

---

# Visualisierung des Bewegungsverhaltens mit einer erweiterten Flowstrates Darstellung anhand der Modellregion Hochfranken

Christoph Menzel <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof, Deutschland, christoph.menzel.2@gmail.com

---

**Keywords:** Visual Analytics, Bewegungsdaten, Flowstrates

## 1. Einleitung

Dieses Paper befasst sich mit der visuellen Unterstützung der Analyse des Bewegungsverhaltens in der Modellregion Hochfranken. Dazu sind die Veränderungen des Bewegungsverhaltens im Verlauf eines Tages zwischen Regionen relevant sowie Unterschiede zwischen Bewegungsdaten aus zwei verschiedenen Zeiträumen oder Quellen. Die Visualisierung des Bewegungsverhaltens ist ein wichtiges Hilfsmittel der Analyse. Aus den genannten Kriterien für die Analyse lassen sich folgende Fragestellungen für die Visualisierung ableiten, die in diesem Paper beantwortet werden:

- Wie kann der zeitliche Verlauf von Bewegungen veranschaulicht werden?
- Wie lässt sich ein Verhältnis zwischen aus- und eingehenden Bewegungen darstellen, wenn mehrere Regionen gegenübergestellt werden?
- Wie kann ein Vergleich zwischen zwei Datensätzen visualisiert werden?

Für die aufgeführten Fragestellungen werden in Kapitel 2 vorhandene Visualisierungen auf deren Eignung geprüft. Die ausgewählte Darstellung wird in Kapitel 3 beschrieben und es werden hinzugefügte Funktionalitäten aufgezeigt, die für die Beantwortung der aufgeführten Fragestellungen erforderlich sind. In Kapitel 4 wird anhand einer Fallstudie auf Basis der Region Hochfranken exemplarisch aufgezeigt, wie die Visualisierung zur Analyse des Bewegungsverhaltens genutzt werden kann. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf zukünftige Erweiterungen gegeben.

## 2. Stand der Wissenschaft

Die Herausforderung bei der Visualisierung von Bewegungen besteht darin, räumliche und zeitliche Informationen verständlich und übersichtlich abzubilden. Es existieren statische Darstellungen wie Flow Maps (Tobler, 1987) oder Edge Bundling (Holten et al., 2009), die keine zeitlichen Aspekte aufweisen. Mit animierten Darstellungen kann der zeitliche Verlauf aufgezeigt werden (Becker et al., 1995). Bei vielen Bewegungen und Regionen ist dies unübersichtlich und schwer nachverfolgbar. In einem interaktiven Ansatz wie MobilityGraphs (von Landesberger et al., 2016) mit separaten Darstellungen für die zeitliche und räumliche Komponente sind alle Informationen vorhanden. Dieser

erfordert jedoch tiefere Einarbeitung durch den Anwender. Mit Flowstrates (Boyandin et al., 2011) existiert eine interaktive Darstellung, um Bewegungen anhand zeitlicher und räumlicher Kriterien übersichtlich und detailliert darzustellen.

## 3. Flowstrates

### 3.1 Definitionen

Bevor die Anwendung im Detail betrachtet werden kann, ist die Definition folgender Begriffe erforderlich:

- **Bewegung:** Ortsveränderung von Personen zwischen zwei unterschiedlichen Regionen.
- **Zeitabhängige Bewegung:** In einem bestimmten Zeitintervall startende Bewegung.
- **Bewegungsverhalten:** Alle in einem Datensatz vorkommenden Bewegungen.
- **Stärke einer Bewegung:** Anzahl der sich bewegendenden Personen.
- **Auswählen:** Temporäres Einschränken der Ursprungs- und/oder Zielregionen durch den Anwender.
- **Betrachten:** Untersuchen einer Region, eines Zeitintervalls oder einer Bewegung. Die tatsächliche Auswahl bleibt unverändert.

