

A4 - Modellierung und Simulation von Mobilität

Problemstellung / Stand der Forschung

- **Modelle und Simulationen** von
 - Benutzermobilität im Allgemeinen
 - speziellen Fragestellungen wie etwa der Informationsausbreitung werden in verschiedenen Teilprojekten des SFB benötigt.
- **Spezielle Anforderungen** an Geometriemodell und Simulationswerkzeuge:
 - Raum- und Zeitauflösung
 - Skalierbarkeit (einzelne Räume bis ganzes Straßennetz)
 - Unterschiedlicher Bedarf an Genauigkeit: globale/lokale Betrachtung
- **Vorhandene Modelle/Werkzeuge** zur Verkehrssimulation
 - Zeitdiskret (Fahrzeugfolggleichungen, nichtstetige Bewegungsgleichungen)
 - Kontinuumsmechanisch (Finite Differenzen, Zelluläre Automaten) decken - soweit überhaupt verfügbar - Erfordernisse im SFB nur teilweise ab.
- **Schnittstellenproblematik:** Vielzahl von Simulationstools mit verschiedenen Beschreibungsformen von Geometrie und Simulationsergebnissen

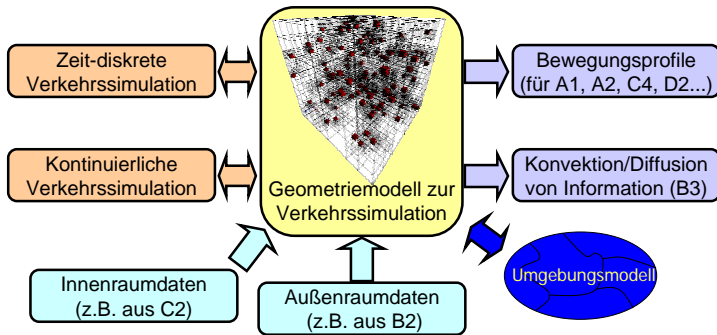
Ziele / Erwartete Ergebnisse

Modell der Simulationsgeometrie

- Hierarchisch und raum aufgelöst,
- Schnittstelle zum Austausch von Geometriedaten und Simulationsergebnissen und zur Organisation der Simulationen

Simulation von Mobilität

- Kontinuierlich/makroskopisch (Simulation von Verkehrsflüssen)
- Zeit-diskret/mikroskopisch (Simulation von Individuen)



SFB Vernetzung

Thema Benutzermobilität

- ⇒ **A1:** Nutzerdichten für die Simulation von Kommunikationsvorgängen
- ⇒ **A2:** Benutzerprofile für Caching- und Hoarding-Mechanismen und zur Leistungsbewertung der Protokolle für die geographische Kommunikation
- ⇒ **C4:** Bewegungsprofile zur Vereinfachung von Straßentopologien
- ⇒ **D2:** Verkehrsdichten als Parameter für Pfadsuche-Verfahren

Thema Hierarchische Geometriemodellierung

- ⇒ **B2:** Hierarchische Simulationsgeometrie (Außenraum)
- ⇒ **C2:** Hierarchische Simulationsgeometrie (Innenraum)
- ⇒ **AK2:** Vorbereitung der Datenübergabe mittels der Nexus-Plattform

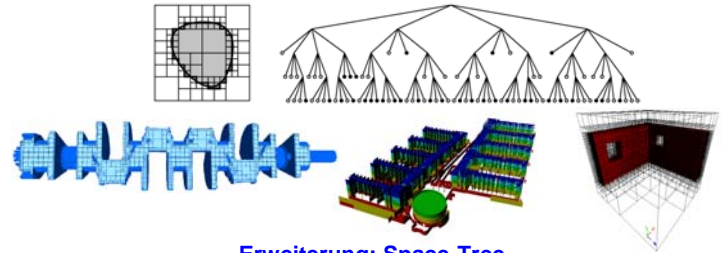
Allgemeiner Erfahrungsaustausch

- ⇒ **A1:** Zeitdiskrete Ereignissimulation
- ⇒ **B3:** Modelle für konvektive und diffusive Informationsausbreitung
- ⇒ **C5:** Erzeugung und Simplifizierung der Geometrieparameter
- ⇒ **AK1/D3:** Bereitstellung von Bewegungsprofilen/Auswirkungen von Anpassungs- und Optimierungsprozessen

