

# Visualisierung von Verkehrsströmen mit Hilfe von Partikelsystemen

Peter FERSCHIN

(Dipl.-Ing. Dr. Peter Ferschin, Institut für EDV gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung, TU Wien, Floragasse 7,  
email: ferschin@osiris.iemar.tuwien.ac.at)

Die Entwicklung dynamischer, computergestützter Visualisierungsmethoden hat in den letzten Jahren vor allem durch deren Einsatz in der Unterhaltungsindustrie (Filmproduktion, Musikvideo, Computerspiele) eine gesteigerte Verbreitung und Professionalisierung erfahren. Dies ermöglicht einen kostengünstigen Einsatz moderner Visualisierungstechniken im Desktopbereich. Der folgende Artikel soll unterschiedliche Techniken die für die Verkehrsvisualisierung von Relevanz sind näher beleuchten. Insbesondere wird der Schwerpunkt auf den Einsatz von Partikelsystemen gelegt, die einen interessanten Ansatz sowohl für die Simulation als auch die Visualisierung von stochastischen Verkehrsmodellen darstellen.

## VISUALISIERUNG DES ÖFFENTLICHEN VERKEHRS

Der öffentliche Verkehr unterliegt den striktesten Planungsmaßen, einerseits zur Bedarfsdeckung als auch durch die Spezifikation zeitlich-räumlicher Randbedingungen (Fahrpläne, Intervalle, etc.). Dieser sehr strikte Planungsansatz ermöglicht auch eine sehr detailgenaue Visualisierung des zeitlich-räumlichen Verhaltens eines öffentlichen Transportelements durch Bestimmung von Zeit-Weg Diagrammen die sich unmittelbar in dynamische Visualisierungen umsetzen lassen.

### Zeit-Weg Diagramme

Die traditionelle Methode der Computeranimation entwickelte sich aus der sogenannten Key-Frame Technik. Dabei wird eine zeitliche Abfolge von „Schlüsselszenen“ (sogenannte Key-Frames) definiert, die zu einem bestimmten Zeitpunkt eine bestimmte Position eines Objektes festlegt. Die dazwischenliegenden Zeit- und Ortspunkte werden mittels eines Interpolationsverfahrens ermittelt, wodurch beliebige Zwischenwerte zu jedem Zeitpunkt ermittelt werden können. Je nach Anwendungsfall sind verschiedene Interpolationstechniken sinnvoll (z.B. einfache lineare Verbindung; Abbremsen vor Erreichen einer Schlüsselstelle und Beschleunigen nach Verlassen einer Schlüsselstelle; etc).

Im Bereich der Verkehrsvisualisierung lassen sich Zeit-Weg Diagramme beispielsweise aufgrund von Fahrplänen ermitteln. Das folgende Beispiel illustriert dies im Bereich des Schnellbahnsystems von Wien.

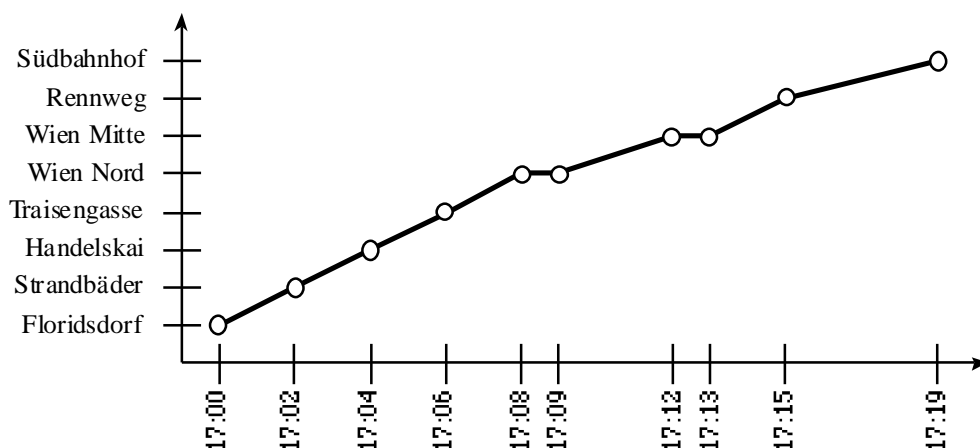


Abbildung 1: Zeit-Weg Diagramm der Schnellbahn S3 auf dem Streckenabschnitt Floridsdorf–Südbahnhof