### 3.2 Aufbau der Darstellung

Flowstrates weist eine vertikal dreigeteilte Ansicht auf. Auf der linken und rechten Seite befindet sich je eine Karte. Die linke Karte ist für ausgehende, die rechte Karte für eingehende Bewegungen zuständig. Zwischen beiden Karten befindet sich eine Tabelle, deren Zeilen die Bewegungen von einer Ursprungs- in eine Zielregion repräsentieren. Durch die Spalten der Tabelle erfolgt eine Unterteilung in Zeitintervalle. Jede dabei entstehende Zelle stellt eine zeitabhängige Bewegung dar. Je nach deren Stärke wird eine farbliche Unterscheidung vorgenommen. Das Betrachten einer zeitabhängigen Bewegung in der Tabelle hat zur Folge, dass die beiden beteiligten Regionen der Bewegung auf der jeweiligen Karte anhand der Stärke der zeitabhängigen Bewegung eingefärbt werden, wie in Abbildung 1 dargestellt. Durch das Auswählen einer oder mehrerer Regionen auf den Karten ist es möglich, die Tabelle auf die jeweiligen Bewegungen zu beschränken. Bei jeder Auswahl des Anwenders wird die Tabelle erneut aufgebaut, wodurch

die Farbwerte im Kontext der aktuellen Auswahl neu berechnet werden.

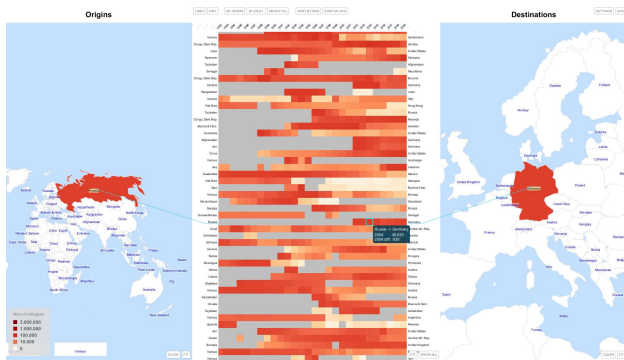


Abbildung 1. Ursprüngliche Flowstrates Visualisierung, in welcher die Ursprungsregion (links) und Zielregion (rechts) anhand der Stärke der betrachteten zeitabhängigen Bewegung eingefärbt werden. In der Tabelle (Mitte) befinden sich die Bewegungen untereinander, vertikal zeitlich unterteilt. (Boyandin et al., 2011)

### 3.3 Verbesserungen des ursprünglichen Ansatzes

Mit dem ursprünglichen Ansatz kann geklärt werden, ob und wie sich die Bewegungsstärke im zeitlichen Verlauf verändert. Mit veränderten Funktionalitäten kann dies detaillierter beantwortet werden. Um Datensätze miteinander zu vergleichen oder das Verhältnis zwischen aus- und eingehenden Bewegungen zu bestimmen, müssen neue Funktionalitäten ergänzt werden.

#### 3.3.1 Gesamtstärke der Bewegungen

Im ursprünglichen Ansatz besteht keine Möglichkeit, die Stärke von Bewegungen, unabhängig des Zeitintervalls, anzuzeigen. Dies wurde ergänzt, da sich daran in einem ersten Schritt erkennen lässt, welche Regionen über den gesamten Zeitraum am häufigsten als Ursprung oder Ziel dienen.

#### 3.3.2 Betrachten einer Region

Beim Betrachten einer Region auf der Karte werden die beteiligten Zeilen der Tabelle farblich anhand der Bewegungsstärke während des gesamten Zeitraums markiert. Außerdem werden alle betroffenen Regionen auf der entgegengesetzten Karte in denselben Farben eingefärbt. In der Kartenansicht der betrachteten Region wird diese farblich anhand der Gesamtstärke aller betroffenen Bewegungen gekennzeichnet, was in Abbildung 2 zu erkennen ist. Die drei weiteren schwarz umrahmten Regionen auf der linken Karte sind hervorgehoben, weil diese Teil der vom Anwender getroffenen Auswahl sind. Bei weiß umrahmten Regionen auf der rechten Karte existieren keine Bewegungen aus der Ursprungsregion. Des Weiteren besteht die Option, ein Zeitintervall festzulegen. Beim Betrachten einer Region erfolgt dann die Färbung der Regionen in beiden Karten ausschließlich anhand der Stärke der zeitabhängigen Bewegungen.

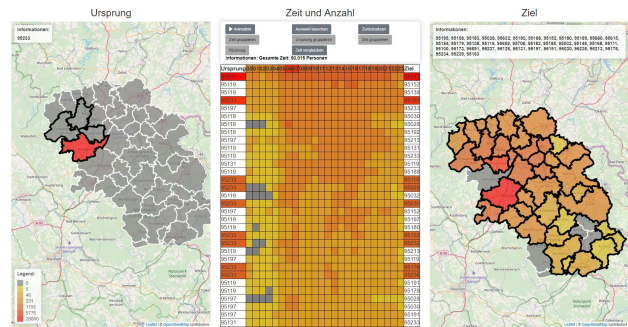


Abbildung 2. Betrachten einer Region auf der linken Karte.

