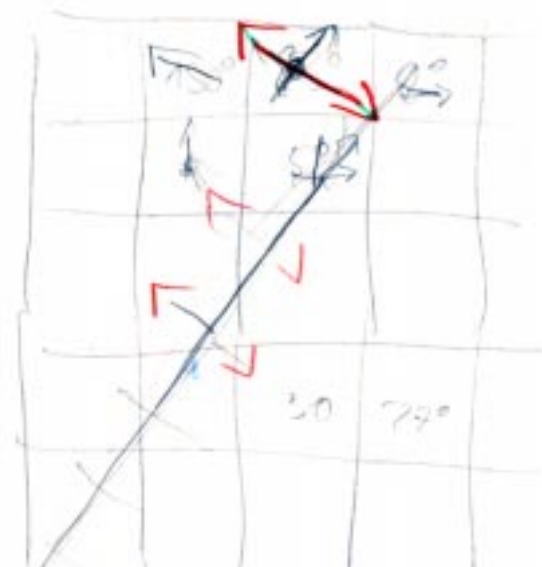
oben).

1. Die Kreis-Segmente, in welche die Vektoren eingeordnet wurden, wurden dynamisch definiert; sie generierten ihre Grenzen aufgrund der jeweiligen Häufigkeit der Richtungen, der ungefähre Bereich von 30° bleibt erhalten, aber die Ausrichtung der Hauptrichtung ist angepaßt (drehbar) entsprechend der „Datenlage“ des Ortes.

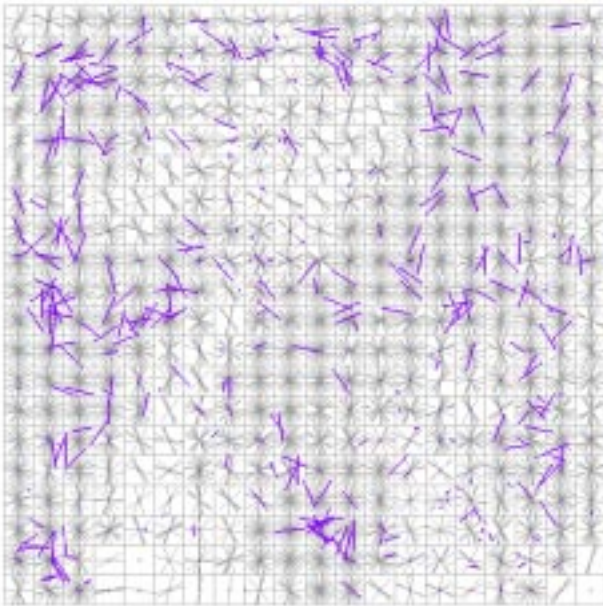
2. Für die Filterung von „Hauptrichtungen“ (blau) wurden sowohl lokale Maxima (bezogen auf einen Glyph) und globale Maxima gerechnet. Die Gewichtung der Häufigkeit pro Winkelsegment wurde variabel einstellbar gewählt, um zu überprüfen, in welchem Wertebereich ein Ergebnis liegt, das eine Anzahl von Glyphen zurückliefert, welche sinnvolle Wege ergeben könnten.

3. Der Ort des Glyphenmittelpunktes wandert je nach Datenlage. Dafür fragt ein rekursiver Algorithmus kreisförmig um einen Glyphen, wie die Nachbarschaft aussieht und verrechnet gleichgerichtete Vektoren miteinander (Bilder oben). In der Folge wird die Gesamtzahl der neu-

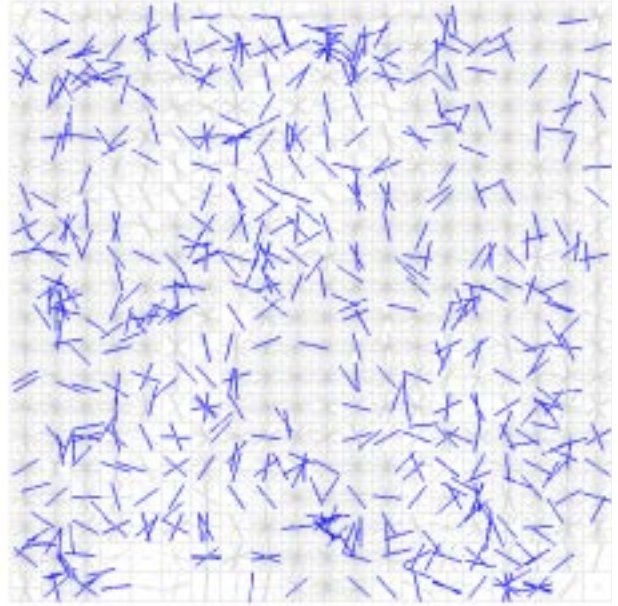
Nachbarschaftsabfrage



lokale maxima, schwache Gewichtung durch Häufigkeit

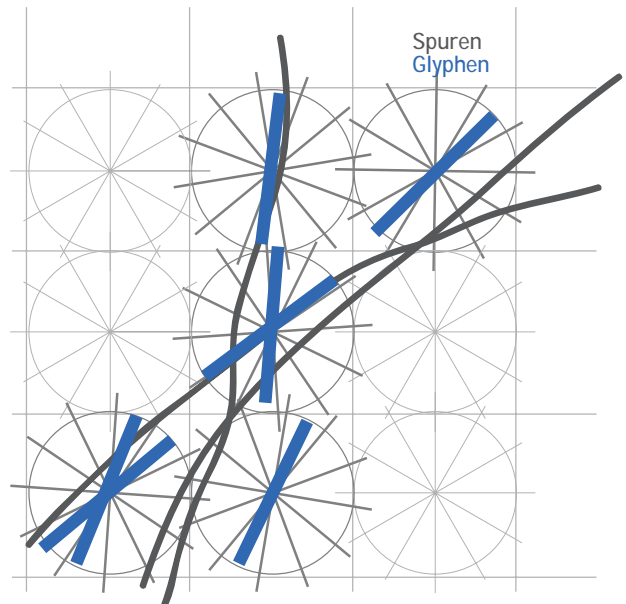


lokale maxima, starke Gewichtung durch Häufigkeit

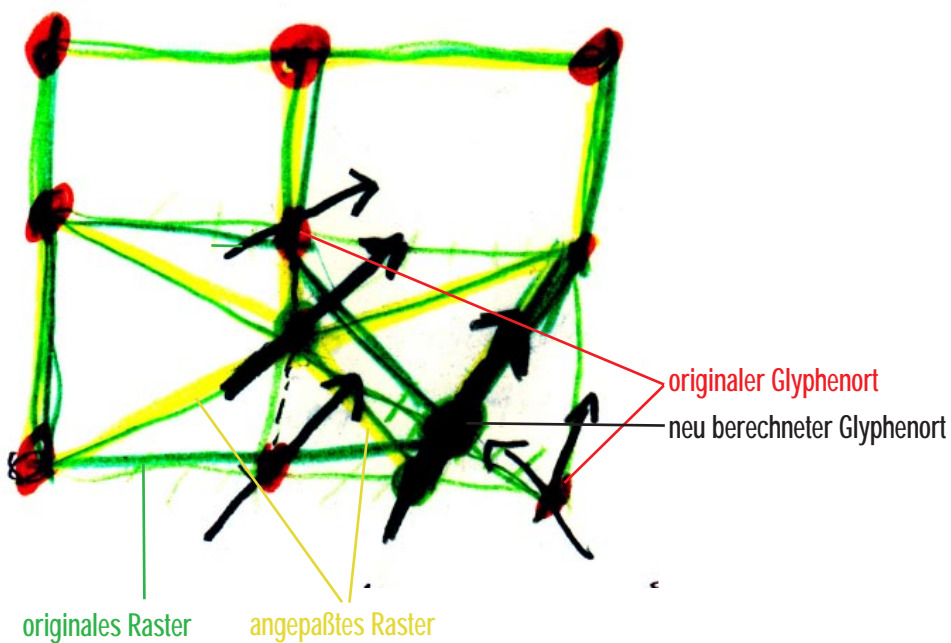


entstehenden Glyphen (blau) verändert. Neue Glyphen entstehen bei großer Begehungsdichte, bei Absens von Personen entfallen die Glyphen .