Die Umsetzung der Visualisierung einer Schnellbahnverbindung ist bei gegebener Routendefinition durch einfache lineare Interpolation der Ankunftszeiten realisierbar. Die Routendefinition erfolgt dabei durch polygonale Repräsentation mit zeitlicher Attributierung an den Knotenpunkten der einzelnen Stationen.

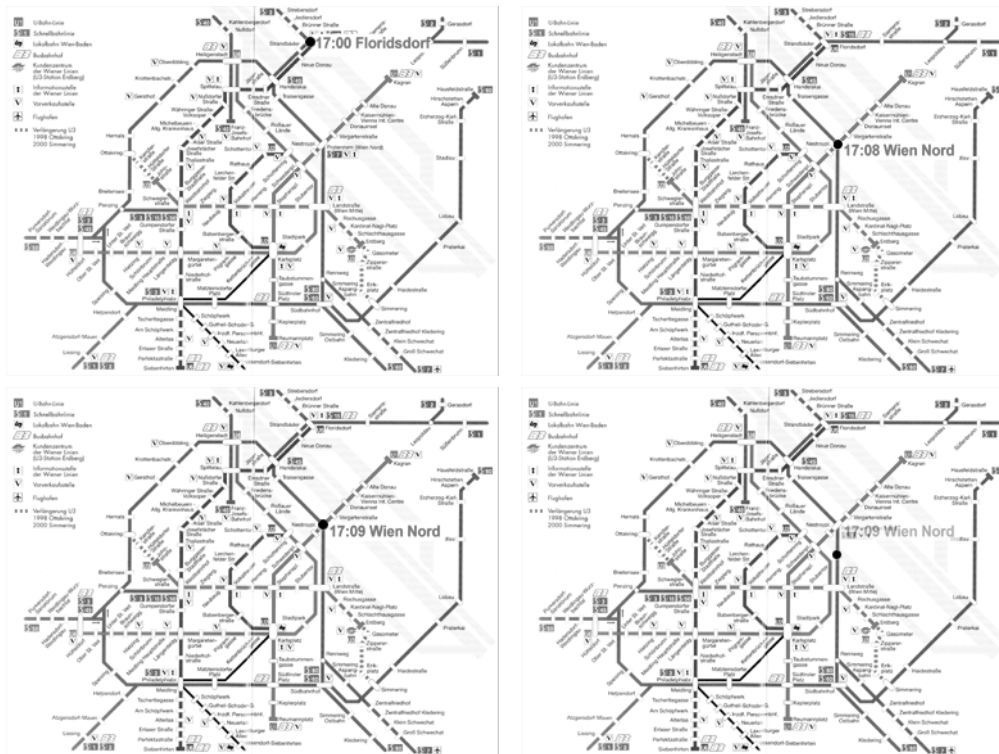


Abbildung 2: Visualisierung des Schnellbahnverkehrs anhand des Fahrplanes der S3

Die Darstellung eines Schnellbahnzuges der S3 erfolgt durch eine sich bewegende Kreisscheibe entlang der Fahrtstrecke des öffentlichen Netzes. Bei Erreichen einer Station wird die Ankunftszeit mit dem Namen der Station eingeblendet. Erfolgt ein zeitlicher Aufenthalt in einer Station (in diesem Beispiel Wien Nord) so wird die eingeblendete Zeit weitergeführt. Nach dem Verlassen der Station wird die angezeigte Stationsinformation langsam ausgeblendet.

