

Data and Algorithm – the Fast Lane for Carless Mobility

Andreas Thinius

(Andreas Thinius; traxventure research gGmbH, CEO; Hamburg, DE, andreas.thinius@traxventure.org)

1 ABSTRACT

Die Wahl für ein Verkehrsmittel fällt primär durch Bequemlichkeit und Reisedauer und somit auf den motorisierten Individualverkehr (MIV). Insbesondere der Fuß- und Radverkehr wird dem MIV bereits in der Planung untergeordnet. Ineffiziente Wegenetze die der Fußgängerpsychologie und der Fahrradfahrphysik widersprechen entstehen. Dieses hemmt die Bequemlichkeit und Reisedauer des Fuß- und Radverkehrs und somit per Mobilitätskette die des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV).

In einem Vorhaben wird untersucht, ob durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) effiziente Wegenetze, die der Fußgängerpsychologie und der Fahrradfahrphysik entsprechen, entwickelt werden können. Es wird untersucht, mit welchen verfügbaren Daten der Fuß- und Radverkehr so beschleunigt werden kann, dass er zusammen mit dem ÖPNV zur Konkurrenz für den MIV wird.

Keywords: ÖPNV, Radverkehr, Fußverkehr, Algorithmen, Daten

2 FRAMEWORK

2.1 Infrastruktur heute

Die historisch gewachsenen Wegenetze des Fuß- und Radverkehrs weisen Lücken und mangelnde Barrierefreiheit auf. Es fehlt an Brücken, Tunneln, Rampen, Durchstichen und Lückenschlüssen. Radweggradienten entsprechen nicht den Schlepplängen eines Fahrrades. Radverkehrshinweisschilder und Fußgängerforten sind fehldimensioniert und fehlplatziert. Unwegsame bzw. unsichere Oberflächen, Wurzelwerkaufrisse und Stehwasser beeinflussen ebenfalls die Wegroute. Mangelnde und mangelhafte Infrastruktur motiviert die Verkehrsteilnehmer zum Finden eines eigenen Weges (verkehrswidrig sowie „Desired Path Phänomen“) oder hält sie von der Teilnahme am Fuß- und Radverkehr und am ÖPNV ab.

2.2 Stand der Forschung

Ca. 70 Prozent aller Wege unter zwei Kilometern werden zu Fuß oder per Fahrrad zurückgelegt [1]. Die Empfehlungen zur Wegstrecke für Infrastruktureinrichtungen liegen unter zwei Kilometern [2]. Diese Wege werden jedoch nur per Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt, wenn dieses über die produktivste Wegstrecke (schnell und kurz) möglich ist [3]. Bestehende Algorithmen (z.B. Dijkstra) zur Berechnung der kürzesten Route arbeiten auf der Basis von (realen Verkehrs-) Knotennetzen. Aktive Mobilität orientiert sich jedoch nicht an Knotennetzen, sondern folgt primär den Grundsätzen der Physik und Psychologie des Menschen. Seit den 1960ern ist bekannt, dass sog. Trampelpfade („desired path“ ->: „gewünschter Weg“) nach wissenschaftlichen Regeln entstehen [4].