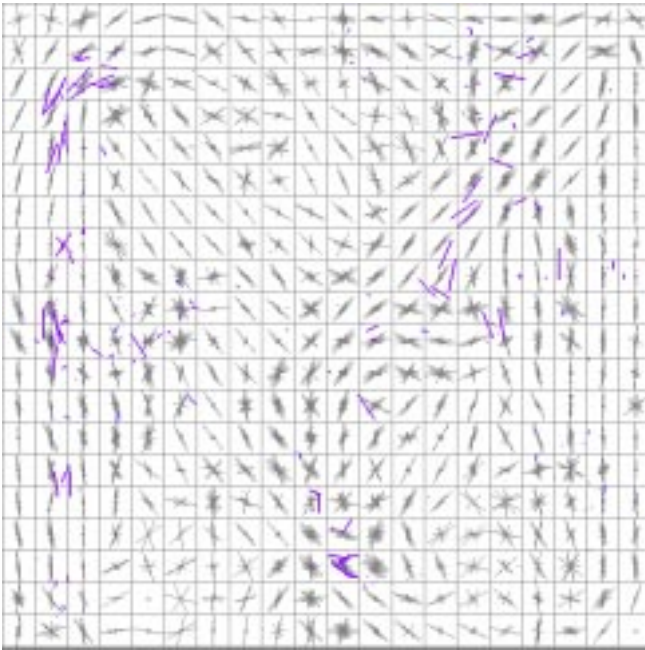
4. Die Länge der Glyphen wird so groß gewählt, daß der jeweilige Glyph die Fläche auch abdeckt, aus welcher er sich gerechnet hat.