## VISUALISIERUNG DES INDIVIDUALVERKEHRS

Das zeitliche Verhalten des Individualverkehrs läßt sich nicht mittels Techniken wie sie im öffentlichen Verkehr genutzt werden können (Fahrpläne, Intervalle) bestimmen. Hier müssen stochastische Prozesse, die durch Ereignisse wie Arbeitsbeginn, Arbeitsende ausgelöst werden, als Modellgrundlage verwendet werden. Ebenfalls ist die Routenwahl nicht strikt vorgegeben, sondern muß mittels Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von Start- und Zielort modelliert werden. Dies stellt wesentlich komplexere Anforderungen an die Simulation und somit auch an die Visualisierung von Verkehrsmodellen. Im folgenden werden Partikelsysteme in ihrer prinzipiellen Funktionsweise und Anhand einiger einfacher Beispiele exemplarisch vorgestellt.

### Partikelsysteme

Zur Visualisierung von Strömungsverhalten von Flüssigkeiten und Gasen werden in der Computeranimation sogenannte Partikelsysteme verwendet. Dabei werden am Anfang einer Strömungssimulation kleine Teilchen (Partikel) in ein Strömungssystem mit bestimmten Anfangsbedingungen (Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung, etc.) eingebracht. Der zeitliche und räumliche Verlauf eines Partikels ergibt sich dann aus den an dieser Stelle herrschenden Umgebungsbedingungen die die Parameter eines Partikels (Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung, etc.) beeinflussen. Die Veränderung eines Partikels ergibt sich somit durch Simulation der Strömung und wird durch eine Aufeinanderfolge von Zeitpunkten aus den vorhergehenden Parametern errechnet. Eine Übersichtsdarstellung über den Weg eines bestimmten Partikels läßt sich a priori im Allgemeinen nicht bestimmen, da der derzeitige Zustand eines Partikels sich aus der Abfolge der Zustände der Vergangenheit ableitet.

Ein Partikelsystem besteht daher aus einem Objekt das Partikel emittiert und aus Elementen die das Verhalten eines Partikels in seiner Umgebung bestimmen. Dies kann beispielsweise durch Definition unterschiedlicher Beeinflussungsbereiche bestimmt werden, wie nachfolgend näher erläutert wird.

Emissionselement

Im folgenden Beispiel wird eine rechteckige Fläche als Emissionselement verwendet. Die Aussendung der Partikel erfolgt stochastisch einer Gleichverteilung über die Fläche folgend, wobei als „Geburtsrate“ die Anzahl der Elemente pro Zeiteinheit angegeben werden kann.

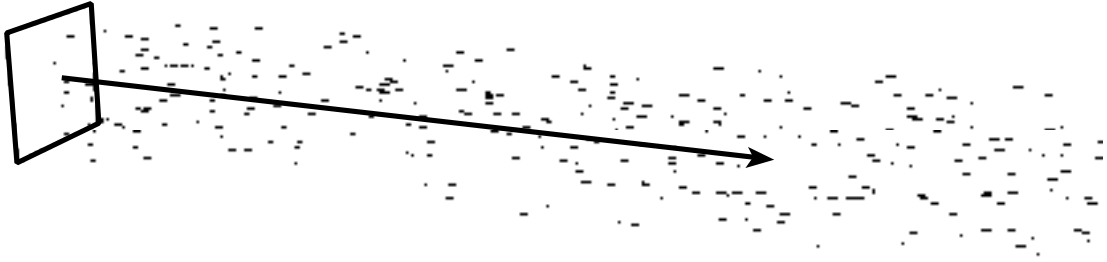


Abbildung 3: Emitter mit ausgesendeten Partikeln in Normalrichtung zur Oberfläche des Emitters

Die Partikel werden dabei in Normalrichtung zur Emissionsfläche mit konstanter Geschwindigkeit ausgesendet. Variationen der Geschwindigkeit und unterschiedliche Verteilungen der Emissionsrichtung können ebenfalls definiert werden.