Erhebungen belegen die Notwendigkeit, dass Trampelpfade bereits in der Planung berücksichtigt werden müssen – zwei Beispiele: 2015 ergab in der Stadt Kopenhagen eine Untersuchung des Fahrverhaltens der Radfahrer an einem großflächigen, stark frequentierten und verzweigten Knotenpunkt, dass mehr als 50% des Radverkehrs nicht auf dem Radweg stattfand [5]. 2017 untersuchte ein Planungsbüro in der Stadt Herrsching (Kloster) die Fußverkehrstraßenquerungen vom S-Bahnhof zum Klosterwanderweg mit dem Ergebnis, dass 95% des Fußverkehrs hier nicht an der LSA querten [6]. Beide Untersuchungen wurden rein empirisch, nicht durch den Einsatz von Software, durchgeführt. Auf der Ebene der mikroskopischen Verkehrsplanung gibt es erste Softwarelösungen, die auf der Basis der Fußgängerpsychologie eine Verkehrs-Wirkungs-Analyse in der Flächennavigation zur Erstellung von Evakuierungsplänen und ÖPNV-Konnektivität simulieren [7]. Die Forschung zeigt, dass Wissen und Sensibilität für effiziente Wege vorhanden sind und diese für punktuelle Anforderungen angewendet werden. Was jedoch fehlt, ist die Verbindung zwischen mikroskopischen Modellen und der ganzheitlichen Tür-zu-Tür-Route (Haupteinfluss in der „desired path“-Thematik), die erheblich durch das Gesamtinfrastrukturangebot und die damit erzeugte Netzwerke beeinflusst wird. Vorliegende Studien zur Fußgängerpsychologie und Fahrradfahrphysik zeigen Stellschrauben zur Verbesserung der Infrastruktur auf.

2.3 Quantisierung der Mobilitätsmodi

Im Rahmen eines urbanen Radverkehrprojektes (2016) analysierte der Autor die Quantisierung der Mobilitätsmodis Verkehrsmittel Fuß, Fahrrad, Auto und ÖPNV für Strecken unterhalb fünf Kilometer in deutschen Großstädten [8]. Die Grafik zeigt, dass insbesondere die Weganbindung an die ÖPNV-Haltestelle einen Aufwandstreiber darstellt.

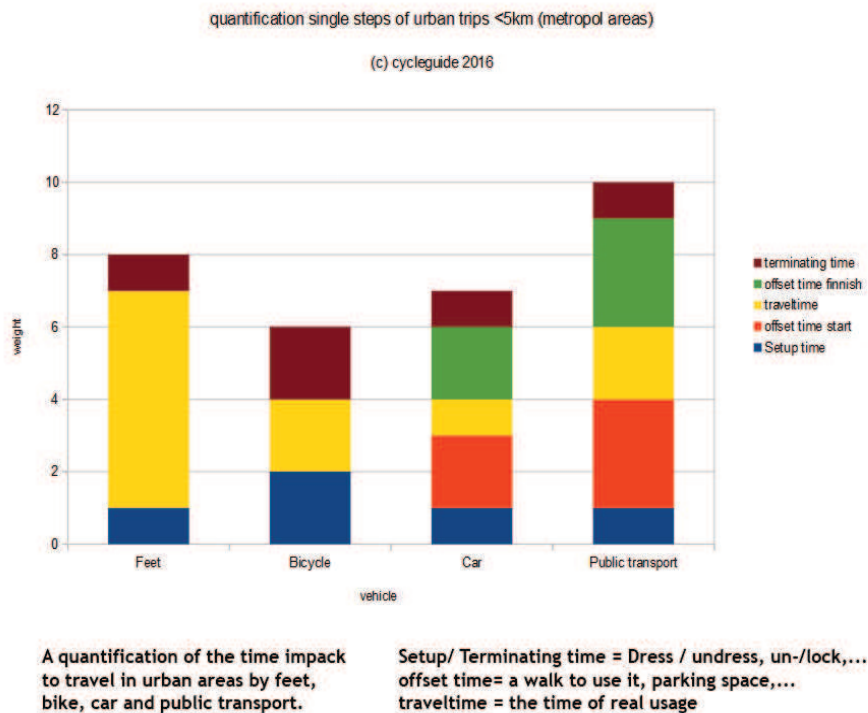


Fig. 1: Quantisierung der Mobilitätsmodi [8]

3 PROPOSITION

3.1 Wissenschaftlicher Ansatz des Vorhabens

Verfügbare offene Daten und Behördendaten (z.B. Infrastruktur- und Wetterdaten) werfen die Frage auf, inwiefern diese miteinander verknüpft werden können, um mittels eines Algorithmus automatisiert Vorschläge zur effizienten und barrierefreien Verdichtung des Wegenetzes der aktiven Mobilität zu gestalten.