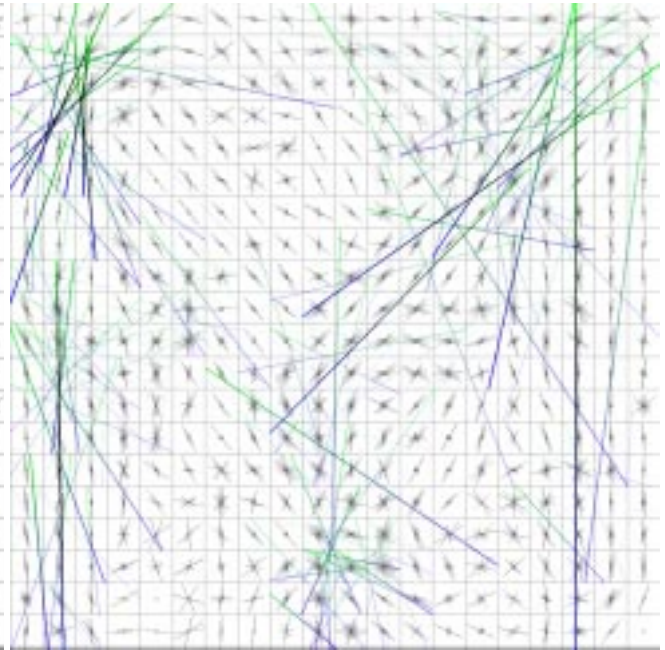
neue Ortsfindung eines Glyphen



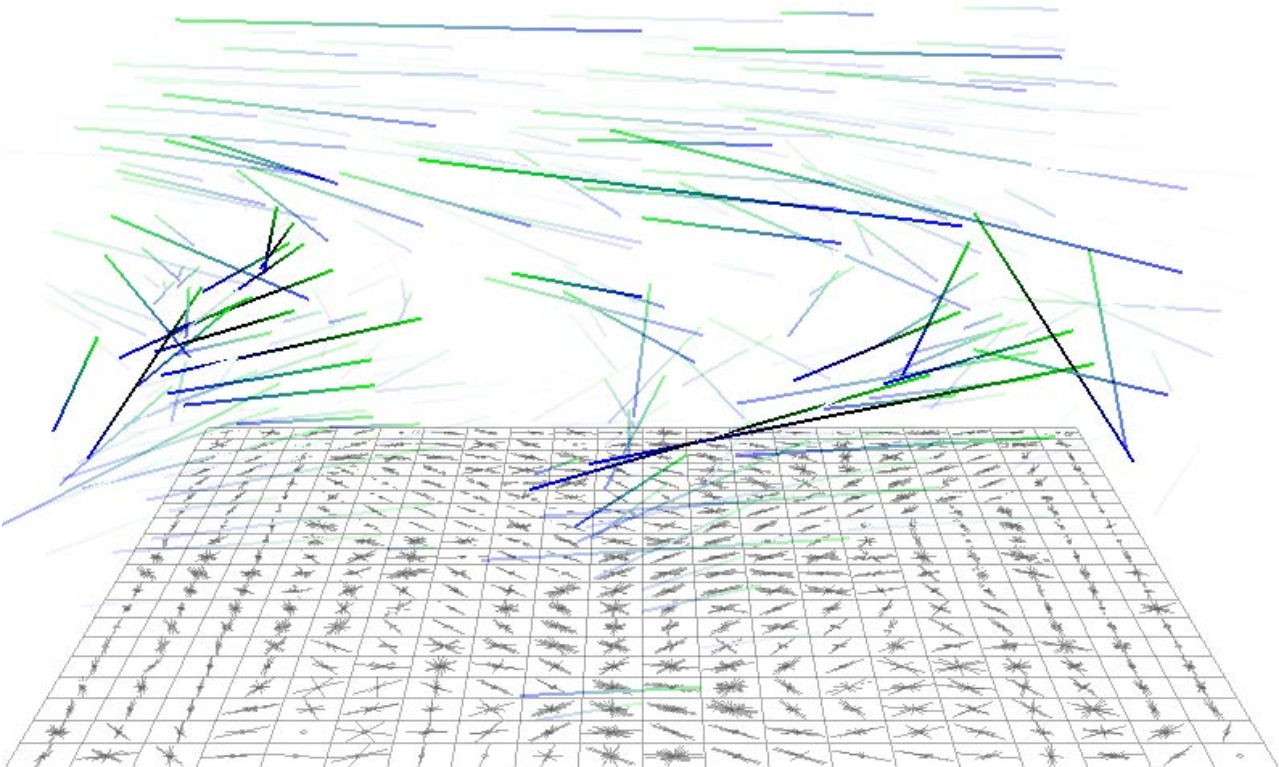
Glyphen mit Ortsanpassung



mit Orts- und Längenanpassung



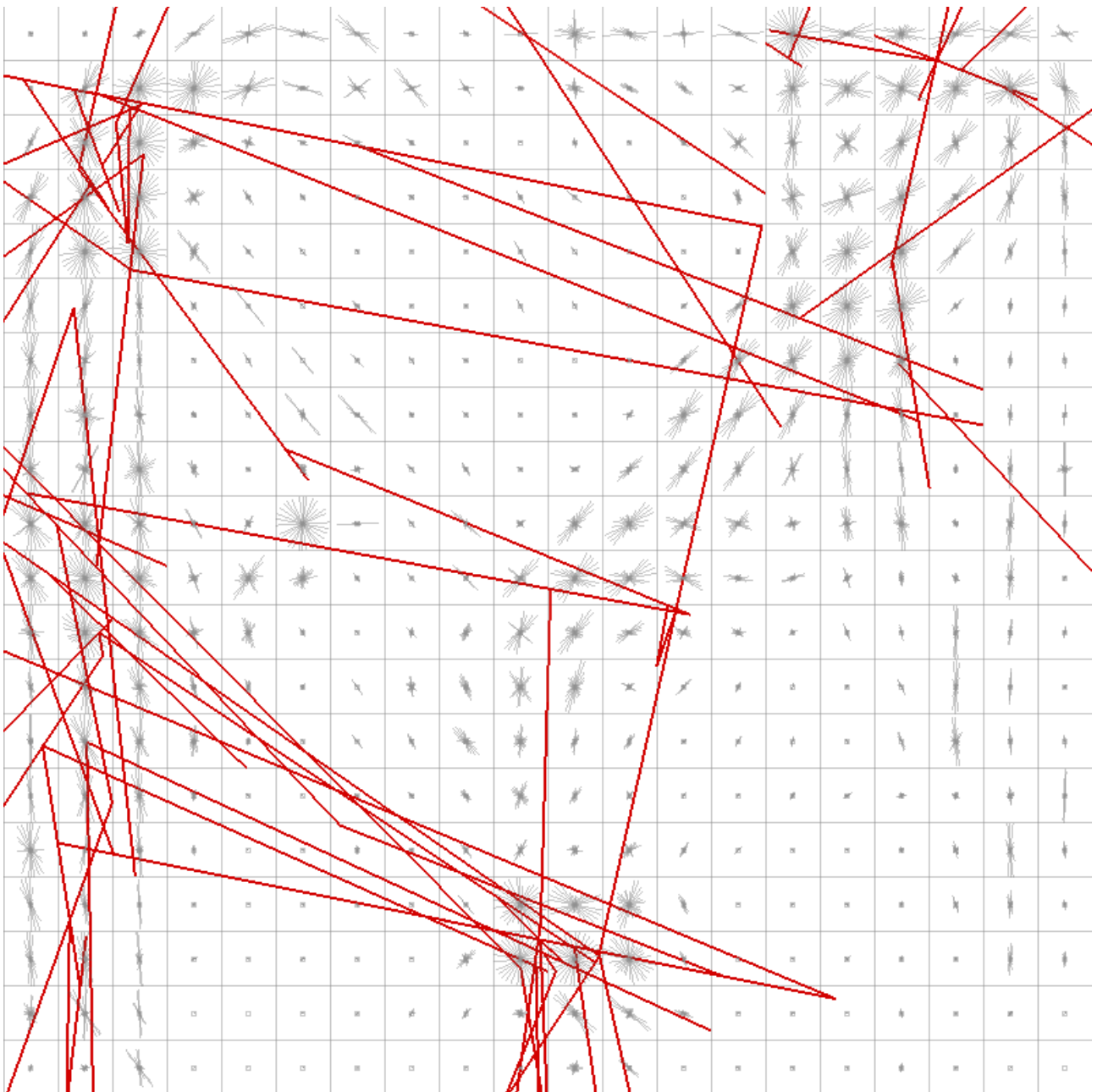
Zur Vorbereitung oder Findung von „Trajektorien“, also Pfaden, die die am Häufigsten Benutzten Wegtrassen bezeichnen, werden hier die verlängerten Glyphen im 3-dimensionalen Raum (Häufigkeit auf die z-Koordinate aufgetragen und Sichtbarkeit (Blending) der Linie direkt proportional zur Häufigkeit) abgebildet. Solche Trajektorien müßten also dort entstehen, wo glyphen dem „Boden“ recht nahe sind.