Modifikationselemente

Der räumliche und zeitliche Verlauf von Partikelströmen kann durch Elemente, die Parameter der Partikel modifizieren, geändert werden. Je nach Anwendungsfall sind unterschiedlichste Modifikationen denkbar, im weiteren werden zwei Elemente (Attraktor, Turbulenz) beispielhaft vorgestellt.

*Attraktorelement*

Ein Attraktorelement definiert einen räumlichen Bereich mit einem Attraktionszentrum, das Partikel, welche in den Wirkungsbereich dieses Elements geraten in Richtung des Attraktionszentrum verändert. Der Stärke der Anziehungskraft kann als Parameter verändert werden. Außerhalb des räumlichen Wirkungsbereiches bleibt der Verlauf der Partikel unverändert.

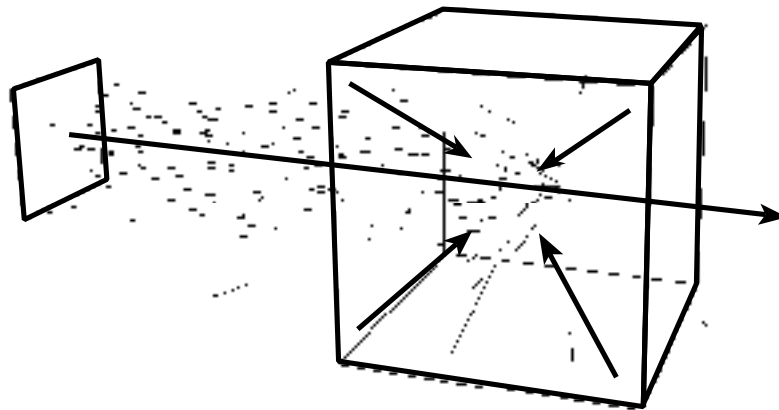


Abbildung 4: Quaderförmiges Attraktorelement mit Attraktionszentrum im Schwerpunkt des Quaders

*Turbulenzelement*

Ein Turbulenzelement bildet einen räumlichen Bereich der Partikel von ihrer ursprünglichen Bewegungsrichtung ablenkt. Der Grad der Ablenkung ist proportional zur Aufenthaltsdauer innerhalb des Turbulenzelements. Die Stärke der Turbulenz kann als Parameter verändert werden.

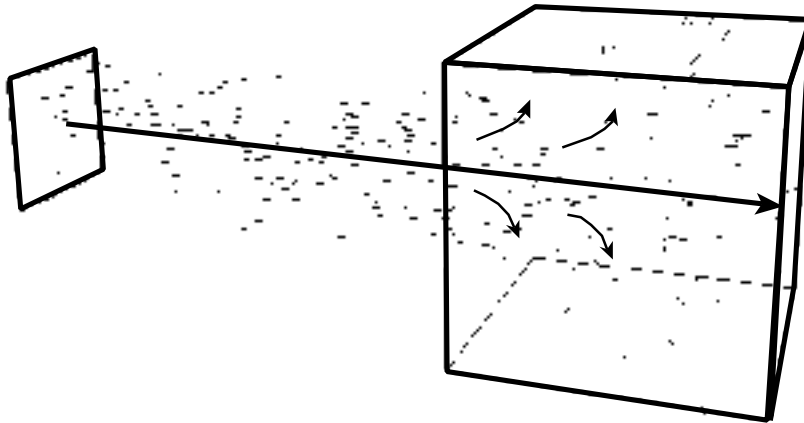


Abbildung 5: Quaderförmiges Turbulenzelement, Partikel werden von ihrer Bewegungsrichtung abgelenkt

### Visualisierung von Stadtrhythmen

Das folgende Beispiel demonstriert die visuelle Simulation eines einfachen Grundrhythmus einer Stadt der durch den täglichen Pendlerverkehr während der Arbeitstage hervorgerufen wird. Die Simplifikation des Modells des Pendlerverkehrs wurde dabei absichtlich gewählt um das Augenmerk auf die Grundprinzipien eines Partikelsystemes zu lenken.