#### 3.3.3 Animation

Obwohl in Kapitel 2 aufgeführt wird, dass Animationen als alleinige Visualisierung ungeeignet sein können, lässt sich Flowstrates um eine solche Option erweitern. Es wird eine Einfärbung der Regionen anhand der Stärke der Bewegungen im jeweiligen Zeitintervall vorgenommen. Die Animation der Bewegungen berücksichtigt die vom Anwender getroffene Auswahl. Da der Anwender einzelne Bewegungsinformationen interaktiv untersuchen kann, dient die Animation als unterstützende Komponente.

#### 3.3.4 Rückweg

Mit entgegengesetzten Bewegungen lassen sich Regionen in ein Verhältnis stellen. Für jedes Zeitintervall wird anhand der ausgewählten Regionen die Differenz zwischen aus- und eingehenden Bewegungen berechnet. Ist die berechnete Bewegungsstärke negativ erfolgt das Einfärben in Komplementärfarben, siehe Abbildung 3.

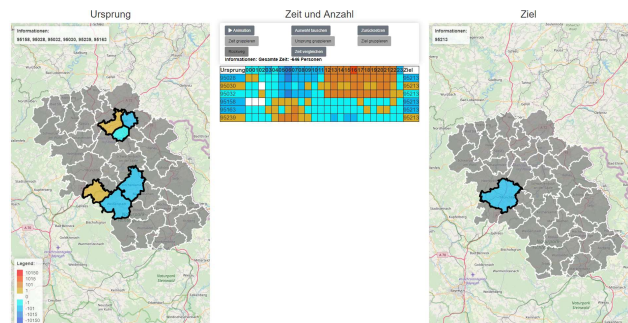


Abbildung 3. Vergleich zwischen Hinweg und Rückweg ausgewählter Bewegungen über den gesamten Zeitraum. Ist die Stärke der ausgehenden Bewegung größer als die der eingehenden, wird dies in Orangetönen dargestellt, andernfalls in Blautönen.

#### 3.3.5 Vergleich zweier Datensätze

Um Unterschiede im Bewegungsverhalten zwischen zwei Datensätzen aufzuzeigen, wird die Anwendung um eine Vergleichsfunktionalität ergänzt. Voraussetzung dafür ist, dass beide Datensätze ein einheitliches Datenschema nutzen, was verwendete Zonierung und Zeitintervalle betrifft. Differenzen in der Bewegungsstärke zwischen beiden Datensätzen werden farblich dargestellt. Erhöht sich die Bewegungsstärke werden Orangetöne verwendet, verringert sich die Bewegungsstärke Blautöne.

## 4. Auswertung der Ergebnisse anhand der Fallstudie Hochfranken

### 4.1 Datenbasis

Die Arbeiten dieses Papers sind im Rahmen des Forschungsprojektes Mobilität Digital Hochfranken entstanden, in welchem das Bewegungsverhalten in der Modellregion Hochfranken analysiert wird. Als Datenbasis dienen Bewegungsdaten von Mobiltelefonen eines Telekommunikationsunternehmens, welche aus einem Analysezeitraum vom 01. bis 29. März 2017 stammen. Es sind ausschließlich stündliche Bewegungen für die Wochentage Montag bis Donnerstag aufgeführt. Die Bewegungen wurden auf Ebene der Postleitzahlengebiete erfasst. Bewegungen, die nur eines der beiden Gebiete als Ursprungs- bzw. Zielregion aufweisen, sind ebenso wie Durchgangsverkehr nicht enthalten. Mit Erkenntnissen aus dem Projekt sollen Simulationen erstellt werden, bei denen das tatsächliche Bewegungsverhalten nachempfunden wird.

### 4.2 Veränderung der Bewegungsstärke

Mit der Darstellung kann festgestellt werden, dass sich die Bewegungsstärke im Verlauf eines Tages deutlich ändert. Besonders morgens und zwischen Mittag und Nachmittag sind gesamtheitlich die meisten Bewegungen vorzufinden. Die in Abbildung 2 getroffene Auswahl deutet diese Verhaltensweise an. Da die Daten für Wochentage ermittelt wurden, könnte dies auf Bewegungen zu Schulen oder Arbeitsplätzen zurückzuführen sein. Vormittags, abends und nachts finden vergleichsweise weniger Bewegungen statt. Außerdem weisen städtische Gebiete mehr Bewegungen auf als ländliche. Die hinzugefügten Funktionalitäten aus Abschnitt 3.3.1 bis 3.3.3 unterstützen den Anwender bei der Analyse des Bewegungsverhaltens.