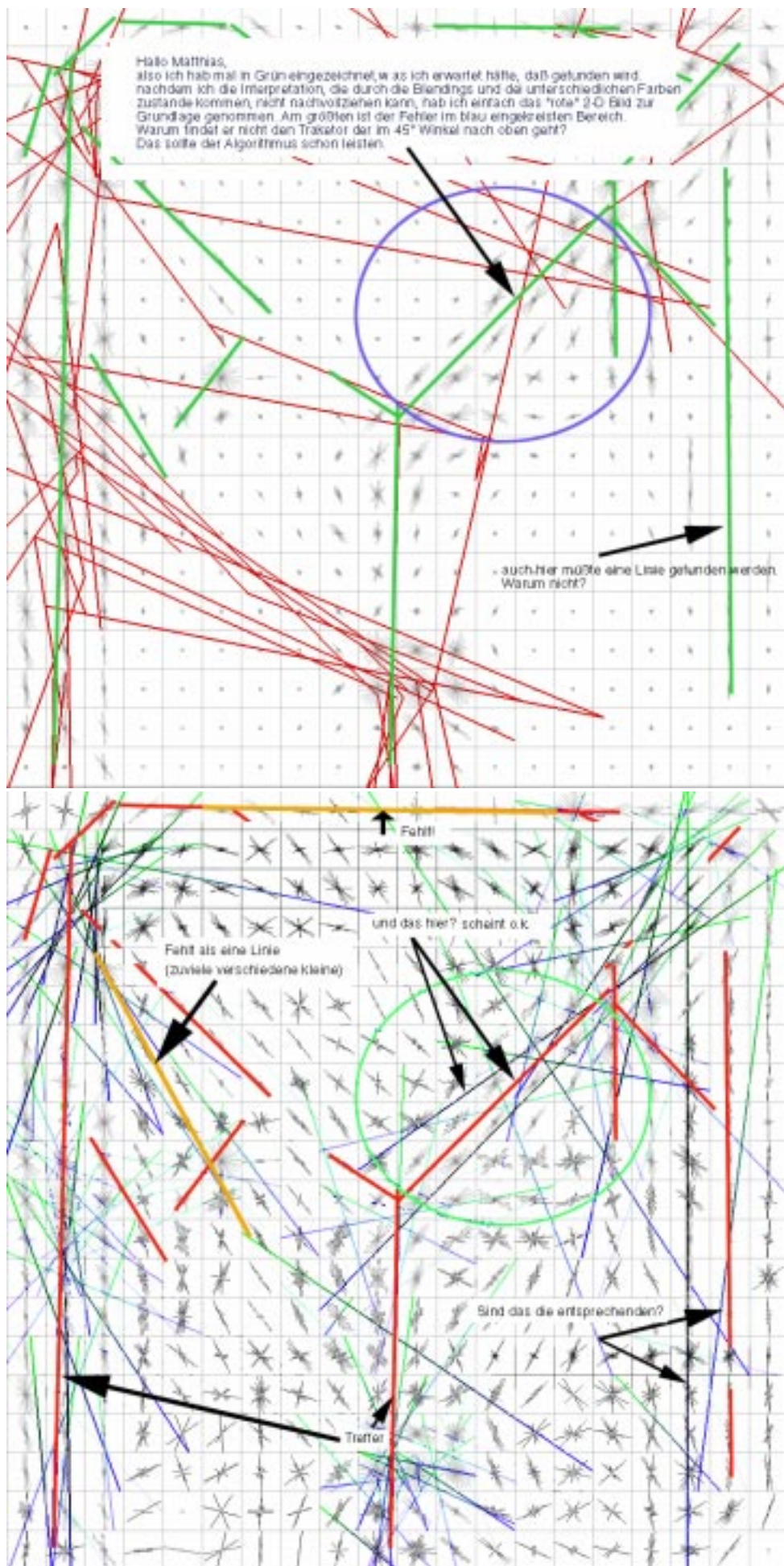


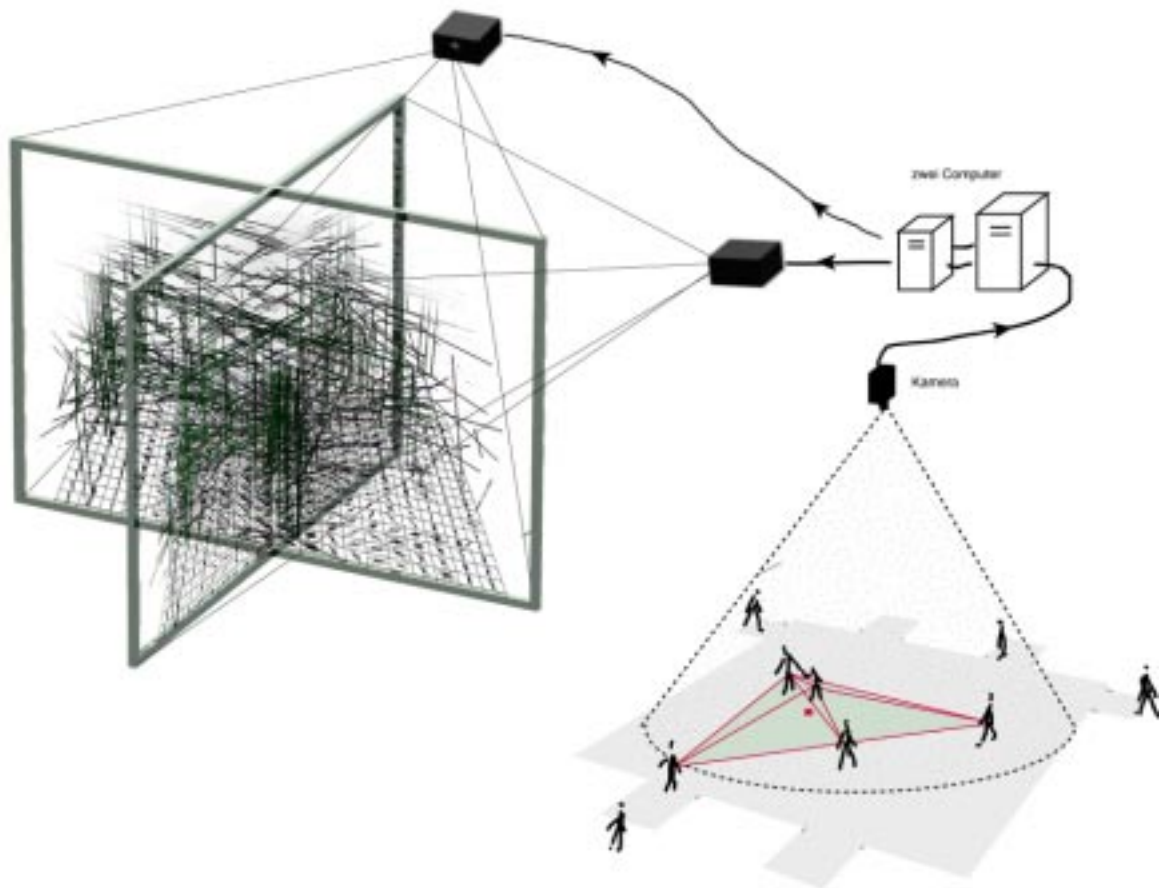
4. Trajektorien

Über die grün-blauen Glyphen wurde ein Trajektorien-Findungs-algorithmus zum Laufen gebracht. Jeweils an den Enden der Glyphen wurde wiederum die Glyphen-Nachbarschaft abgesucht nach weiterführenden Gehrichtungen. Gibt es zwei oder drei Glyphen, die man zu einer „Straße“ verbinden kann? Es wurde deutlich, daß das Absuchen der Enden der Glyphen nicht ausreicht, da es zu häufig Kreuzungen gab von Glyphen. An allen Kreuzungen nach Fortsetzungen zu suchen führte zu einer incrementellen Steigerung des Suchalgorithmus, so daß wiederum neue Beschränkungen einzuführen waren, um echtzeitfähig zu bleiben. Diese testeten wir in einer Beschränkung der Winkel, da es unwahrscheinlich ist, daß eine Person auf einer offenen Fläche in einem Winkel $> 90^\circ$ abbiegt. Dennoch blieben, wie die Korrekturbilder auf der folgenden Seite dokumentieren, die Ergebnisse unbefriedigend. zuletzt führten wir Kontenpunkte ein, die an Enden von Glyphen lagen und nach der globalen Häufigkeit ausgewählt wurden Sie waren dann alleiniger Ansatzpunkt für weitere Verzweigungen (Bild unten).

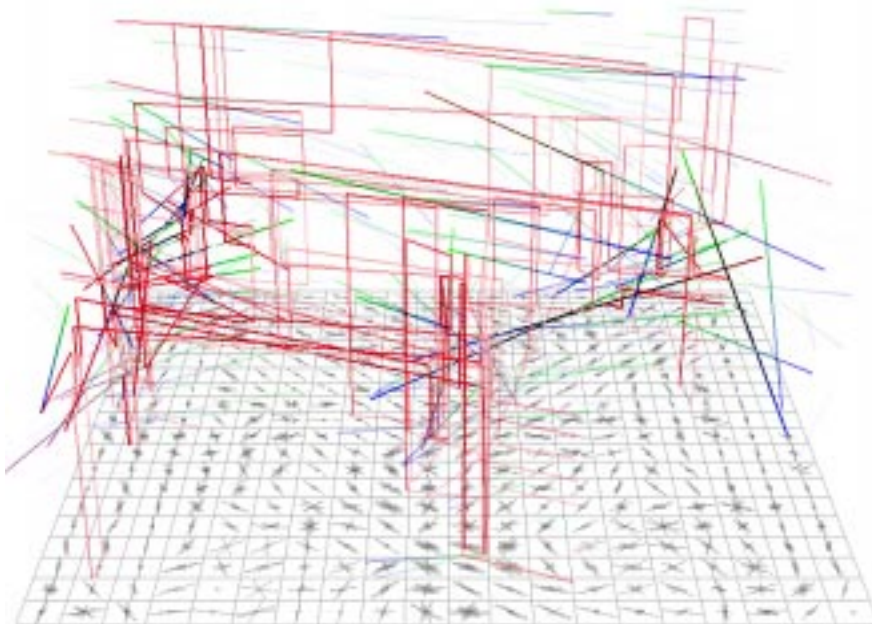
Auf die Bilder folgten zwei Korrekturbilder, in welchen ich die Zielvorgaben (zu findende Wege) einzeichnete. Im ersten Bild sind grüne Linien das zu erwartende Ergebnis, die roten das wirkliche. Die Gewichtung durch Häufigkeit führte zu einer zu radikalen Auslese der zu verwendenden Glyphen, so daß die entstehenden Wege nicht mehr nachvollziehbar waren. Ein Kriterium, das auch schwächere Glyphen einbezieht, scheiterte an der Performance (zu viele zu verrechnende Suchobjekte). Im zweiten Korrekturbild zeichnete ich die Wege (rot für die wesentlichen, orange für die zweitrangigen) nochmals über die Glyphen, um die Ausgangsbasis für die Trajektorien zu überprüfen. Diese schien immerhin besser am Ziel orientiert als die weitere Verarbeitung.







Entsprechung Real-Raum virtueller 3-D-Raum



Für die Präsentation dieser Trajektorien sollte der skulpturale Charakter des Videos wieder betont werden. Denn bei den Arbeiten handelt es sich ja um die Extraktion der Zeit aus einem Raumereignis. Gezeigt wird, was als (verarbeitete) Datensammlung an einem Ort gefunden werden konnte. Somit ist ein altes Kriterium der Skulptur, nämlich die Konzentration auf einen zu isolierenden Ort oder Körper, das Schaffen von einem den Augenblick überdauernden Objekt erfüllt. Das Verfahren der billboarding (Montage zweier Bilder als Kreuz im virtuellen Raum, welches zu einer behelfsmäßigen Rekonstruktion von differenzierten Objekten (z.B. Bäumen) benutzt wird, wird hier zur Installationsvorgabe. Es soll ermöglichen, daß der Betrachter die Gehspuren wirklich als räumliches Event erlebt und nicht nur als eine distanzierte Abbildung auf einem Monitor.

5. SOM's

Als deutlich wurde, daß die Weiterarbeit an den Trajektorien entweder mit einer Vergrößerung der Datenbasis (z.B. Hinzunahme der Geschwindigkeit) oder mit einem Verlust an Performance einhergehen würde, schlug Matthias Weber SOM's vor: Self organizing maps sind einfache, neuronale Netze, in welchem hier die jeweils neue, von den Personen gelieferten Positionen auf eine Kreislinie aufgetragen wurde. der Kreis visualisiert somit das Geschehen auf dem Platz in einer eindimensionalen Struktur (Kreislinie).