Abbildung 6: Pendlerverkehr als Grundrhythmus des Arbeitsverkehrs einer Stadt

Die Visualisierung des Pendlerverkehrs wurde mit einem einfachen Partikelsystem mit radialer Ausstoßrichtung und gleichförmiger Verteilung in allen Richtungen realisiert. Als Zentrum des Partikelsystemes wurde dabei das Stadtzentrum gewählt.

### Visualisierung der Verkehrsverteilung in unterschiedlichen Stadtbereichen

Ein weiteres Beispiel demonstriert die Verteilung des einströmenden Verkehrs in Wien. Dabei wurden auf den Hauptverkehrsrouten (Donauufer-, West-, Süd-, Ostautobahn) Emitterelemente positioniert, die Verkehrsteilnehmer in Fahrtrichtung (Richtung Stadt) emittieren. Das Verkehrsverhalten in der Stadt wurde

durch zwei Bereiche näher definiert, wobei ein äußerer Bereich die Verteilung des Verkehrs in der Stadt bestimmt, und ein innerer Bereich ein Attraktionszentrum darstellt, das von den Verkehrsteilnehmern bevorzugt besucht wird. Der äußere Verteilungsbereich wurde als Turbulenzelement realisiert, der innere Bereich als Attraktorelement.

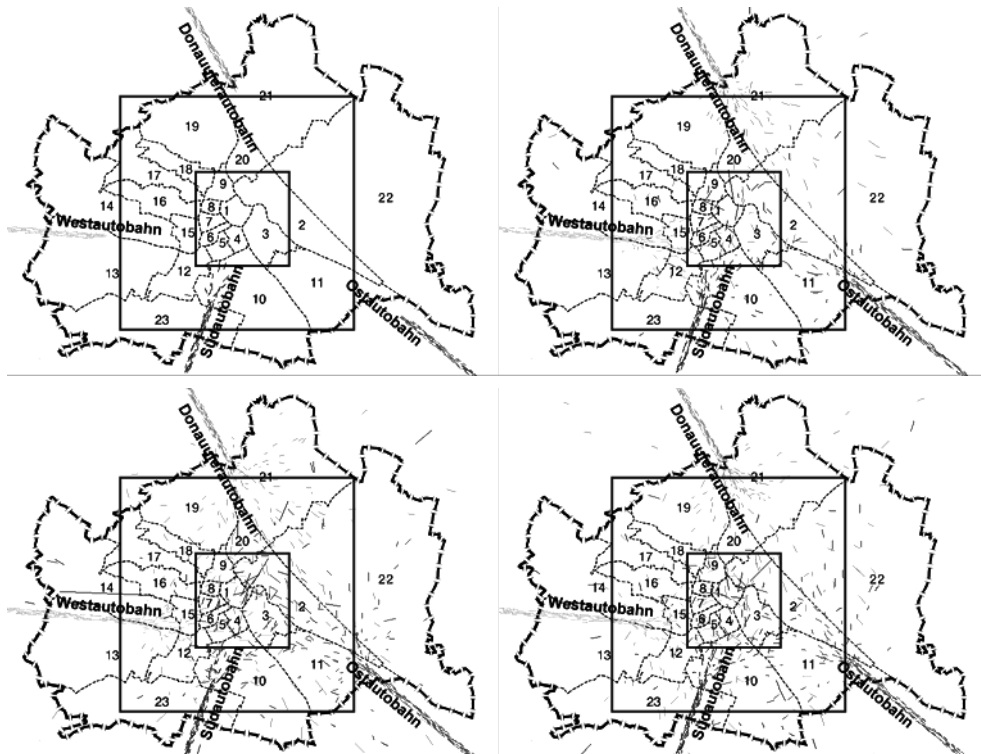


Abbildung 7: Verkehrsverteilung einer Stadt

Beide Bereiche sind als Rechtecke visualisiert, der innere Bereich umschließt dabei die Innenstadt, sowie die Bezirke innerhalb des Gürtels, der äußere Bereich umgrenzt die dichter besiedelten Gebiete.

