

Was In Den Fluren Wirklich Passiert

Eine interdisziplinäre Analyse der Personenströme in einem neuen Schulgebäude

Bram Leisink & Myrthe Sas, Mondial College, Nijmegen, Niederlande - Diese Übersetzung wurde mit KI erstellt.



EINLEITUNG

Wenn das Mondial College Leuvenbroek in sein neues Gebäude umzieht, müssen die rund 1.200 Schülerinnen und Schüler bei jedem Stundenwechsel innerhalb von drei Minuten durch die Flure. Wo es dabei eng wird, lässt sich im Nachhinein kaum noch beantworten – dann steht die Architektur schon fest. Diese Studie klärt das vorab, mit einer Pre-Occupancy-Analyse, die die Personenströme allein aus Bauplänen und Verhaltensdaten vorhersagt.

Dafür entsteht ein mehrstufiges Framework: von kontrollierten Verhaltensexperimenten über graphentheoretische Netzwerksimulation und Optimierung bis zur mikroskopischen, agentenbasierten Simulation. Jede Ebene löst, was die vorherige nicht kann; die Methodik ist unabhängig vom konkreten Gebäude.

VERHALTENSCHARAKTERISIERUNG

Klassische Fußgängermodelle gehen von homogenen Akteuren mit fester Wunschgeschwindigkeit aus. Jugendliche weichen davon systematisch ab – das zu quantifizieren war Ziel eines Experiments mit $N = 208$ Schülerinnen und Schülern (11–19 Jahre) in sieben Flurkonfigurationen.

Drei Muster erwiesen sich als bedeutende Reibungsquellen, die Standardmodellen fehlen. *Soziales Clustering*: Freundesgruppen bewegen sich als Einheit, was die nutzbare Flurbreite verringert. *Aufmerksamkeitsreibung*: Smartphone-Nutzung verlangsamt die Reaktion und erzeugt lokale Dichtespitzen. *Kurvenschneiden*: Kurven werden von innen genommen, wodurch sich Dichte gerade an den engsten Stellen staut. Die gemessene freie Gehgeschwindigkeit betrug $v_0 = 1.47 \text{ m/s}$ ($\sigma = 0.19$); alle drei Effekte gingen als Kalibrierungsparameter in die Modelle ein.

GRAPHENTHEORETISCHES FLUSSMODELL

Die BIM-Baupläne wurden in einen gewichteten, gerichteten Graphen überführt ($|V| = 388$, $|E| = 427$); anhand des Stundenplans wurden mit Dijkstra-Routing über 52.000 wöchentliche Quelle-Ziel-Paare simuliert. Daraus ergibt sich für jeden Stundenwechsel ein Lastprofil je Flur.

Wie Abbildung 1 zeigt, laufen **62 % des Fußgängerverkehrs** durch eine einzige zentrale Halle – ein Engpass, der schon aus der Topologie folgt. Ein Simulated-Annealing-Optimierer durchsuchte anschließend tausende Raumzuteilungen, um die Ungleichverteilung zu minimieren; der Gini-Koeffizient sank von 0,585 auf 0,568, also um 3 %. Über den Stundenplan lässt sich die Last nur am Rand umverteilen.

Relevant für eine aktuelle Entscheidung: Die Schulleitung erwägt, die Außentreppen als überflüssig zu schließen. Das Modell zeigt, dass dies mehr Verkehr durch die zentrale Halle zwingen und den Engpass deutlich verschärfen würde.

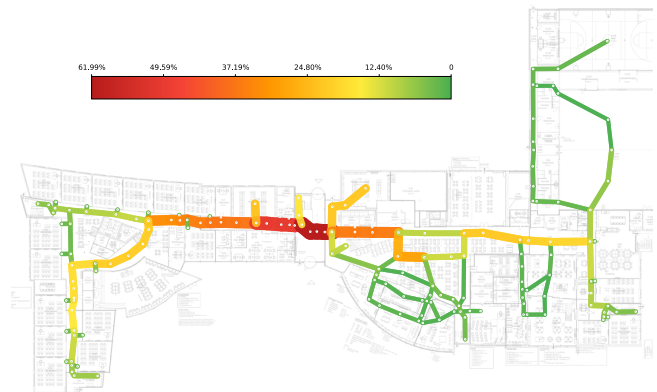


Abbildung 1: Simulierte Flurbelastung im Erdgeschoss während eines Stundenwechsels zur Spitzenzeit (grün: niedrig, rot: hoch). Die zentrale Halle ist der dominierende Knotenpunkt.

MIKROSKOPISCHES SIMULATIONSFRAMEWORK

Graphenmodelle zeigen, wo sich Last aufstaut – nicht aber, wie ein Stau physisch entsteht: Warteschlangen, Konflikte an Türen, Dichtewellen entlang eines Flurs. Eine zweite Ebene greift dies mit JuPedSim (C++/Python) auf, einem agentenbasierten Simulator, in dem jede Bewegung durch das Social-Force-Modell gesteuert und mit den Verhaltensparametern aus dem Experiment kalibriert wird.

Ein zentraler Beitrag ist ein eigenes Geometrieframework, das das Gebäude objektorientiert abbildet und direkt aus BIM- oder CAD-Dateien liest – als gemeinsame Eingabe für Graphenmodell und Simulator. Da JuPedSim keine mehrstöckigen Gebäude unterstützt, läuft pro Etage eine Simulation parallel; eigene Übergangslogik verschiebt Agenten zwischen Etagen, ein Sichtbarkeitsgraph übernimmt die globale Routenplanung. Der reale Stundenplan steuert den Zustrom und ermöglicht so vollständige Stundenwechsel-Szenarien.

VALIDIERUNG UND AUSBLICK

Sobald das Gebäude in Betrieb ist, werden Vor-Ort-Zählungen mit den Modellvorhersagen verglichen – ein direkter Test des Pre-Occupancy-Ansatzes. Nur wenige Studien konnten Menschenmengensimulationen bislang gegen echte Messungen in einer Schule validieren; die Inbetriebnahme dieses Gebäudes bietet dazu eine seltene Gelegenheit.

Die hier entwickelte Methodik – vom Grundriss bis zur Engpasskarte – ist wiederverwendbar gedacht. Jedes Gebäude, in dem Bewegung durch einen Zeitplan strukturiert wird, ob Schule, Krankenhaus oder Verkehrsknotenpunkt, lässt sich damit analysieren, bevor Baubeschlüsse unumkehrbar werden.

Vollständiger Bericht und Poster → <https://hallways.leis.ink>