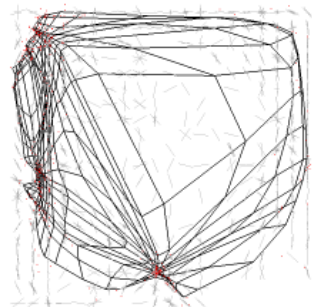
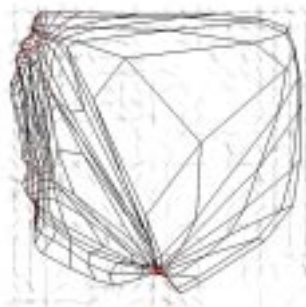
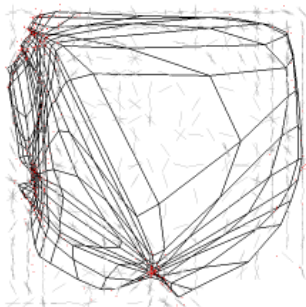
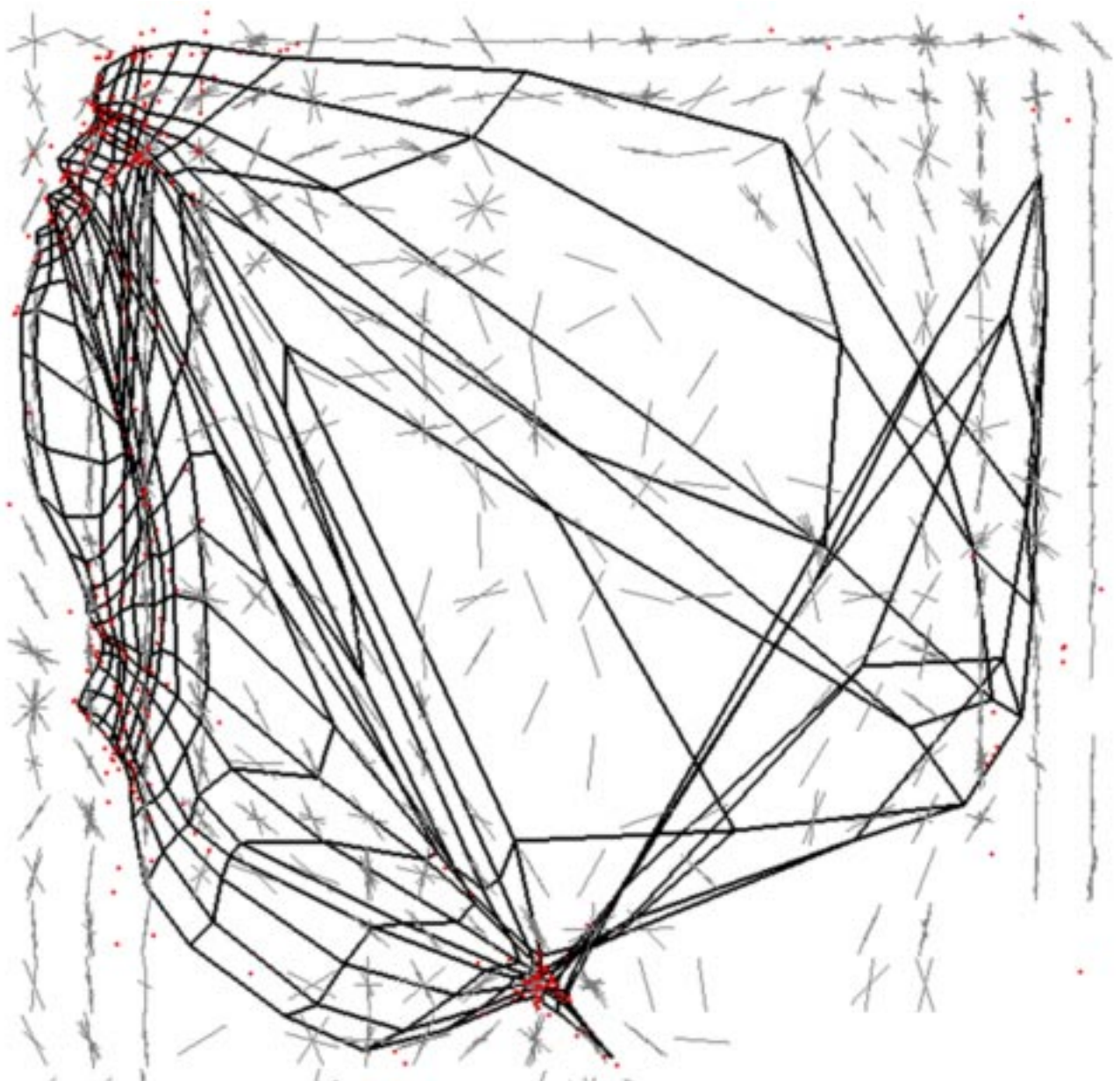
Es wurde deutlich, daß eine zweidimensionale Grundstruktur wünschenswert wäre, um als Abbildung des Geschehens eine Referenz zum Grundriß des begangenen Raumes zu haben.

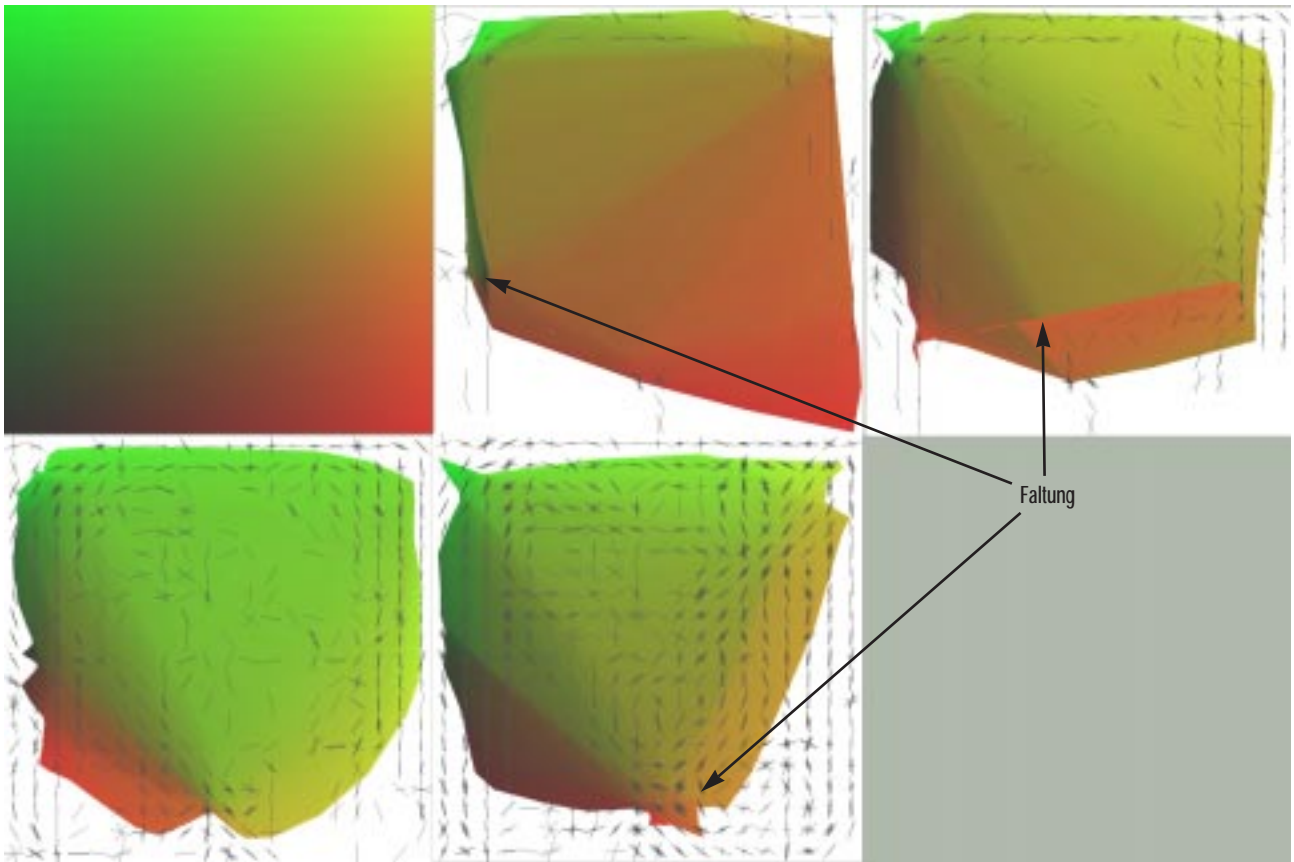
Als Grundlage entschieden wir uns für die Glyphen. Wir haben also ein 20x 20Knoten-großes Netz von Neuronen, welche mit den neu ankommenden Positionen gefüttert werden. Die ursprünglich rechtwinklige Struktur der Fläche verschiebt und verzerrt sich jeweils entsprechend der Aktivität des Raumes, wobei die Grundstruktur des SOM's mit der Zeit immer deutlicher zu einem Zustand hin tendiert. So bleibt das einmal geschehene in der hiermit repräsentierten Gitterstruktur erhalten und kann sich doch anpassen an die aktuelle Situation.