### Visualisierung von Durchzugsverkehr

Als Erweiterung des „klassischen“ Partikelsystems lassen sich Partikel mit Verkehrsrouten, wie sie in der Visualisierung bei Weg-Zeit Diagrammen verwendet wurden, kombinieren.

Dies ermöglicht eine genauere Visualisierung des Verkehrs mit Berücksichtigung von Start und Zielort, sowie Wahl einer Verkehrsrouten.

Das nachfolgende Beispiel soll diese Simulationstechnik anhand einiger Verkehrsrouten für den Durchzugsverkehr von Wien veranschaulichen.



Abbildung 8: Durchzugsverkehr zwischen den Hauptverkehrsrichtungen

Die einzelnen Verkehrsrouten wurden als polygonale Streckenzüge definiert, wobei unterschiedliche Partikel mit eigener Route als Verkehrsteilnehmer generiert wurden.

### ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Vorteil in der Verwendung von Partikelsystemen in der Verkehrssimulation besteht darin, daß das Verhalten von einer größeren Anzahl von Verkehrsteilnehmern modelliert werden kann. Es ist somit möglich sämtliche Verkehrsteilnehmer einer Stadt in ein Verkehrsmodell zu integrieren. Selbstverständlich lässt sich ein Modell dieses Maßstabs nur durch statistische Kenngrößen beschreiben. Der weitere Vorteil von Partikelsystemen besteht darin, daß unterschiedliche Theorien oder Modellansätze realisiert und somit auch in einer gemeinsamen Simulationsumgebung miteinander verglichen werden können.

Obwohl Partikelsysteme sehr allgemein definiert sind, so sind die Anwendungsgebiete zur Zeit noch hauptsächlich auf die Simulation natürlicher Phänomene (Flüssigkeiten, Gase, Feuer) beschränkt. Für den Einsatz in der Verkehrssimulation müßten daher spezielle Partikelsysteme geschaffen werden die das Verhalten von Verkehrsteilnehmern akkurat abbilden können. Insbesondere im Bereich der Wahl der Verkehrsrouten in Abhängigkeit von bestimmten Ereignissen (Arbeitszeitrhythmen, Freizeitrhythmen) ist noch einiges an Entwicklungsarbeit zu leisten.

Im allgemeinen ist jedoch der Einsatz von Partikelsystemen für die Verkehrssimulation ein interessanter Ansatz für die Entwicklung dynamischer Planungstechniken. Insbesondere wären geeignete Schnittstellen von bestehenden GIS Systemen zu moderner Visualisierungssoftware anzustreben um Erfahrung in der Definition von räumlich-zeitlichen geografischen Simulationsmodellen zu gewinnen.

### LITERATUR UND INFORMATIONSMATERIAL

- A. Watt, M. Watt, Advanced Animation and Rendering Techniques, Addison-Wesley, 1992.
- J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes, Computer Graphics Principles and Practice, Addison-Wesley, 1992.
- Magistrat der Stadt Wien, Architektur in Wien, Geschäftsgruppe Stadtentwicklung und Stadterneuerung, Wien, 1984.
- ÖBB Schnellbahn, Regionalfahrpläne, Österreichische Bundesbahnen, Geschäftsbereich Personenverkehr, 98/99.
- Taschenplan, Wiener Stadtwerke – Verkehrsbetriebe, 1999.