### 4.3 Rückweg

Die beschriebene Ansicht des Rückweges gibt das Verhältnis aus- und eingehender Bewegungen zwischen Regionen an. In Abbildung 3 ist erkennbar, dass sich die oberen drei Bewegungen im zeitlichen Verlauf deutlich von den unteren drei unterscheiden. Die oberen drei zeigen Bewegungen zwischen Münchberg und den drei Postleitzahlengebieten der Stadt Hof, die unteren drei zwischen Münchberg und periphereren Regionen. Morgens finden von Münchberg in die Stadt Hof mehr Bewegungen statt als entgegengesetzt. Ab Mittag kehrt sich dieses Verhältnis um. Bei den anderen drei Bewegungen zeichnet sich ein gegensätzliches Bild ab. Das vermehrte Aufkommen von Schulen und Arbeitsplätzen in Hof im Vergleich zu Münchberg, aber wiederum im Vergleich von Münchberg zu den peripheren Regionen, könnte eine Ursache dessen sein.

### 4.4 Vergleich zweier Datensätze

Der Vergleich zweier Datensätze soll im Projekt dafür genutzt werden, das Bewegungsverhalten beispielsweise zu unterschiedlichen Jahreszeiten oder im Vergleich zwischen Wochentagen und Wochenende zu analysieren. Die im Rahmen des Projektes erstellten Simulationen können mit den tatsächlichen Bewegungen verglichen

werden. Mit der Darstellung besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse der Simulation zu verifizieren, da stark abweichende Ergebnisse deutlich auffallen.

## 5. Fazit

Durch die dreigeteilte Darstellung besteht eine anschauliche und strukturierte Übersicht, um Bewegungen über einen zeitlichen Verlauf zu analysieren. Die anfangs aufgeführten Fragestellungen lassen sich mit den ergänzten Funktionalitäten beantworten. Das Betrachten einer Region auf der Karte ermöglicht es, die zugehörigen Zielregionen auf der entgegengesetzten Karte anhand der entsprechenden Bewegungsstärke hervorzuheben. Durch das Animieren der Bewegungen werden Veränderungen der Bewegungsstärke im zeitlichen Verlauf zusätzlich herausgestellt. Mit der Rückwegsansicht können Regionen in Relation zueinander gestellt werden. Damit wird das Verhältnis von aus- und eingehenden Bewegungen deutlich, wodurch sich Rückschlüsse auf die Infrastruktur einer Region ziehen lassen. Es ist möglich Datensätze zu vergleichen, wodurch starke Abweichungen in komplementären Farben ersichtlich werden. Dies kann bei der Analyse des Bewegungsverhaltens zu unterschiedlichen Zeiträumen, aus verschiedenen Datenquellen oder zum Vergleich mit Simulationsergebnissen genutzt werden. Erkenntnisse, die aus der Darstellung hervorgehen, lassen sich beispielsweise für den öffentlichen Personennahverkehr nutzen, um zu verifizieren, ob sich deren Routen mit häufig aufgesuchten Bewegungen decken bzw. ob angebotene Abfahrtszeiten während Intervallen mit hoher Bewegungsstärke stattfinden. Weiterführend wäre eine offene Frage, wie eine dynamische Zonierung der Regionen erreicht werden kann, um fein- und grobgranuläre Analysen durchzuführen.

## 6. Referenzen

- Becker, R. A., Eick, S. G., & Wilks, A. R. (1995). Visualizing network data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1(1), 16–28.
- Boyandin, I., Bertini, E., Bak, P., & Lalanne, D. (2011). Flowstrates: An Approach for Visual Exploration of Temporal Origin-Destination Data. *Computer Graphics Forum*, 30(3), 971–980.
- Holten, D., & van Wijk, J. J. (2009). Force-Directed Edge Bundling for Graph Visualization. *Computer Graphics Forum*, 28(3), 983–990.
- von Landesberger, T., Brodtkorb, F., Roskosch, P., Andrienko, N., Andrienko, G., & Kerren, A. (2016). MobilityGraphs: Visual Analysis of Mass Mobility Dynamics via Spatio-Temporal Graphs and Clustering. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(1), 11–20.
- Tobler, W. R. (1987). Experiments In Migration Mapping By Computer. *The American Cartographer*, 14(2), 155–163.