Es zeigte sich, daß die SOM's der erste Ansatz waren, Raum als kollektives

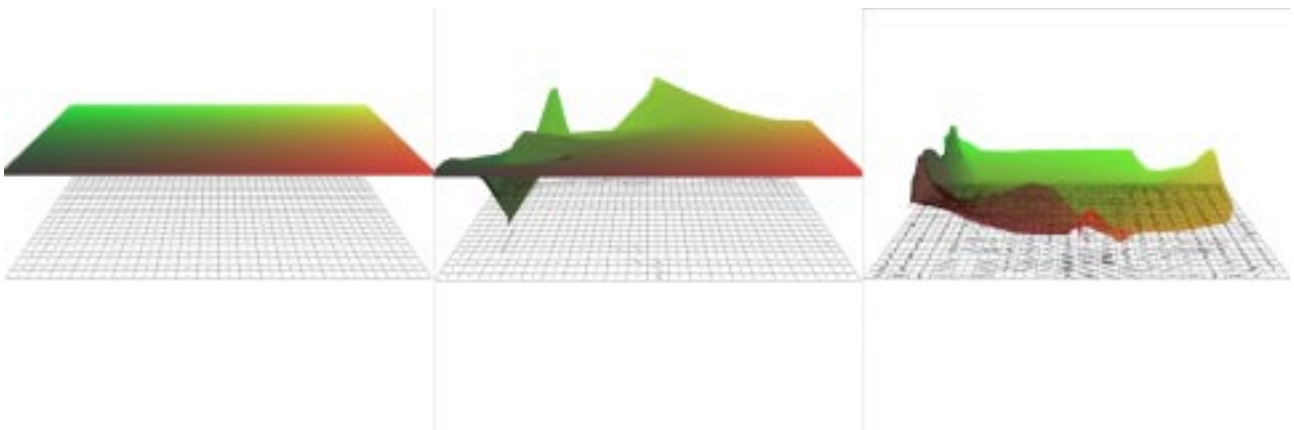
Element, als ein der erlebten Zeit Unterworfenen zu betrachten. Distanzen zeigten auch Abstände der Aktivität an, Nähe verstärkte sich bei vorhandener Aktivität. Es wurde also nicht Raum dargestellt entsprechend der individuellen erlebten Dimension (so schnell/langsam ich gehe, so groß/klein ist der Raum), sondern als ein gemeinsam zu bearbeitendes Koordinatensystem.

nun suchte Matthias weber in den SOM's Ansätze für Wege. ein Gedanke war, die schmalsten Trapeze auszusuchen, da die se die höchste Spannung zwischen zwei Zentren Angaben. Die ergebnisse blieben allerdings ungenau.





Es wurde deutlich, daß es zu Faltungen des Netzes gab. Um diese zu visualisieren und ihre Relevanz in Bezug auf Wegesysteme zu untersuchen, färbten wir die SOMS's ein dergestalt, daß sie Ausgangs eine gleichmäßigen Übergang zwischen grün und rot aufwiesen. Die entstehenden Farbverzerrungen zeigen somit die Verkürzungen im Raum, harte Übergänge indizieren Faltungen (siehe oben).



Da man da Raster nicht mehr erkennt, sind auch Kreuzungen nicht mehr zu sehen. Mein Vorschlag, neue Neuronen zu generieren und alte wegfallen zu lassen, um zu einer offeneren, aber auch angepaßteren Raumstruktur zu gelangen, wäre zu

Mit Bildverarbeitung zu Wegesystemen

Matthias Weber:

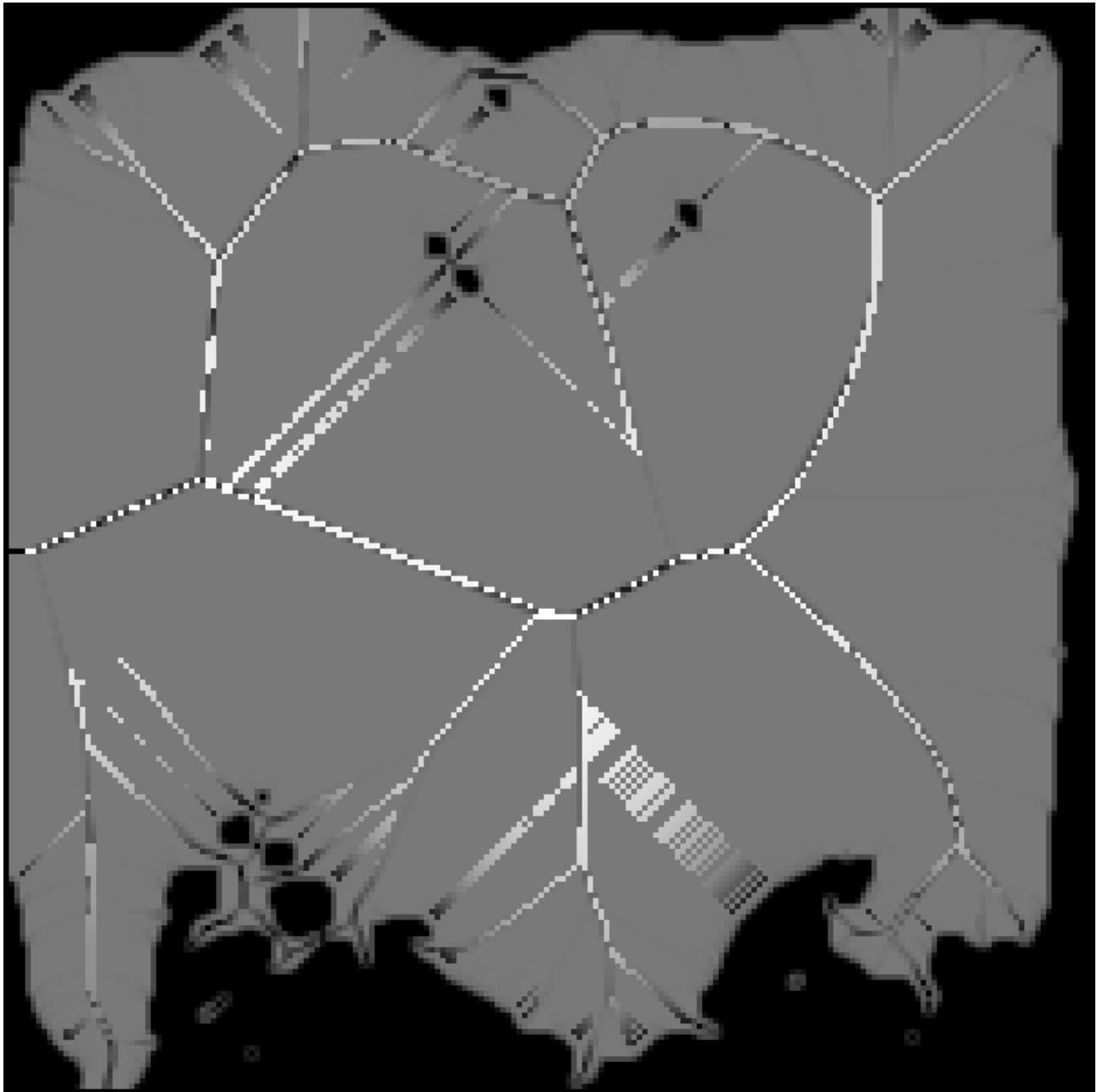
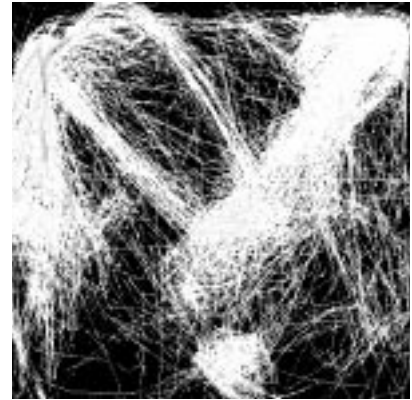
Ich habe nochmal über das Problem mit dem Finden von Wegen nachgedacht und hatte dann doch die Idee Bildverarbeitungsmethoden zu verwenden (wie ich das in Bonn ja schonmal angedeutet hatte). Hier schicke ich Dir mal ein Bild von den ersten Ergebnissen. Leider ist es noch nicht komplett das, was ich gerne haben möchte, aber es scheint doch nicht uninteressant zu sein, oder? Sag mal, ob ich damit jetzt richtiger liege, oder ob ich es sein lassen soll.