Zur Beantwortung dieser Fragestellung zielt dieses Vorhaben auf die methodische Konstruktion der Verdichtung eines Wegenetzes. Hierfür werden verfügbare offene Daten und Behördendaten sowie einzelwissenschaftliche Erkenntnisse über das Mobilitätsverhalten von Fußgängern und Fahrradfahrer herangezogen. Es wird untersucht, welchen Einfluss Qualität und Quantität der Quelldaten auf die Attribution der Empfehlungen der Infrastrukturmaßnahmen haben und ob fehlende Daten durch andere Daten interpoliert werden können, um das Risiko eines Datenqualitätsmangels möglichst gering zu halten. Hierbei soll die Belastbarkeit der vom Algorithmus generierten Empfehlungen für Infrastrukturmaßnahmen abhängig von der Verfügbarkeit der Daten innerhalb der zu analysierenden Fläche bewertet werden. Das Vorhaben zeigt dabei auf, welche Daten für die Vorplanung der Wegenetzoptimierung unabdingbar sind und wie einzelwissenschaftliche Erkenntnisse über das Mobilitätsverhalten sich auf die Optimierung des Wegenetzes auswirken. Kern des Vorhabens ist die Generierung von Positionsvorschlägen zur Wegenetzverdichtung im Sinne der Ergonomie, Sicherheit und Länge, die in ihrem Mehrwert für die aktive Mobilität für jedermann nachvollziehbar und verständlich sind.

3.2 Digitale Innovation im Bereich der Mobilität

Die digitale Innovation für die Mobilität besteht im Einsatz eines Algorithmus (KI) zur Generierung von datengetriebenen Wegenetzverdichtungsmaßnahmen, die der Physik und Psychologie der aktiven Mobilität entsprechen. Als Datenquelle wird der „BigData“- Ansatz verfolgt. Herangezogene Daten sind z.B.:

Wegenetze, Kreuzungsskizzen, Lichtsignalanlagen, Wohndaten, Katasterdaten (z.B. Bebauung, Bäume, Stromtrassen), Fahrstühle, Bodendenkmäler, Tunnel- und Brückenbauwerke, Wohndaten, DGM, Luftbilder, Wetterdaten, Quellverkehre (z.B. Touristische POI, ÖPNV-Stationen), Ziele/POIs (z.B. medizinische Versorgung), ÖPNV-Fahrpläne, Katastrophenmanagement, Gesundheitsdaten, Luft- und Lärmemissionsdaten, Verkehrsstärken und Wegeoberflächendaten.

Ziel ist es, je zu analysierender Fläche maximal viele dieser Datenlayer zu überlagern, die einzelnen Aspekte zu parametrisieren und in einem Algorithmus zu verbinden. Funktion des Algorithmus wird sein, Empfehlungen für Wegenetzverdichtungsmaßnahmen mit den Attributen Position, Relevanz und Realisierungspotential zu generieren. Die Attribution wird durch die Parametrisierung der Quelldaten beeinflusst. Damit liegt das technologische Risiko in der Verfügbarkeit und Qualität der zu akquirierenden Daten. Dieses kann die Qualität und die Quantität der Ergebnisse beeinflussen. Das wissenschaftliche Risiko in den Ergebnissen wird dabei in Feldtests (Begehung, Inaugenscheinnahme, Vermessung) vor Ort analysiert und deren Erkenntnisse zum Lernen der KI verwendet, um per KI das Gesamtrisiko zu minimieren.