Simulationsgeometrie: Vorarbeiten

Geometriemodellierung mit Quadtree-/Octree-Datenstrukturen

- Toolbox zur volumenbasierten geometrischen Modellierung [Nothnagel]
- Integration von CAD/numerischer Simulation/Visualisierung [Breitling, Frank]
- Finite-Volumen-Strömungslöser [Mundani]
- Gebäudeentwurf: Konsistenzüberprüfung von Plandaten, Integration von Architekturmodellen und Baustatikberechnungen [Mundani]



Erweiterung: Space-Tree

- d-dimensionaler Ansatz mit Dimension als Parameter
- d-1-dimensionale Space Trees zur Beschreibung der Gebietsberandung

Simulationsgeometrie: Ziele

Bereitstellung einer gemeinsamen Beschreibung der Simulationsgeometrie

- **Hierarchisch** - einheitliche Darstellung sowohl umfangreicher Szenarien als auch einzelner Teilbereiche unterschiedlicher Größe und Auflösung
- **Adaptiv** - Anpassung der Auflösung während eines Simulationslaufs
- **Parallelisierbar** - Behandlung großer Szenarien in Echtzeit bzw. Sub-Echtzeit wird vom Geometriemodell unterstützt.

Schnittstelle zu Erzeugern und Anwendern von Simulationsdaten

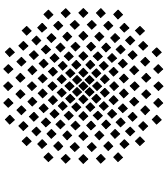
Einheitliche Beschreibungsform für Bereitsteller und Nutzer von Geometriedaten und Verkehrssimulationen:

- Einspeisen von Geometriedaten unterschiedlicher Quellen (Innen-/Außenraum)
- Einbettung diskreter Simulationswerkzeuge in räumlichen Kontext
- Ankoppeln verschiedener Simulationswerkzeuge (kontinuierlich/diskret)
- Erzeugte Daten unabhängig vom Simulationstool in einheitlicher Form verfügbar

Simulationsgeom.: Methoden, Ansätze

Implementierung einer Space-Tree-Datenstruktur für die Verkehrssimulation

- **Identifikation der für Simulationszwecke wichtigen Geometriedaten**
 - Inhalte von Teilwürfeln
 - Vernetzungen zwischen den Teilwürfeln
- **Geeignete Attributierung einer Space-Tree-Datenstruktur**
 - Zunächst zweidimensionale Szenarien; Konzept dimensionsunabhängig
- **Ausnutzung der Raumpartitionierung zur Parallelisierung der Simulationsläufe**
 - Geometriegetrieben: Teilwürfel werden gemäß der Struktur der Simulationsgeometrie komplett einzelnen Prozessoren zugewiesen
 - Datengetrieben: Erfassung der mobilen Objekte; Zuordnung von Teilwürfeln zu Prozessoren entsprechend dem Füllgrad und der nachbarschaftlichen Anordnung
- **Umstellung auf echt dreidimensionale Szenarien**
 - z.B. für Innenräume von Gebäuden, dreidimensionale Lokalisierung von Objekten



A4 Modellierung und Simulation von Mobilität

Diskrete Simulation: Vorarbeiten

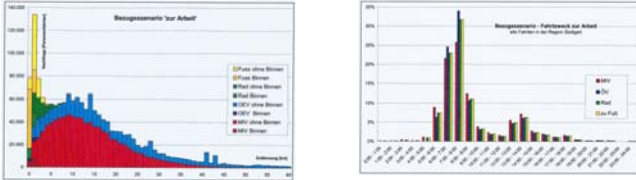
Netzgraf mit Geokodierung

- 2D-Geometriemodell für hierarchisches Straßennetz (Region Stuttgart) als Netzeditor für Visualisierung



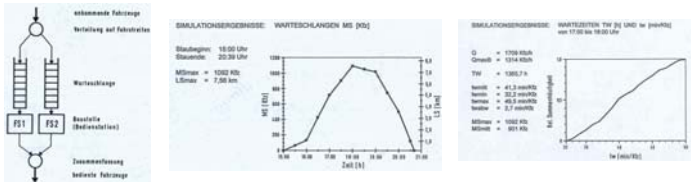
Zeitwahlverhalten von Verkehrsteilnehmern

- Zeit-diskrete Verkehrsnachfragemodelle für unterschiedliche Bezugsszenarien (Fahrtweitenverteilung, Tagesganglinie nach Verkehrsmittel)



Warteprozesse an Engstellen (z.B. Baustellen)

- Zeit-diskretes Warteschlangenmodell (Mehrprozessorsystem)
- Simulation der Bewegungsvorgänge mittels betaverteilter Bruttozeitlücken