--

Was haltet ihr denn davon? Jetzt ist der Algorithmus wesentlich verbessert worden. Ich weiß nicht, wieso er keine wirklich durchgezogenen Linien macht. Aber es sieht irgendwie spacig aus. ;-)

Ciao

Matthias



Matthias Weber:

On Mar 22, 5:31pm, Ursula Damm wrote:

> Wie hast Du denn die Regionen gefunden?

Ich habe eigentlich gar keine Regionen gefunden. Es ist nur eine visuelle Darstellung. Wie gesagt, ich habe Bildverarbeitungsmethoden benutzt. Erst mal Häufigkeitsbild (geglättet), minimale Differenz jedes Punktes zu den Randpunkten, Gradient, Non-Maximum-Suppression, Hysterese-Schwellwert. Gerade die letzten drei Sachen sind meiner Meinung nach noch sehr umstritten.

> Gibt es da Bäume? Das sieht so aus mit den Verzweigungen, auf die
> Distanz.

Kann passieren. Aber die sind natürlich nicht als Bäume in den repräsentiert (jedenfalls nicht explizit).

Matthias Weber:

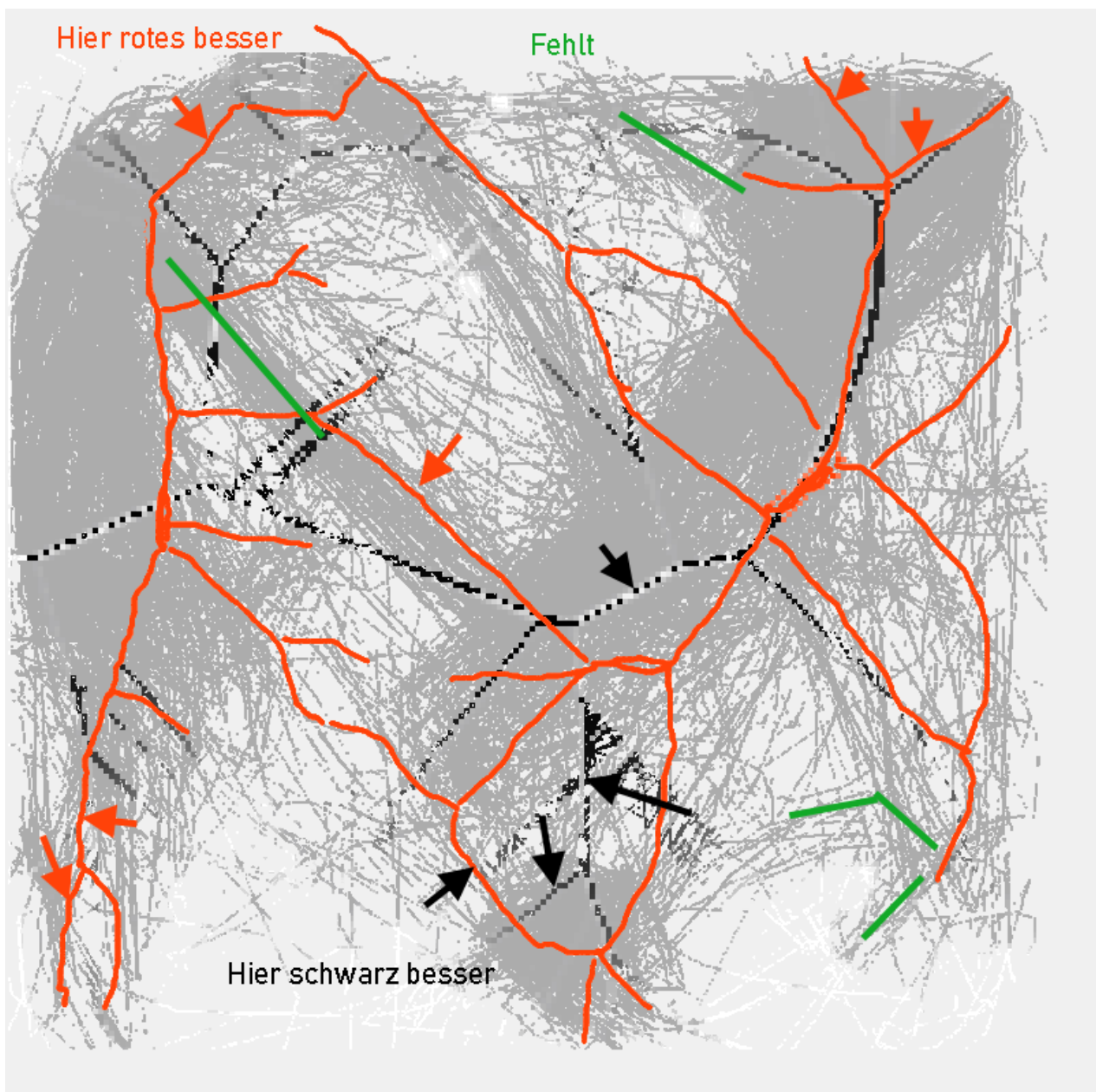
On Mar 29, 4:35pm, Ursula Damm wrote:

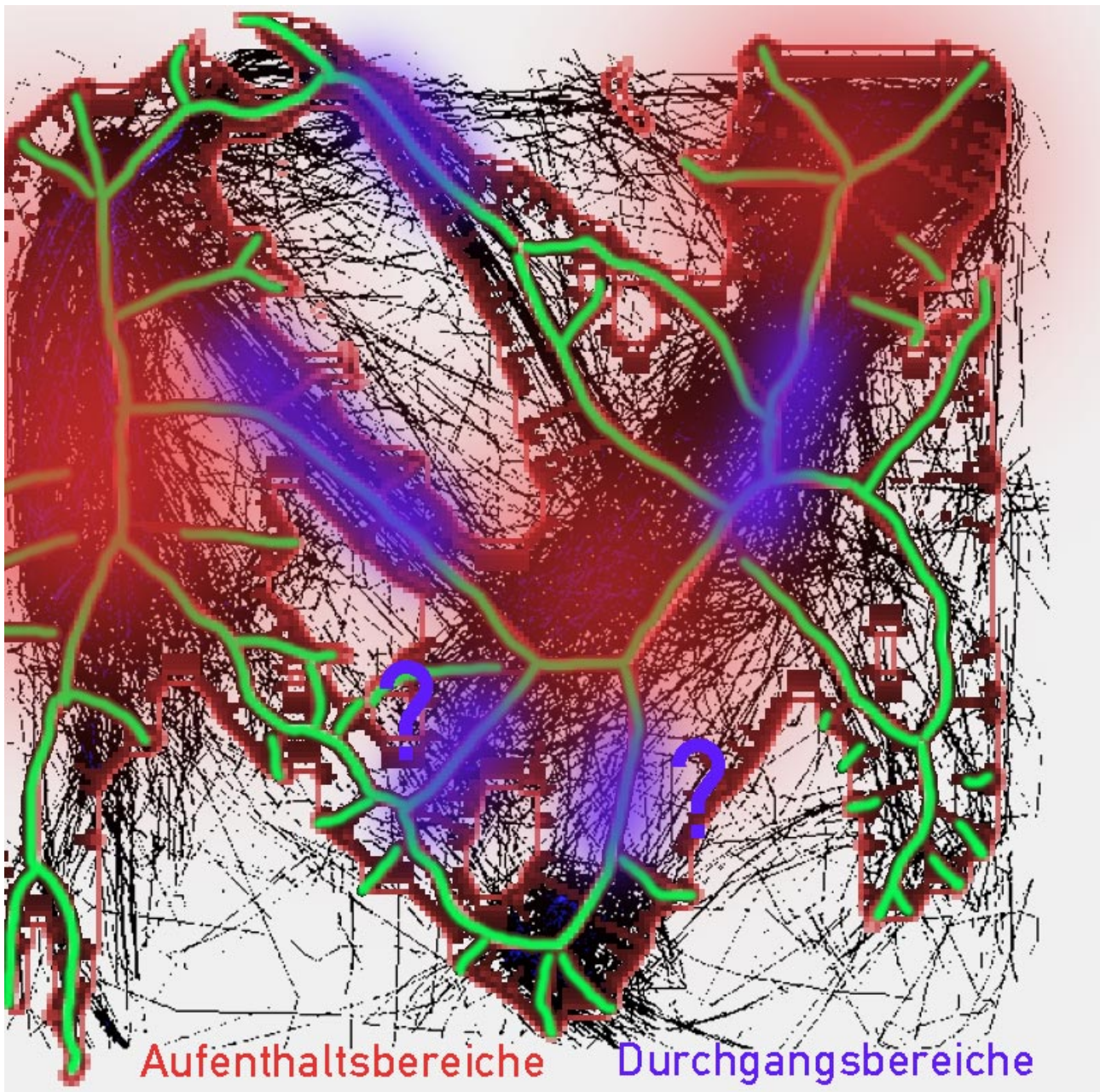
> Die Halbtonbereiche (Grauwerte) nützen mir wenig, wenn sie nicht vektoriell erfaßt sind. Kann man da in Abstufungen
> noch Unterbereiche erkennen?