4 BEISPIELE

4.1 Beispiel für eine durch KI generierte Brücke für die aktive Mobilität

Für dieses Beispiel [vereinfacht] wird die Fläche der Stadt Hamburg in Betrachtung gezogen und angenommen, dass folgende Daten für das Gebiet verfügbar sind: Hochschulen, ÖPNV-Netz, OSM-Daten, Bebauungspläne, Baum-Kataster, Bevölkerungsdichte, Luftaufnahmen, Verkehrsstärken, Umweltdaten und DWD-Daten. Hieraus könnte der Algorithmus in folgenden Schritten ein Ergebnis generieren:

- 1) Erhebung des Einzugsbereiches der umliegenden Schnellbahnstrecken verknüpft mit den Studentenzahlen
- 2) Erhebung möglicher Wege zwischen Schnellbahn-Haltestellen und Hochschulen
- 3) Heranziehen der Wetterdaten für mögliche Witterungsfaktoren
- 4) Aus diesen Daten sondiert der Algorithmus z.B. die Hochschule für angewandte Wissenschaft (HAW) in Hamburg-Uhlenhorst und die U-Bahn Station „Wartenau“ der Linie U1, die zur Anbindung der Menschen entlang der Nordost-Magistrale Hamburgs der HAW am nächsten ist.
 - a) Der Algorithmus findet den kürzesten Weg mittels Dijkstra-Algorithmus die Wegrelation Hochschule - U-Bahnstation „Wartenau“ (ca. 900m).
 - b) Der Algorithmus findet im Radius zwischen HAW und U-Bahnstation „Wartenau“ den Auenstieg in OSM und die unbebaute Lücke über den Eilbekkanal zur HAW per Bebauungspläne, Luftaufnahme und Baum-Kataster als potenzielle Abkürzung (ca. 450m).
 - c) Der Algorithmus vergleicht die Verkehrsstärken und die Luft- und Lärmdaten zwischen heutiger Route und potentieller Route. Die deutlich besseren Umweltdaten (bedingt durch Wohngebiet, Baumbestand und Wasser statt Hauptverkehrsstraße) entlang der potentiellen Route gewichten diese zusätzlich.
 - c) Die Halbierung der Wegstrecke, die deutliche Reduzierung der Umweltbelastung für den Menschen, die hohen Einwohnerzahlen entlang der Nordost-Magistrale U1, die hohe Anzahl an Studenten und das unbeständige Wetter in Hamburg (Wunsch nach kurzen Fußwegdistanzen) führen zum Ergebnis: „Brücke über den Eilbekkanal“.
- 5) Prüfung, ob die Brücke regelwerkskonform nach ERA und EFA und den Erkenntnissen der Physik und Psychologie der aktiven Mobilität möglich wäre.
- 6) Feldtest: Durch Inaugenscheinnahme vor Ort wird überprüft, ob das vom Algorithmus vorgeschlagene Netzelement „Brücke“ realistisch ist. Mögliche Hinderungsgründe werden dokumentiert.
- 7) Die Erkenntnisse aus dem Feldtest werden in die Projektdatenbank hinterlegt und trainieren die KI von so für zukünftige Ergebnisse.



Fig. 2: Beispiel für eine durch KI generierte Brücke für die aktive Mobilität

4.2 Beispiel für eine Negativentscheidung: „keine Brücke“

Für dieses Beispiel [vereinfacht] wird die Fläche der Stadt Hamburg in Betrachtung gezogen und angenommen, dass folgende Daten für das Gebiet verfügbar sind: LSA-Daten, ÖPNV-Netz, OSM-Daten, Bebauungspläne, Baum-Kataster, Bevölkerungsdichte, Luftaufnahmen, Verkehrsstärken, Umweltdaten. Hieraus könnte der Algorithmus in folgenden Schritten ein Ergebnis generieren:

- 1) Erhebung des Einzugsbereiches der umliegenden Haltestellen
- 2) Erhebung möglicher Fußwege zu den Haltestellen
- 3) Erhebung übergeordneter Fahrradroutröströmungen
- 4) Aus diesen Daten sondiert der Algorithmus den ÖPNV-Netzknöten „Barmbek“ und dessen Einzugsbereich südlich des Osterbekkanals sowie die Fahrrad-Pendlermagistrale „Bramfelder Straße“.
 - a) Der Algorithmus findet den kürzesten Fußweg mittels Dijkstra-Algorithmus die Wegerelation Wohngebiet - Netzknöten Barmbek (ca. 450m).
 - b) Der Algorithmus findet den kürzesten Radroutrötenweg mittels Dijkstra-Algorithmus die Wegerelation entlang der „Bramfelder Straße“ LSA Süd - LSA Nord (ca. 550m).
 - c) Der Algorithmus findet im Radius zwischen Wohngebiet, Netzknöten, LSA Nord und LSA Süd in OSM die unbebaute Lücke über den Osterbekkanal innerhalb der Maurienstraße per Bebauungspläne, Luftaufnahme und Baum-Kataster für eine gleichlange Strecke (4a) ca. 450m | 4b) ca. 550m) .
 - d) Der Algorithmus vergleicht die Verkehrsstärken und die Luft- und Lärmdaten zwischen heutiger Route und potentieller Route. Die Umweltdaten der potentiellen Route sind jedoch nur marginal besser.
 - e) Der Algorithmus vergleicht die Reisezeiten für den übergeordneter Fahrradroutrötenströmung per Streckenlänge und LSA-Querungen. Die zusätzlichen LSA-Querungen stadtauswärts verschlechtern die Reisezeit erheblich.
- c) Die Kosten für die Brücke, die gleiche Weglänge sowie die längere Reisezeit in einem Szenario stehen in keinem Verhältnis zur geringen Verbesserung der Umweltdaten und führen zum Ergebnis: „KeineBrücke über den Osterbekkanal“.
- 5) Negative Ergebnisse werden auf Grund ihrer Unwirtschaftlichkeit nicht per Feldtest validiert.



Fig. 3: Beispiel für eine Negativentscheidung: „keine Brücke“

5 CONCLUSION

Eine unbehagliche Wegführung steht einer aktiven Mobilität entgegen. Durch die mittels dieses Projektes generierten Positionsvorschläge können Wegführungen, die der Psyche und Physik der aktiven Mobilität entsprechen, geschaffen werden. Wege werden barrierefrei, sicherer, kürzer und ergonomischer. Dieses Vorhaben ist somit ein unmittelbares Werkzeug zur Förderung der aktiven Mobilität und steigert damit die Lebensqualität innerhalb des urbanen Raumes. Ein barrierefreies verdichtetes Wegenetz ist ein wesentlicher Baustein zur Reduzierung von Lärm- und Luftemissionen, da Fuß- und Radverkehr auf der Kurzstrecke gegenüber zum motorisierten Verkehr zur attraktiven Alternative werden. Zu Fuß gehen oder Fahrradfahren haben zudem direkten positiven Einfluss auf die individuelle Gesundheit, es wirkt z.B. Übergewicht und Depressionen entgegen. Durch die Erhöhung der Sicherheit mittels zusätzlicher Netzelemente und kürzerer Reisezeit ist erfolgt ein Beitrag zur Vision Zero. Attraktive, aktive Mobilität stärkt das Quartier: Die medizinische Versorgung wird durch kürzere Wege verdichtet, lokale Geschäfte und Gastronomie in guter Fuß- und Fahrradreichweite werden verstärkt genutzt. Der Einzugsradius von ÖPNV-Haltestellen wird erweitert, die Leistungsfähigkeit der ÖPNVs erhöht, Straßen werden entlastet, der Modal Split verschiebt sich zu Gunsten des Umweltverbund. Die autolose Mobilität wird beschleunigt.

6 REFERENCES

- 1: MID Report 2008, mobilität-in-deutschland.de
- 2: z.B. Post-Universaldienstleistungsverordnung (PUDLV), §2, Abs. 1)
- 3: Forschungsarbeit Mehdi Moussaïd, Université Paul Sabatier in Toulouse, 2010
- 4: Dirk Helbing: „Verkehrsdynamik“ (Buch)
- 5: Jan Gehl, Stadtplanungsbüro Kopenhagen
- 6: Fuß e.V., Deutschland
- 7: PTV Group „Viswalk“
- 8: “Urban mobility –bike. eat. sleep. Repeat?”, cycleguide, Andreas Thinius, Hamburg, 2016