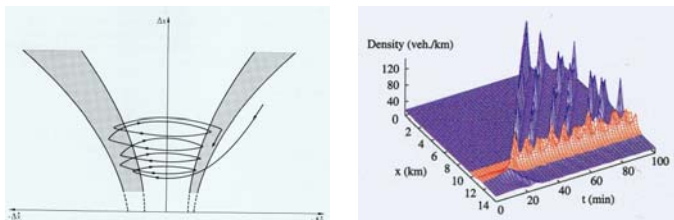


Diskrete Simulation: Ziele

- Generierung von hierarchischen Geometriemodellen aus dem Umgebungsmodell (z.B. Straßennetze, öffentliche Plätze)
- Hochauflösende Simulation von Bewegungsabläufen von Individuen (Kraftfahrzeuge, Fußgänger)
- Bereitstellung aggregierter Mobildaten mit Bewegungsprofilen zur Weitergabe an das Umgebungsmodell
- Skalierbare Netzauflösung (Kommune, Region, Bundesland)

Diskrete Simulation: Methoden, Ansätze

- Zeit-diskrete, mikroskopische Simulation
- Kontinuierliche Fahrzeugfolgegleichungen, nichtstetige Bewegungsgleichungen, Abstandsmodelle mit verhaltensorientierten Ortsbewegungen

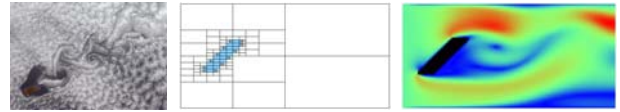


- Attributierung der Bewegungsdaten mit 3D-Koordinaten (Georeferenzierung)
- Erweiterung um Modellansätze für Mobilitätsprognosen

Kontinuierliche Simulation: Vorarbeiten

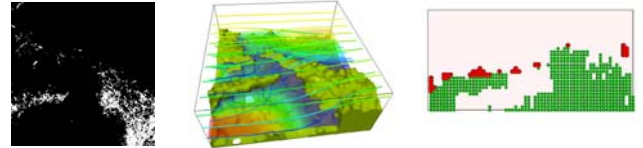
Finite-Volumen-Programmpaket Nast++

- Inkompressible laminare Strömungen viskoser Fluide
- Kartesische Gitter
- Einfache Anpassung an die Erfordernisse des jeweiligen Anwendungsfalls (Geometrieschnittstelle, Ankoppeln zusätzlicher Effekte wie z.B. freie Oberflächen, Parallelisierung...)



Beispielanwendung: Biofilme

- Geometriegewinnung mittels confokaler Laser-Scanning-Mikroskopie
- Simulation von Durchströmung, Stofftransport und Wachstum



Übertragbarkeit auf Verkehrsanwendungen

- Erste Ergebnisse für Verkehrsszenarien (Fußgänger in einem Innenraum; Straßennetz) [Thiele]



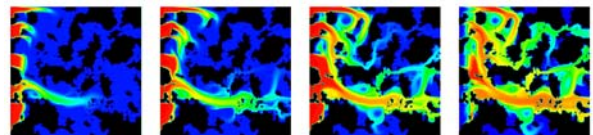
Kontinuierliche Simulation: Ziele

Gewinnung von Benutzerprofilen

- Ermittlung globaler Flussgrößen und daraus repräsentativer Bewegungsprofile
- Benutzer-(klassen-)spezifische Profile nachstellen bzw. vorhersagen
- Einsatz von Höchstleistungsrechnern zur Gewinnung aussagekräftiger Simulationsdaten

Verbesserte Modelle der Informationsausbreitung

- Zusammenarbeit mit TP B3: Modelle für konvektive und diffusive Ausbreitung von Information analog zum Energie- und Stofftransport in Fluiden



Kontinuierliche Sim.: Methoden, Ansätze

- Erweiterung der Topologie des Berechnungsgebietes (Brücken...)
- Ersetzen der Impulsgleichung der Navier-Stokes-Gleichung durch verkehrsspezifische Bedingungen (Geschwindigkeitsbeschränkungen...)
- Erweiterung um Modell verkehrsspezifischer Transportprozesse (Informationsausbreitung)
- Zunächst inkompressible Rechnungen (z.B. Innenraumszenarien), stationär
- Später Erweiterung auf kompressible Modelle, quasistationäre (zeitabhängige Randbedingungen) und instationäre Rechnungen