Vektoriell ist hier überhaupt nichts erfaßt. Ich wußte jetzt auch nicht, ob das wichtig für Dich ist. Wenn ja, kann man ja einen Vektorquantisierer drüber laufen lassen. Sobald ich endlich mal die richtigen Linien rauskriege.

> Die Linien müßten 1. Kreuzungspunkte und
> 2. Kreisbereiche (Territorien) zurückliefern.

Tun sie doch. Man hat Kreuzungspunkte und Kreisbereiche. Aber ich kann mal versuchen, die Territorien, die abgedeckt werden, auch noch darzustellen.





> Wenn also die Linien jetzt gefunden sind/werden, wie gibt man dann die dazwischenliegenden Territorien an?

Die Linien liegen eigentlich mehr auf den Territorien (oder ich verstehe den Begriff anders). Territorien kriege ich recht einfach raus, da die die Grundlage für die Linien sind. ;-)

Matthias Weber:

On Mar 31, 11:08am, Ursula Damm wrote:

> hier wieder ein Korrektur-Bild.

> Die Linien sind o.k. Sie haben sich ja zum vor-Bild kaum verändert, zeigen nur mehr Differenzierung, was gut ist.

> Warum sie von dem Territorienrand zur Mitte hin schwächer werden, ist mir noch nicht verständlich.

Hat was mit Differenzen zu tun, die ich von Territorienpunkten zum Rand hin berechne. Das ist eigentlich nur ein unschöner Nebeneffekt, den ich leider auch nicht so einfach rauskriege (liegt an den Algorithmen).

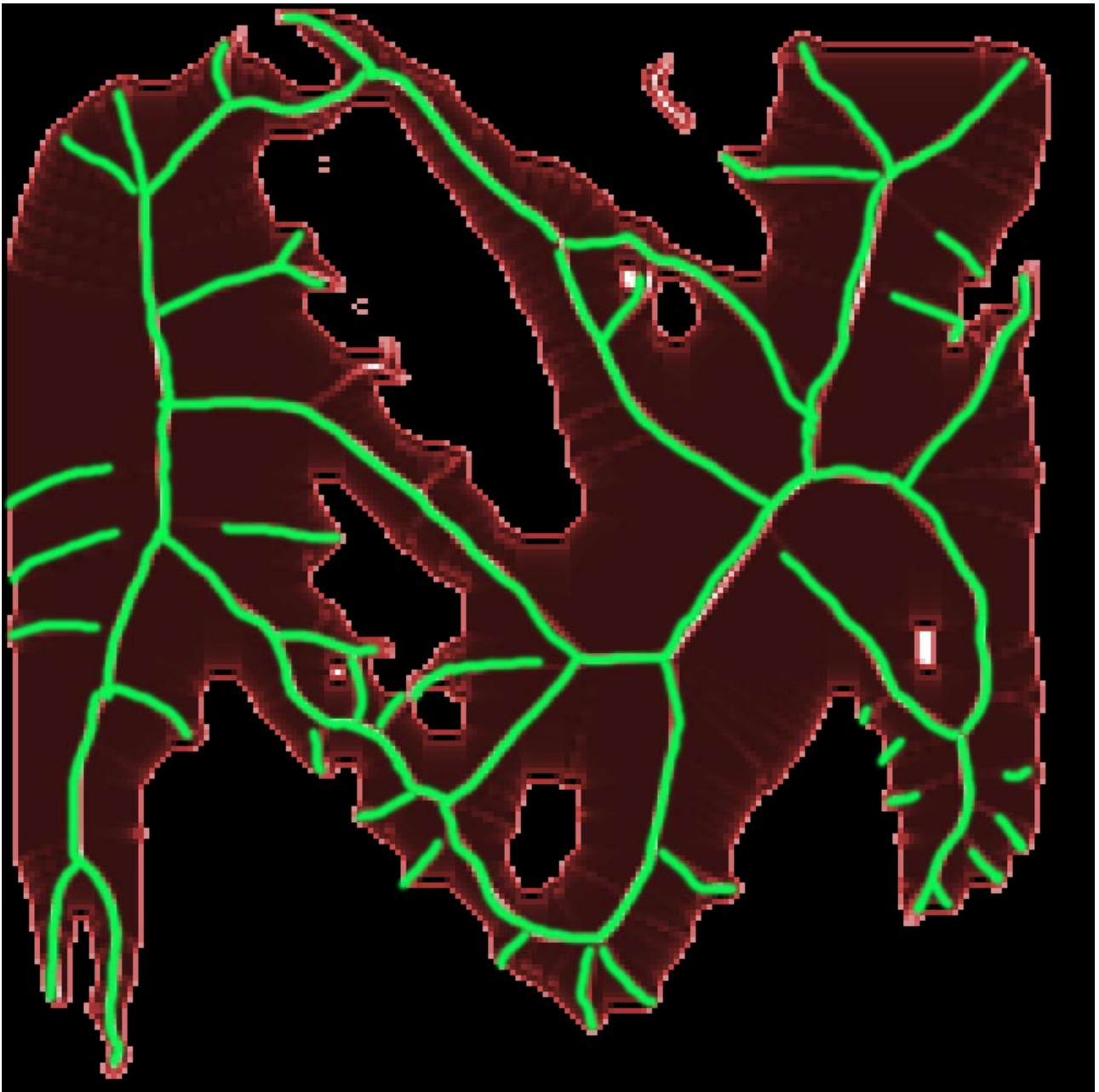
> Zu den Territorien:

> Nun gibt es ja als Territorien nur Felder, die die Begangenheit markieren. Das reicht aber nicht. Du mußt die

> Gehgeschwindigkeit der Leute dazunehmen, um rauszukriegen, wo vorwiegend „Steh“-bereiche und wo

> Durchgangsschneisen sind. Aber das sollte ja auch machbar sein.

Das dürfte machbar sein. Die einzige Frage ist, wie man beide Sachen zusammen in einem Bild darstellen möchte.



> Für die endgültige Visualisierung will ich (mach ich) 3D. Geht das?

wüßte im Moment nicht, wie!

> z.B. Helligkeit auf die z-Koordinate, Pfade sind das höchste z etc.??

Dürfte recht unspektakulär aussehen. Aber könnte man mal ausprobieren.

Matthias Weber:
Hallo Ursula!

Wieder ein neues Bild: Diesmal sind auch Territorien mit stehenden Leuten dabei. In dem Fall sind diese Territorien rot eingefärbt. Ansonsten ist alles recht gleich geblieben.

Ciao.
Matthias

